

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
2. März 2017 (02.03.2017)



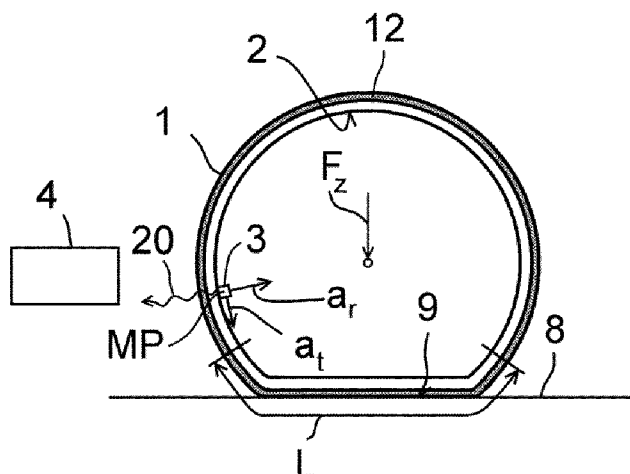
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/032466 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B60C 11/24 (2006.01) *G01G 19/08* (2006.01)
B60W 40/13 (2012.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/060612
- (22) Internationales Anmeldedatum:
12. Mai 2016 (12.05.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 216 210.9
25. August 2015 (25.08.2015) DE
- (71) Anmelder: **CONTINENTAL REIFEN
DEUTSCHLAND GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Str. 9,
30165 Hannover (DE).
- (72) Erfinder: **CYLLIK, Adrian**; Am Taubenfelde 5, 30159
Hannover (DE). **HAHN, Carsten**; Gottfried-Keller-Str. 20,
30880 Laatzen (DE). **LEHN, Michael**; Südwall 23, 29221
Celle (DE). **VOLK, Heiner**; Lange Strasse 3A, 31535
Neustadt (DE).
- (74) Anwalt: **WIDJAJA, Wira**; Continental
Aktiengesellschaft, Intellectual Property, Postfach 169,
30001 Hannover (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING TYRE CHARACTERISTIC INFLUENCING VARIABLES AND CONTROL DEVICE THEREFORE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BESTIMMEN VON REIFENCHARAKTERISTISCHEN EINFLUSSGRÖßEN, SOWIE STEUERGERÄT HIERFÜR



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a tyre characteristic influencing variable (F_z , D) with at least one of the following steps: a) detecting an acceleration (a_r , a_t) of a measuring point (MP) to an inner side (2) of a vehicle tyre (1), wherein a change in the acceleration (a_r , a_t) of the measuring point (MP) within a viewing window (5), caused by contacting the vehicle tyre (1) with a road (8), is detected, b) deducing at least one analytical variable characterizing the course of the detected acceleration (a_r , a_t), wherein the at least one analytical variable characterizes the non-periodic course of the detected acceleration (a_r , a_t) within a tyre revolution, c) determining at least one tyre characteristic influencing variable in accordance with the at least one analytical variable, wherein the dependency between the analytical characteristic variable and the tyre characteristic influencing variable comes from a mathematical mapping, wherein the mathematical mapping of the at least one deduced analytical variable is associated with at least one tyre characteristic influencing variable.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Fig. 1



WO 2017/032466 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer reifencharakteristischen Einflussgröße (F_z , D), mit mindestens den folgenden Schritten: a) Erfassen einer Beschleunigung (a_r , a_t) eines Messpunktes (MP) an einer Reifeninnenseite (2) eines Fahrzeugreifens (1), wobei eine durch eine Berührung des Fahrzeugreifens (1) mit einer Fahrbahn (8) verursachte Abweichung der Beschleunigung (a_r , a_t) des Messpunktes (MP) innerhalb eines Betrachtungsfensters (5) erfasst wird, b) Herleiten mindestens einer den Verlauf der erfassten Beschleunigung (a_r , a_t) charakterisierenden analytische Kenngröße, wobei die mindestens eine analytische Kenngröße den innerhalb einer Reifenumdrehung nicht-periodischen Verlauf der erfassten Beschleunigung (a_r , a_t) charakterisiert, c) Bestimmen mindestens einer reifencharakteristischen Einflussgröße in Abhängigkeit der mindestens einen analytischen Kenngröße, wobei die Abhängigkeit zwischen der analytischen Kenngröße und der reifencharakteristischen Einflussgröße aus einer mathematischen Abbildung folgt, wobei die mathematische Abbildung der mindestens einen hergeleiteten analytischen Kenngröße mindestens eine reifencharakteristische Einflussgröße zuordnet.

Beschreibung

5

Verfahren zum Bestimmen von reifencharakteristischen Einflussgrößen, sowie Steuergerät hierfür

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen von reifencharakteristischen
10 Einflussgrößen, insbesondere einer auf einen Fahrzeugreifen wirkenden Radlast oder einer Profiltiefe, sowie ein Steuergerät zur Durchführung des Verfahrens.

Es ist bekannt, an einer Reifeninnenseite eines Fahrzeugreifens ein Reifen-Sensor-Modul
anzuordnen, das Kenngrößen des Fahrzeugreifens, beispielsweise einen Reifendruck oder
15 eine Reifentemperatur bestimmen und über ein Funksignal an ein Steuergerät übermitteln
kann. Weiterhin kann ein derartiges Reifen-Sensor-Modul auch eine Beschleunigung
erfassen, wobei insbesondere eine Radialbeschleunigung an der Reifeninnenseite ermittelt
werden kann. Aus dieser Radialbeschleunigung können neben der Ermittlung eines
Bewegungszustandes des Fahrzeugreifens auch Rückschlüsse auf reifencharakteristische
20 Einflussgrößen, beispielsweise eine auf den Fahrzeugreifen wirkende Radlast oder eine
Profiltiefe eines Reifenprofils des Fahrzeugreifens getroffen werden, indem der Verlauf
der Radialbeschleunigung über einen Zeitraum oder über einen durchlaufenen
Abrollumfang ausgewertet wird. Nachteilig bei bisherigen Auswertemethoden ist, dass der
Verlauf der Radialbeschleunigung nicht lediglich durch eine reifencharakteristische
25 Einflussgröße beeinflusst wird, sondern durch mehrere Einflussgrößen gleichzeitig, so dass
die Bestimmung der jeweiligen charakteristischen Einflussgröße ungenau wird, wenn
zumindest einer der anderen Parameter nicht bekannt ist.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Bestimmen von
30 reifencharakteristischen Einflussgrößen bereitzustellen, das eine hohe Genauigkeit sowie
eine hohe Zuverlässigkeit bei der Bestimmung gewährleistet. Weiterhin ist Aufgabe der
Erfindung, ein Steuergerät zur Durchführung des Verfahrens bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 sowie ein Steuergerät nach Anspruch 22 gelöst. Die Unteransprüche geben bevorzugte Ausführungsformen an.

- 5 Erfindungsgemäß ist demnach vorgesehen, mindestens eine den Verlauf einer erfassten Beschleunigung charakterisierende analytische Kenngröße herzuleiten und der mindestens einen analytischen Kenngröße mindestens eine reifencharakteristische Einflussgröße zuzuordnen, wobei die Zuordnung vorzugsweise eindeutig ist, d.h. es ist eine mathematische Abbildung vorgesehen, die die mindestens eine hergeleitete analytische
- 10 Kenngröße eindeutig auf die mindestens eine reifencharakteristische Einflussgröße abbildet, so dass jedem Wert der mindestens einen analytischen Kenngröße genau ein Wert der mindestens einen reifencharakteristischen Einflussgröße zugeordnet werden kann. Vorzugsweise kann auch eine eineindeutige Abbildung vorgesehen sein. Dadurch wird bereits der Vorteil erreicht, dass eine genaue Bestimmung der mindestens einen
- 15 reifencharakteristischen Einflussgröße über den gesamten Bereich erfolgen kann, da eine eindeutige Zuordnung vorliegt.

- Als reifencharakteristische Einflussgrößen werden hierbei insbesondere eine Radlast und eine Profiltiefe verstanden. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es also
- 20 insbesondere möglich, beispielsweise zwei analytische Kenngrößen aus dem Verlauf der Beschleunigung zu bestimmen, wobei beide sowohl abhängig von der Profiltiefe als auch abhängig von der Radlast sind, und den beiden analytischen Kenngrößen über eine entsprechende mathematische Abbildung, beispielsweise eine Abbildungsmatrix, eine eindeutige Profiltiefe und/oder eine eindeutige Radlast zuzuordnen. Dies hat bereits den
- 25 Vorteil, dass eine genaue Bestimmung der jeweiligen reifencharakteristischen Einflussgröße aus dem Verlauf der Beschleunigung möglich ist, auch dann, wenn der Verlauf der Beschleunigung im betrachteten Bereich von mehr als einer reifencharakteristischen Einflussgrößen abhängig ist. Somit kann gemäß dieser Methode der Einfluss einer bestimmten Einflussgröße auf den Verlauf der Beschleunigung
- 30 kompensiert bzw. herausgerechnet werden, um somit die weitere Einflussgröße bestimmen zu können.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform ist es auch möglich, aus dem Verlauf der Beschleunigung nur eine analytische Kenngröße herzuleiten, die vorzugsweise lediglich abhängig von der Radlast ist, d.h. auf die die Profiltiefe nahezu keinen Einfluss hat. Somit kann der analytischen Kenngröße über eine entsprechende mathematische Abbildung, z.B. über eine Kalibrier-Kurve eindeutig eine Radlast zugeordnet werden. Durch die eindeutige Zuordnung ist eine genaue Bestimmung der Radlast über den gesamten Bereich möglich, ohne dass dabei die Profiltiefe einen wesentlichen Einfluss hat.

Zum Bestimmen der analytischen Kenngröße wird zunächst eine Beschleunigung eines Fahrzeugreifens an einem Messpunkt erfasst, wobei die Beschleunigung an einer Reifeninnenseite in einem Bereich, der einem Laufstreifen des Fahrzeugreifens vorzugsweise in einer Reifenmitte bzw. einem Reifenzenit gegenüberliegt, gemessen wird, so dass eine durch eine Verformung des Fahrzeugreifens während der Berührung mit einer Fahrbahn verursachte Änderung in der Beschleunigung des Messpunktes ermittelt werden kann. Dazu kann vorzugsweise ein Reifen-Sensor-Modul verwendet werden, das auf der Reifeninnenseite angeordnet oder in die Reifeninnenseite eingelassen ist, so dass die Beschleunigung des Fahrzeugreifens an einem Messpunkt am oder im Fahrzeugreifen erfasst werden kann.

Die Beschleunigung wird hierbei über einen Zeitraum gemessen, so dass zur Bestimmung der mindestens einen analytischen Kenngröße vorzugsweise eine Kennlinie über die Zeit gebildet werden kann, aus der aus analytischen Betrachtungen die mindestens eine analytische Kenngröße folgt. Die Beschleunigungs-Kennlinie kann alternativ auch über den durchlaufenen Abrollumfang oder über den durchlaufenen Winkel des Reifen-Sensor-Moduls bzw. des Messpunktes bei einer Umdrehung des Reifens um einen bestimmten Winkel angegeben werden. Es ist aber alternativ auch denkbar, die mindestens eine analytische Kenngröße beispielsweise in einer hardwareumgesetzten, elektronischen Schaltung direkt aus der erfassten Beschleunigung herzuleiten, indem beispielsweise Werte der erfassten Beschleunigung verglichen werden, ohne dabei auf eine Kennlinie zurückzugreifen.

Der betrachtete Zeitraum bzw. der durchlaufene Abrollumfang bzw. der durchlaufene Winkel sind derartig gewählt, dass zumindest eine Abweichung in der Beschleunigung an der Reifeninnenseite, die aufgrund der Berührung des Fahrzeugreifens mit der Fahrbahn und der dadurch verursachten Verformung des Fahrzeugreifens auftritt, durch den

5 Messpunkt erfasst wird. Somit wird die Beschleunigung innerhalb eines Betrachtungsfensters erfasst, in dem ein Krümmungsradius der Reifeninnenseite eines sich drehenden Fahrzeugreifens durch die Berührung des Fahrzeugreifens mit der Fahrbahn von einem Krümmungsradius eines nicht verformten Fahrzeugreifens abweicht. Diese Abweichung im Krümmungsradius und somit der Beschleunigung tritt insbesondere ab

10 einem Einlauf des Fahrzeugreifens in einen Reifenlatsch bis zu einem Auslauf des Fahrzeugreifens aus dem Reifenlatsch auf, wobei sich der Krümmungsradius auch in einem Übergangsbereich kurz vor dem Einlauf und kurz nach dem Auslauf, in dem der Fahrzeugreifen die Fahrbahn nicht berührt, ändert. Unter Reifenlatsch wird hierbei eine Bodenaufstandsfläche verstanden, so dass ein Bereich gewählt wird, der etwas größer als

15 die Bodenaufstandsfläche ist. Der gesamte Bereich aus Reifenlatsch bzw. Bodenaufstandsfläche und Übergangsbereich wird im Folgenden als Reifenlatschbereich bezeichnet.

Aus der erfassten Beschleunigung im Betrachtungsfenster wird durch analytische

20 Betrachtungen mindestens eine den Verlauf der erfassten Beschleunigung charakterisierende analytische Kenngröße hergeleitet. Unter einer analytischen Kenngröße wird hierbei im Rahmen der Erfindung beispielsweise eine Änderung im Verlauf der erfassten Beschleunigung innerhalb des Reifenlatschbereiches und dabei vorzugsweise eine maximale, positive Änderung oder eine maximale, negative Änderung, d.h. in der

25 Kennlinie eine maximale, positive Steigung bzw. eine maximale, negative Steigung – d.h. die mathematisch minimale Steigung – verstanden. Weiterhin kann als analytische Kenngröße ein zeitlicher Abstand oder ein Winkelabstand bzw. eine Wegdifferenz entlang des Abrollumfangs, d.h. ein vom Messpunkt zurückgelegter Winkel bzw. Weg auf dem Abrollumfang, d.h. in der Kennlinie ein x-Achsen-Abstand zwischen zwei

30 Betrachtungspunkten verstanden werden.

Die analytische Kenngröße, die den Verlauf der erfassten Beschleunigung bzw. den Verlauf der Kennlinie charakterisiert, folgt somit erfindungsgemäß aus dem innerhalb eines Reifenlatschbereiches nicht-periodischen Verhalten der erfassten Beschleunigung, d.h. periodische Eigenschaften wie beispielsweise Eigenschwingungen,

5 Oberschwingungen oder Störschwingungen bleiben bei der Berechnung der Profiltiefe gemäß der Erfindung unberücksichtigt.

Vorzugsweise ist die mathematische Abbildung, die der mindestens einen hergeleiteten analytischen Kenngröße mindestens eine reifencharakteristische Einflussgröße, d.h. eine Profiltiefe und/oder eine Radlast zuordnet, monoton. Dabei ist vorgesehen, dass die
10 monotone Abbildung entweder genau einer analytischen Kenngröße, d.h. einer gemessenen, skalaren Größe, in eindeutiger Weise über einen funktionalen Zusammenhang genau eine Radlast, d.h. ebenfalls eine skalare Größe, zuordnet oder aber zwei analytischen Kenngrößen, d.h. einem Vektor von gemessenen, skalaren Größen, die beide sowohl von
15 der Profiltiefe als auch von der Radlast abhängig sind, in eindeutiger Weise über eine Abbildungsmatrix und einem Verschiebungsvektor eine Profiltiefe und eine Radlast, d.h. ebenfalls einen Vektor mit zwei skalaren Größen, zuordnet.

Vorzugsweise ist hierbei eine lineare oder eine annähernd lineare Abbildung vorgesehen.
20 D.h. bei lediglich einer gemessenen, skalaren Größe ist als lineare Abbildung beispielsweise eine lineare oder annähernd lineare Kalibrier-Kurve vorgesehen, die beispielsweise aus einer linearen Annäherung bzw. Interpolation von vorab bestimmten, diskreten Messwerten hervorgehen kann. Unter annähernd linear wird hierbei verstanden, dass die betrachtete Kalibrier-Kurve innerhalb eines Toleranzbandes um die lineare
25 Annäherung der betrachteten Kalibrier-Kurve verläuft. Das Toleranzband entspricht hierbei einer Abweichung von weniger als 15%, vorzugsweise 5% von der linear angenäherten Kalibrier-Kurve nach oben und nach unten. Somit wird insbesondere auch eine sehr weit geöffnete Parabel oder ein schwach ansteigender exponentieller Verlauf erfasst, die jeweils linear angenähert werden können, ohne dass dabei eine Abweichung
30 von mehr als 15%, vorzugsweise 5%, vom ursprünglichen Verlauf nach oben oder unten über den betrachteten Bereich folgt.

Im Fall eines Vektors mit zwei gemessenen, skalaren Größen wird die lineare Abbildung durch die Abbildungsmatrix und dem Verschiebungsvektor mit jeweils konstanten Elementen bestimmt. Aus dieser folgt ein Kennlinienfeld aus mehreren, linear verlaufenden sog. Iso-Linien mit gegenläufigen Steigungen, die sich jeweils an Kreuzungspunkten schneiden. Die Iso-Linien geben hierbei die möglichen Anteile der beiden reifencharakteristischen Einflussgrößen an, die bei einem festen Wert der jeweiligen analytischen Kenngröße vorliegen können. Die Kreuzungspunkte stellen somit die Lösungen eines linearen Gleichungssystems erster Ordnung dar, deren konstante Koeffizienten den konstanten Elementen der Abbildungsmatrix bzw. des Verschiebungsvektors entsprechen. Die Kreuzungspunkte spiegeln somit die möglichen Zuordnungen der beiden hergeleiteten analytischen Kenngrößen zu den beiden reifencharakteristischen Einflussgrößen durch die lineare Abbildung wieder, wobei über die beiden gegenläufigen Steigungen der Iso-Linien der Einfluss der jeweiligen reifencharakteristischen Einflussgröße auf die analytischen Kenngrößen angegeben wird.

15

Da eine lineare oder zumindest annähernd lineare Abbildung verwendet wird, kann die reifencharakteristische Einflussgröße im gesamten Bereich mit derselben Genauigkeit bestimmt werden. Somit ist vorteilhafterweise auch bei fast abgefahrenem Fahrzeugreifen oder im gesamten Bereich der für ein Fahrzeug relevanten Radlasten, d.h. insbesondere bei einem unbeladenen oder voll beladenem Fahrzeug, eine Bestimmung der Profiltiefe bzw. der Radlast mit hoher Genauigkeit möglich, da einer Änderung in der analytischen Kenngröße über die mathematische Abbildung eine ausreichend auflösbare Änderung in der Profiltiefe bzw. der Radlast zugeordnet werden kann. Somit kann eine profiltiefenabhängige Warnung oder eine Radlastbestimmung mit einer sehr hohen Genauigkeit und Zuverlässigkeit abgegeben werden.

25

Die jeweilige Abbildung, d.h. die Kalibrier-Kurve oder die Abbildungsmatrix und der Verschiebungsvektor können vorzugsweise für jeden Reifentyp vorab bestimmt und in einem Steuergerät eingespeichert werden, so dass nach der Bestimmung der analytischen Kenngröße vorzugsweise im Steuergerät eine Umrechnung auf die Radlast bzw. die Profiltiefe erfolgen kann. Es ist aber auch möglich, die Kalibrier-Kurve oder die Abbildungsmatrix sowie den Verschiebungsvektor erst während der Fahrt zu ermitteln.

30

Zur Bestimmung der reifencharakteristischen Einflussgrößen über die mindestens eine analytische Kenngröße können unterschiedliche Methoden zur Anwendung kommen, wobei jeder Methode jeweils eine vorzugsweise lineare oder annähernd lineare Abbildung zugrunde gelegt wird, aus der der Zusammenhang zwischen der mindestens einen analytischen Kenngröße und der mindestens einen reifencharakteristischen Einflussgröße folgt.

Gemäß einer ersten Ausführungsform bzw. Methode ist vorgesehen, den Verlauf einer erfassten Radialbeschleunigung zu betrachten, der vorzugsweise in einer Kennlinie angegeben werden kann, die die Radialbeschleunigung gemessen am Messpunkt aufgetragen über die Zeit oder den durchlaufenen Abrollumfang oder den durchlaufenen Winkel des Messpunktes angibt.

In diesem Verlauf der Radialbeschleunigung wird ein Betrachtungspunkt auf den Punkt gelegt, an dem die Radialbeschleunigung des Messpunktes am Einlauf in den Reifenlatschbereich angegeben wird, und ein weiterer Betrachtungspunkt auf den Punkt, an dem die Radialbeschleunigung am Auslauf aus dem Reifenlatsch angegeben wird. Beide Betrachtungspunkte liegen hierbei bei einem sich drehenden Reifen normalerweise auf einem relativen Hochpunkt im Verlauf der Radialbeschleunigung betrachtet über einen Reifenumlauf. D.h. eine der analytischen Kenngrößen ist gemäß dieser Methode der x-Achsen-Abstand zwischen zwei Betrachtungspunkten auf der Kennlinie, die den Verlauf der Radialbeschleunigung angibt, d.h. der zeitliche Abstand oder der Winkelabstand oder die Wegdifferenz entlang des Abrollumfangs, den der Messpunkt zwischen dem Einlauf und dem Auslauf zurücklegt.

Das Betrachtungsfenster wird somit derartig gewählt, dass die Radialbeschleunigung zumindest am Einlauf in den Reifenlatsch sowie am Auslauf aus dem Reifenlatsch erfasst werden kann.

Da nicht nur die Radlast sondern auch die Profiltiefe einen Einfluss auf den x-Achsen-Abstand zwischen den beiden gewählten Betrachtungspunkten hat, wird gemäß dieser

Methode der Anteil der Profiltiefe und der Radlast an dem x-Achsen-Abstand ermittelt, d.h. zur Bestimmung der Radlast wird aus dem x-Achsen-Abstand der Teil extrahiert, der durch die aktuell vorliegende Profiltiefe verursacht wird. Dies erfolgt vorzugsweise ebenfalls anhand dem Verlauf der Radialbeschleunigung, so dass der Einfluss der Profiltiefe vorteilhafterweise auch während der Fahrt, d.h. während sich der Fahrzeugreifen abnutzt und sich die Profiltiefe ändert, genau bestimmt werden kann.

Dazu wird in dem Verlauf der erfassten Radialbeschleunigung bzw. der diesen Verlauf charakterisierenden Kennlinie eine weitere analytische Kenngröße ermittelt, die ebenfalls sowohl von der Radlast als auch von der Profiltiefe abhängig ist. Dazu wird ein Betrachtungspunkt vorzugsweise auf den Punkt der Kennlinie mit der maximalen, positiven Steigung und/oder der maximalen, negativen Steigung innerhalb des Reifenlatschbereiches gelegt. Das Betrachtungsfenster wird in dem Fall also zusätzlich derartig gewählt, dass zumindest die innerhalb eines Reifenlatschbereiches maximale, positive Änderung und/oder die maximale, negative Änderung der Radialbeschleunigung erfasst werden. Ob als Betrachtungspunkt der Punkt mit der maximalen, positiven oder der maximalen, negativen Änderung bzw. Steigung gewählt wird, kann beispielsweise abhängig von der Signalgüte für einen bestimmten Reifentyp sein. Es kann auch vorgesehen sein, einen Mittelwert aus beiden Steigungen zu ermitteln und der weiteren Betrachtung zugrunde zu legen.

Zur Bestimmung der maximalen, positiven bzw. der maximalen, negativen Steigung kann vorteilhafterweise eine Ableitung, beispielsweise eine numerisch oder analytisch bestimmte Ableitung der Kennlinie nach der Zeit bzw. dem durchlaufenen Abrollumfang oder dem durchlaufenen Winkel gebildet werden. Aus dem Ordinatenwert des Hochpunktes bzw. des Tiefpunktes der Ableitung folgt der Wert der maximalen, positiven bzw. der maximalen, negativen Steigung der Kennlinie. Hierbei kann auch direkt aus der erfassten Radialbeschleunigung über beispielsweise elektronische Schaltungen die Ableitung bzw. die Änderung der Radialbeschleunigung analysiert werden, ohne dabei eine Kennlinie zu bilden.

Als eine weitere analytische Kenngröße ergibt sich somit die maximale, positive bzw. die maximale, negative Steigung bzw. Änderung der Radialbeschleunigung, die abhängig von der Profiltiefe und zumindest geringfügig auch abhängig von der Radlast ist. Alternativ kann der Betrachtungspunkt auch derartig gewählt werden, dass nicht der Punkt der maximalen, negativen bzw. maximalen, positiven Änderung in der Radialbeschleunigung bzw. in der Steigung der Kennlinie betrachtet wird, sondern ein beliebiger anderer Punkt, der beispielsweise leicht versetzt zur maximalen, negativen bzw. maximalen, positiven Änderung bzw. Steigung liegt. Wobei sich dann entsprechend andere Einflüsse von Profiltiefe bzw. Radlast ergeben.

10

Aus den beiden analytischen Kenngrößen kann nun der Anteil der Profiltiefe und der Radlast am x-Achsen-Abstand zwischen dem Einlauf und dem Auslauf bestimmt werden, indem den beiden hergeleiteten analytischen Kenngrößen, d.h. der maximalen, positiven oder der maximalen, negativen Änderung bzw. dem x-Achsen-Abstand, über eine lineare Abbildung, vorzugsweise eine zweidimensionale Abbildungsmatrix und einen Verschiebungsvektor mit jeweils konstanten Elementen, eine Radlast und eine Profiltiefe eindeutig zugeordnet wird. Die Abbildungsmatrix und der Verschiebungsvektor kann hierbei in Versuchen vorab für einen Reifentyp ermittelt werden, indem beispielsweise die Änderung der jeweiligen analytischen Kenngröße bei einer Variation sowohl der Radlast als auch der Profiltiefe analysiert wird, wobei für jede Iso-Linie innerhalb des Kennlinienfeldes ein fester bzw. konstanter Wert der jeweiligen analytischen Kenngröße steht.

15

20

25

Somit kann vorteilhafterweise sowohl die Profiltiefe als auch die auf den Fahrzeugreifen wirkende Radlast in einfacher Weise zuverlässig und mit einer hohen Genauigkeit bestimmt werden.

30

Gemäß einer zweiten Ausführungsform bzw. Methode wird eine Peakbreite eines Peaks in der Kennlinie, in der die Radialbeschleunigung des Messpunktes über die Zeit bzw. den durchlaufenen Abrollumfang oder den durchlaufenen Winkel des Messpunktes aufgetragen ist, betrachtet. Ein Peak ergibt sich innerhalb des Reifenlatschbereiches dadurch, dass die Radialbeschleunigung an den Messpunkten auf idealerweise Null abfällt, an denen der

Fahrzeugreifen auf der Fahrbahn aufliegt und der Messpunkt somit in etwa parallel zur Fahrbahn verläuft. Die Peakbreite des Peaks kann hierbei durch eine vorzugsweise lineare Abbildung auf eine Radlast abgebildet werden, wobei der Zusammenhang aus einer vorzugsweise linearen oder annähernd linearen Kalibrier-Kurve für diese zweite Methode
5 folgt. Die lineare Kalibrier-Kurve gilt hierbei zumindest im gesamten Bereich der für ein Fahrzeug relevanten Radlasten, d.h. insbesondere für Radlasten zwischen einem unbeladenen und einem voll beladenen Fahrzeug.

Die Peakbreite kann bestimmt werden, indem als ein Betrachtungspunkt ein Punkt auf
10 einer abfallenden Flanke des Peaks und als ein weiterer Betrachtungspunkt ein Punkt auf einer ansteigenden Flanke des Peaks gewählt wird. Aus der Differenz der Abszissenwerte (x-Werte) beider Betrachtungspunkte, d.h. aus dem x-Achsen-Abstand folgt unmittelbar die Peakbreite, wobei für beide Betrachtungspunkte vorzugsweise derselbe Ordinatenwert (y-Wert) gewählt wird. Die analytische Kenngröße ist somit gemäß dieser zweiten
15 Ausführungsform der x-Achsen-Abstand zwischen zwei Betrachtungspunkten, der einem zeitlichen Abstand oder einem Winkelabstand oder einer Wegdifferenz entlang des Abrollumfangs zwischen zwei Beschleunigungszuständen entspricht, wobei die Radialbeschleunigung an beiden Beschleunigungszuständen in etwa identisch ist. Das Betrachtungsfenster wird somit gemäß dieser Methode derartig gewählt, dass zumindest
20 der durch die abfallende Radialbeschleunigung und die ansteigende Radialbeschleunigung gebildete Peak innerhalb eines Reifenlatschbereiches erfasst wird.

Die beiden Betrachtungspunkte werden vorteilhafterweise derartig gewählt, dass an einem Betrachtungspunkt die maximale, positive Steigung bzw. die maximale, positive Änderung
25 in der Radialbeschleunigung vorliegt und an dem anderen Betrachtungspunkt die maximale, negative Steigung bzw. die maximale, negative Änderung in der Radialbeschleunigung, wobei der Ordinatenwert für beide Betrachtungspunkte insbesondere aufgrund der Dynamik des Fahrzeugreifens während der Fahrt leicht unterschiedlich sein kann. Dadurch kann vorteilhafterweise ein Einfluss der Profiltiefe auf
30 die Peakbreite am betrachteten Ordinatenwert minimiert werden, da sich die Peakbreite bei der maximalen, positiven bzw. der maximalen, negativen Steigung mit der Profiltiefe im Idealfall nicht wesentlich verändert. Dadurch kann vorteilhafterweise Rechenaufwand

gespart werden, da die Radlast auch ohne ein Kompensieren der Profiltiefe mit einer ausreichend hohen Genauigkeit zuverlässig bestimmt werden kann.

Der x-Achsen-Abstand kann hierbei vorteilhafterweise aus der Ableitung der Kennlinie, in
5 der der Verlauf der Radialbeschleunigung aufgetragen ist, ermittelt werden, indem der x-
Achsen-Abstand zwischen dem Hochpunkt der Ableitung und dem Tiefpunkt der
Ableitung bestimmt wird. D.h. es wird die Differenz aus dem Abszissenwert des
Hochpunktes der Ableitung und des Abszissenwert des Tiefpunktes der Ableitung gebildet.
Die analytische Kenngröße kann somit auch direkt aus den Extrempunkten der Ableitung
10 bestimmt werden, ggf. auch durch hardwareumgesetzte, elektronische Schaltungen, in
denen der x-Achsen-Abstand, d.h. der zeitliche Abstand oder der Winkelabstand oder die
Wegdifferenz entlang des Abrollumfangs, zwischen den Extrempunkten ermittelt wird,
ohne eine Kennlinie zu verwenden.

15 Um Rechenaufwand zu sparen kann auch die Peakbreite bei einer Peakhöhe von
vorzugsweise 50% bestimmt werden, d.h. die Radialbeschleunigung an den beiden
Betrachtungspunkten entspricht in etwa 50% der Radialbeschleunigung am Hochpunkt der
Kennlinie, wobei der Hochpunkt aus einem über mehrere Reifenumdrehungen gewichtet
gemittelten und/oder einem nach dem Prinzip des gleitenden Mittelwertes geglätteten
20 Verlauf der erfassten Radialbeschleunigung bestimmt wird, so dass Eigenschwingungen
oder Rauschsignale bei der Festlegung der Peakhöhe keinen wesentlichen Einfluss haben.
Dadurch kann vorteilhafterweise auf das Bilden der Ableitung verzichtet und der Einfluss
der Profiltiefe auf die Peakbreite dennoch gering gehalten werden, so dass auch damit noch
eine näherungsweise Bestimmung der Radlast zuverlässig möglich ist, ohne dass eine
25 Kompensation der Profiltiefe zwingend nötig ist. Alternativ kann auch die Peakbreite bei
einer Peakhöhe zwischen 25% und 75% betrachtet werden, wobei dann aber die Profiltiefe
an Einfluss gewinnt. Allerdings kann je nach Genauigkeitsanforderungen die daraus
ermittelte Radlast ohne eine Kompensation der Profiltiefe verwendet werden, wobei dann
die Ungenauigkeit durch den Einfluss der Profiltiefe in Kauf genommen wird. Auch auf
30 einer Peakhöhe unterhalb von 25% und oberhalb von 75% ist die Bestimmung der Radlast
über die Peakbreite noch möglich, wobei dann der Einfluss der Profiltiefe so stark wird,
dass vorteilhafterweise mit einer linearen Abbildungsmatrix und einem

Verschiebungsvektor analog zur ersten Ausführungsform der Einfluss der Profiltiefe auf die Peakbreite bestimmt werden kann und somit der Anteil der Profiltiefe berechnet bzw. der Einfluss der Profiltiefe auf die Radlast kompensiert werden kann, um die genaue Radlast bestimmen zu können.

5

Gemäß einer dritten Ausführungsform bzw. Methode wird die Tangentialbeschleunigung betrachtet. Die Kennlinie gibt somit die Tangentialbeschleunigung des Messpunktes über die Zeit bzw. über den durchlaufenen Abrollumfang oder den durchlaufenen Winkel des Messpunktes an. Innerhalb eines Reifenlatschbereiches durchläuft die

10 Tangentialbeschleunigung zumindest einen Hochpunkt, einen Nulldurchgang sowie einen Tiefpunkt, wobei dem x-Achsen-Abstand zwischen dem Hochpunkt und dem Tiefpunkt, d.h. der Differenz aus dem Abszissenwert des Hochpunktes und dem Abszissenwert des Tiefpunktes, über eine vorzugsweise lineare Abbildung, beispielsweise eine lineare oder annähernd linear Kalibrier-Kurve, eine Radlast zugeordnet werden kann. Der Hochpunkt
15 und der Tiefpunkt werden hierbei vorzugsweise aus einem über mehrere Reifenumdrehungen gewichtet gemittelten und/oder einem nach dem Prinzip des gleitenden Mittelwertes geglätteten Verlauf der erfassten Tangentialbeschleunigung bestimmt, so dass Eigenschwingungen oder Rauschsignale bei der Festlegung des Hochpunktes und/oder des Tiefpunktes keinen wesentlichen Einfluss haben. Die lineare
20 Kalibrier-Kurve gilt hierbei zumindest im gesamten Bereich der für ein Fahrzeug relevanten Radlasten, d.h. insbesondere für Radlasten zwischen einem unbeladenen und einem voll beladenen Fahrzeug.

D.h. gemäß dieser Ausführungsform wird ein Betrachtungspunkt auf den Hochpunkt und
25 ein weiterer Betrachtungspunkt auf den Tiefpunkt der Kennlinie gelegt und der x-Achsen-Abstand bzw. der zeitliche Abstand oder der Winkelabstand oder die Wegdifferenz entlang des Abrollumfangs als analytische Kenngröße ermittelt. Das Betrachtungsfenster wird derartig gewählt, dass zumindest die innerhalb eines Reifenlatschbereiches maximale und minimale Tangentialbeschleunigung erfasst wird. Der x-Achsen-Abstand wird hierbei
30 ebenfalls nicht wesentlich durch die Profiltiefe beeinflusst, so dass eine Kompensation nicht nötig ist, und der Rechenaufwand dadurch vorteilhafterweise gering gehalten werden kann, um die Radlast mit einer hohen Genauigkeit zuverlässig bestimmen zu können.

Alternativ kann auch direkt ein zeitlicher Abstand oder der Winkelabstand oder die Wegdifferenz entlang des Abrollumfangs zwischen der maximalen und minimalen Tangentialbeschleunigung innerhalb des Reifenlatschbereiches, beispielsweise mit Hilfe
5 von elektrischen Schaltungen, ermittelt werden, ohne eine Kennlinie aus der erfassten Tangentialbeschleunigung zu bilden.

Vorteilhafterweise können auch alle drei Methoden parallel durchgeführt werden, um beispielsweise die mit einer Methode bestimmte Radlast zu plausibilisieren oder einen
10 gewichteten Mittelwert aus mit unterschiedlichen Methoden berechneten Radlasten bilden zu können.

In allen drei Ausführungsformen kann der Verlauf der erfassten Beschleunigung bzw. die Kennlinie vorteilhafterweise gewichtet gemittelt werden. D.h. es werden Verläufe bzw.
15 Kennlinien über mehrere, beispielsweise zwischen 10 und 10000 Reifenumdrehungen, aufgenommen und gewichtet gemittelt. Aus dem gemittelten Verlauf bzw. der gemittelten Kennlinie werden dann der Methode entsprechend die analytischen Kenngrößen bestimmt. Dadurch können vorteilhafterweise Rauschsignale oder Unregelmäßigkeiten während eines Reifenumlaufes, die das Signal verfälschen, ausgeglichen werden; die Signalgüte und
20 somit die Genauigkeit bei der Bestimmung der Profiltiefe bzw. der Radlast über die jeweilige Abbildung steigt. Ergänzend oder alternativ kann eine Glättung beispielsweise ein gleitender Mittelwert angewandt werden, um analog zu einem Tiefpassfilter höhere Frequenzanteile abschneiden zu können. Dadurch kann vorteilhafterweise die Signalgüte weiter verbessert werden, so dass eine Bestimmung der Profiltiefe bzw. der Radlast
25 genauer wird.

Vorzugsweise findet die Auswertung der analytischen Kenngrößen und somit die Bestimmung der Radlast bzw. der Profiltiefe gemäß dem jeweiligen Ausführungsbeispiel außerhalb des Reifen-Sensor-Moduls statt. Das Reifen-Sensor-Modul sendet dazu lediglich
30 die ermittelten analytischen Kenngrößen, die im Reifen-Sensor-Modul anhand der gemessenen Beschleunigungswerte, d.h. insbesondere aus der Tangentialbeschleunigung und/oder der Radialbeschleunigung bestimmt werden, an das Steuergerät, auf dem dann

die Umrechnungen über die jeweiligen mathematischen Abbildungen gemäß den drei Ausführungsformen stattfinden, beispielsweise über eine entsprechende Software. Das Bestimmen von Hoch- und Tiefpunkten, Abständen oder Steigungen bzw. Änderungen erfolgt hierbei durch einfache software- oder hardwareumgesetzte Rechenoperationen auf dem Reifen-Sensor-Modul.

Um Ressourcen zu sparen, wird die Beschleunigung vorteilhafterweise lediglich über den Zeitraum bzw. das Betrachtungsfenster erfasst und im Reifen-Sensor-Modul verarbeitet, das für die jeweilige Methode relevant ist. Dadurch kann die Berechnung auf dem Reifen-Sensor-Modul effizienter durchgeführt werden, da die Beschleunigung außerhalb des Betrachtungsfensters keinen Einfluss auf die Berechnungen hat.

Vorteilhafterweise können weiterhin eine Reifentemperatur und/oder ein Reifendruck und/oder eine Radgeschwindigkeit berücksichtigt werden, die an das Steuergerät übermittelt oder auf diesem bestimmt werden können. Diese Faktoren haben zumindest einen geringen Einfluss auf die in den einzelnen Ausführungsformen verwendeten Beschleunigungen und somit auf den Verlauf der Kennlinien und können ebenfalls anhand der vom Reifen-Sensor-Modul übermittelten Signale bestimmt werden. Das Steuergerät kann den Einfluss dieser Faktoren geeignet kompensiert, um eine genauere Bestimmung der Radlast bzw. der Profiltiefe zu ermöglichen.

Anhand von Ausführungsbeispielen soll die Erfindung im Folgenden näher erläutert werden. Es zeigen:

25 Fig. 1 ein Fahrzeugreifen mit einem Reifen-Sensor-Modul;

Fig. 2 eine Kennlinie für eine Radialbeschleunigung;

Fig. 2a eine Ableitung der Kennlinie gemäß Fig. 2 zum Herleiten einer Radlast gemäß einer ersten und einer zweiten Ausführungsform;

30

- Fig. 2b ein Kennlinienfeld zur Bestimmung einer Radlast und einer Profiltiefe gemäß der ersten Ausführungsform;
- Fig. 2c einen Ausschnitt der Kennlinie gemäß Fig. 2 zur Bestimmung einer Radlast gemäß einer zweiten Ausführungsform;
- Fig. 3 eine Kennlinie für eine Tangentialbeschleunigung zur Bestimmung einer Radlast gemäß einer dritten Ausführungsform; und
- Fig. 4 Kalibrier-Kurven zur Bestimmung der Radlast gemäß der zweiten und dritten Ausführungsform.

In Figur 1 ist ein Fahrzeugreifen 1 dargestellt, an dessen Reifeninnenseite 2 ein Reifen-Sensor-Modul 3 angeordnet ist. Das Reifen-Sensor-Modul 3 ist derartig angeordnet, dass über das Reifen-Sensor-Modul 3 insbesondere eine durch eine Verformung des Fahrzeugreifens 1 beeinflusste Beschleunigung eines Messpunktes MP bestimmt werden kann. Die Beschleunigung kann insbesondere eine Radialbeschleunigung a_r oder eine Tangentialbeschleunigung a_t des Messpunktes MP sein. Das Reifen-Sensor-Modul 3 kann insbesondere analytische Kenngrößen, die aus der gemessenen Beschleunigung a_r , a_t hergeleitet werden können, beispielsweise über ein Funksignal 20 an ein Steuergerät 4 übermitteln, das die Funksignale 20 entsprechend weiterverarbeiten kann.

Gemäß einer ersten und einer zweiten Ausführungsform wird die Radialbeschleunigung a_r betrachtet. In Fig. 2 ist dazu beispielhaft eine Kennlinie K_1 dargestellt, in der die vom Reifen-Sensor-Modul 3 gemessene Radialbeschleunigung a_r über die Zeit t dargestellt ist. Außerhalb eines Betrachtungsfensters 5 ist die Radialbeschleunigung a_r in etwa konstant. Innerhalb des Betrachtungsfenster 5 steigt die Radialbeschleunigung a_r zunächst auf einen Hochpunkt an, weist dann eine abfallende Flanke 6 auf, die im Folgenden in etwa auf Null abfällt und anschließend in eine ansteigende Flanke 7 übergeht, die bis zu einem zweiten Hochpunkt ansteigt. Für größere Zeiten t fällt die Radialbeschleunigung a_r wieder auf einen konstanten Wert außerhalb des Betrachtungsfensters 5 ab, wobei der genaue Verlauf abhängig von der Orientierung des Reifen-Sensor-Moduls 3 innerhalb des Fahrzeugreifens

1 ist. Das Betrachtungsfenster 5 entspricht somit gemäß diesem Beispiel einem Reifenlatschbereich L, in dem sich eine Krümmung der Reifeninnenseite 2 aufgrund der Verformung des Fahrzeugreifens 1 verändert, so dass sich auch die Radialbeschleunigung a_r , betrachtet an der Reifeninnenseite 2, ändert.

5

Die Radialbeschleunigung a_r wird dann minimal, d.h. idealerweise Null, wenn sich der Messpunkt MP im Bereich einer Bodenaufstandsfläche 9 des Fahrzeugreifens 1 befindet, innerhalb derer der Fahrzeugreifen 1 eine Fahrbahn 8 berührt. Der Fahrzeugreifen 1 verformt sich im Bereich der Bodenaufstandsfläche 9 derartig, dass die Reifeninnenseite 2
10 in einem Bereich, der einem auf der Fahrbahn 8 aufliegenden Laufstreifen 12 des Fahrzeugreifens 1 gegenüberliegt, idealerweise parallel zur Fahrbahn 8 verläuft; die Radialbeschleunigung a_r wird somit an diesen Punkten idealerweise Null.

Gemäß der ersten Ausführungsform wird zum Bestimmen mindestens einer
15 reifencharakteristischen Einflussgröße, die gemäß dieser Ausführungsform durch eine Profiltiefe D des Fahrzeugreifens 1 und eine Radlast F_z gegeben ist, als analytische Kenngröße zunächst ein x-Achsen-Abstand B_1 zwischen zwei Betrachtungspunkten P_{A1} , P_{B1} auf der Kennlinie K_1 bestimmt. Als Betrachtungspunkte P_{A1} , P_{B1} werden hierbei die beiden relativen Hochpunkte der Kennlinie K_1 gewählt, wobei der relative Hochpunkt vor
20 der abfallenden Flanke 6 der Radialbeschleunigung a_r am Einlauf in den Reifenlatsch und der relative Hochpunkt nach der ansteigenden Flanke 7 der Radialbeschleunigung a_r am Auslauf aus dem Reifenlatsch eines sich drehenden Fahrzeugreifens 1 entspricht.

Der x-Achsen-Abstand B_1 ist sowohl abhängig von der auf den Fahrzeugreifen 1
25 wirkenden Radlast F_z als auch von der Profiltiefe D des Fahrzeugreifens 1. Um den jeweiligen Einfluss der beiden Parameter F_z , D ermitteln zu können, wird zunächst eine weitere analytische Kenngröße S_1 , S_2 bestimmt, die ebenfalls abhängig von der Radlast F_z und der Profiltiefe D ist.

30 Dazu wird als analytische Kenngröße eine maximale, negative Steigung S_1 oder eine maximale, positive Steigung S_2 der Kennlinie K_1 innerhalb des Betrachtungsfensters 5 bestimmt, wobei die maximale, negative Steigung S_1 der abfallenden Flanke 6 und die

maximale, positive Steigung S_2 der ansteigenden Flanke 7 zugeordnet ist. Dazu kann vorzugsweise eine Ableitung K_2 der Kennlinie K_1 nach der Zeit t gebildet werden, die in Fig. 2a dargestellt ist. Die maximale, negative Steigung S_1 bzw. die maximale, positive Steigung S_2 folgen dann aus einem Ordinatenwert (y-Wert) eines Tiefpunktes bzw. eines
 5 Hochpunktes der Ableitung K_2 .

Zur weiteren Auswertung wird dazu als ein erster Betrachtungspunkt P_{A2} der Punkt der Kennlinie K_1 , dem in der Ableitung K_2 der geringste Ordinatenwert zugeordnet ist oder als ein zweiter Betrachtungspunkt P_{B2} der Punkt der Kennlinie K_1 , dem in der Ableitung K_2
 10 der höchste Ordinatenwert zugeordnet ist, gewählt. Als analytische Kenngrößen werden die Steigungen S_1 bzw. S_2 des ersten Betrachtungspunktes P_{A2} bzw. des zweiten Betrachtungspunktes P_{B2} anschließend vom Reifen-Sensor-Modul 3 über das Funksignal 20 an das Steuergerät 4 übertragen, ebenso wie der ermittelte x-Achsen-Abstand B_1 . Ob die maximale, negative Steigung S_1 oder die maximale, positive Steigung S_2 verwendet
 15 wird, kann abhängig von der Signalgüte für einen jeweiligen Reifentyp sein. Jedoch können beide Steigungen S_1, S_2 jeweils für die nachfolgenden Berechnungen herangezogen werden, ggf. auch als gewichteter Mittelwert.

Im Steuergerät 4 wird dann über eine Abbildungsmatrix M mit konstanten Elementen a, b, c, d sowie einem Verschiebungsvektor V mit reifentypischen Konstanten C_a und C_b den beiden analytischen Kenngrößen S_1 oder S_2 und B_1 eindeutig sowohl eine Profiltiefe D als auch eine Radlast F_z zugeordnet. Die Zuordnung kann dabei beispielsweise die folgende Form haben:
 20

$$25 \quad \begin{bmatrix} S_1 \\ B_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} D \\ F_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_a \\ C_b \end{bmatrix} \quad \text{mit } M = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \quad \text{und } V = \begin{bmatrix} C_a \\ C_b \end{bmatrix}$$

bzw.

$$\begin{bmatrix} D \\ F_z \end{bmatrix} = \left\{ \begin{bmatrix} S_1 \\ B_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C_a \\ C_b \end{bmatrix} \right\} \cdot \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}^{-1}$$

Analog gilt diese Zuordnung für die Steigung S_2 . Dabei sind die Elemente a, b, c, d der Abbildungsmatrix M sowie C_a und C_b , des Verschiebungsvektors V konstant, so dass eine lineare Abbildung vorliegt. Um die Profiltiefe D und die Radlast F_z zu bestimmen sind somit lediglich die Konstanten a, b, c, d, C_a, C_b sowie die Inverse der Abbildungsmatrix M zu bestimmen, die aus vorab durchgeführten Messungen hergeleitet werden können. Dazu kann beispielsweise die Veränderung der jeweiligen analytischen Kenngröße S_1, S_2, B_1 in Abhängigkeit einer Variation der Radlast F_z sowie der Profiltiefe D ermittelt werden, wobei die Konstanten a, b, c, d jeweils das Maß der Veränderung angeben. Die Steigungen S_1, S_2 bzw. der x -Achsen-Abstand B_1 werden aus der Kennlinie K_1 bzw. der Ableitung K_2 abgelesen.

Durch diese Zuordnung wird also ein lineares Gleichungssystem erster Ordnung angegeben, das durch ein Kennlinienfeld 10 dargestellt werden kann, das in Fig. 2b zu sehen ist. Das Kennlinienfeld 10 weist parallel verlaufende Iso-Linien 10a mit einer positiven Steigung und parallel verlaufende Iso-Linien 10b mit einer gegenläufigen, negativen Steigung auf. Jede Iso-Linie 10a weist einen konstanten Wert S_1, S_2 bei Variation der Radlast F_z und der Profiltiefe D auf und jede Iso-Linie 10b einen konstanten x -Achsen-Abstand B_1 bei Variation der Radlast F_z und der Profiltiefe D . An Kreuzungspunkten 15 schneiden sich die Iso-Linien 10a, 10b, wobei die Kreuzungspunkte 15 die Lösungen des linearen Gleichungssystems angeben, so dass aus diesen Kreuzungspunkten 15 die für eine bestimmte analytische Kenngröße S_1 oder S_2 und B_1 ermittelte Radlast F_z und Profiltiefe D folgt.

Für verschiedene Reifentypen können im Steuergerät 4 Abbildungsmatrizen M bzw. Inverse der Abbildungsmatrizen sowie Verschiebungsvektoren V gespeichert sein.

Gemäß einer zweiten Ausführungsform wird der aus der abfallenden Flanke 6 und der ansteigenden Flanke 7 gebildete Peak 11 betrachtet, wobei aus einer Peakbreite B_2 des Peaks 11, der in Fig. 2c dargestellt ist, die Radlast F_z unter Verwendung einer für dieses Ausführungsbeispiel gespeicherten Kalibrier-Kurve 10c folgt. Die Peakbreite B_2 wird gemäß diesem Ausführungsbeispiel an den Punkten des Peaks 11 bestimmt, an denen die maximale, negative Steigung S_1 bzw. die maximale positive Steigung S_2 vorliegt. An

diesen Punkten ist die Peakbreite B_2 nahezu ausschließlich abhängig von der Radlast F_z und der Einfluss der Profiltiefe D auf die Peakbreite B_2 ist unwesentlich und kann je nach Genauigkeitsanforderungen vernachlässigt werden.

- 5 Das bedeutet, es wird ein x-Achsen-Abstand, der die Peakbreite B_2 angibt, zwischen einem ersten Betrachtungspunkt P_{A3} und einem zweiten Betrachtungspunkt P_{B3} gebildet, wobei die Ordinatenwerte beider Betrachtungspunkte P_{A3} , P_{B3} nicht zwangsläufig gleich sein müssen. Die Peakbreite B_2 an den Punkten der betragsmäßig maximalen Steigung S_1 , S_2 können hierbei auch aus der Ableitung K_2 hergeleitet werden, wobei gemäß Fig. 2a die
- 10 Peakbreite B_2 aus dem x-Achsenabstand zwischen Hochpunkt und Tiefpunkt der Ableitung K_2 hergeleitet werden kann.

- Alternativ kann als Ordinatenwert der beider Betrachtungspunkte P_{A3} , P_{B3} auch ein Wert gewählt werden, der in etwa 50% der Peakhöhe H oder zwischen 25% und 75% der
- 15 Peakhöhe H entspricht; d.h. die Radialbeschleunigung a_r ist an diesen Punkten auf ca. 50% bzw. auf zwischen 25% und 75% der Radialbeschleunigung a_r an dem Hochpunkt der Kennlinie K_1 abgefallen, wobei der Hochpunkt aus einem über mehrere Reifenumdrehungen gewichtet gemittelten und/oder einem nach dem Prinzip des gleitenden Mittelwertes geglätteten Verlauf der erfassten Radialbeschleunigung a_r
- 20 bestimmt wird. Es ist auch möglich, als Ordinatenwert ein Wert zu wählen, der weniger als 25% oder mehr als 75% der Peakhöhe H entspricht. Dann ist allerdings der Einfluss der Profiltiefe D wieder zu berücksichtigen, wobei dies durch eine entsprechende Auswahl einer Abbildungsmatrix sowie eines Verschiebungsvektors, die die Einflüsse der beiden reifencharakteristischen Einflussgrößen bei der Abbildung berücksichtigen, stattfinden
- 25 kann. Bei 50% kann hierbei allerdings je nach Genauigkeitsanforderungen ein Einfluss der Profiltiefe D vernachlässigt werden.

- Aus der jeweiligen Peakbreite B_2 folgt die Radlast F_z aus $F_z = F_c \times B_2 + C_c$, wobei der Faktor F_c die Steigung der innerhalb eines Toleranzbandes F_{Tc} liegenden Kalibrier-Kurve
- 30 10c angibt und C_c eine reifentypische Konstante darstellt. D.h. die Kalibrier-Kurve 10c ordnet der Peakbreite B_2 in eindeutiger Weise eine Radlast F_z zu, wie in Fig. 4 dargestellt. Die Radlast F_z folgt dabei zumindest für die in einem Fahrzeug relevanten Radlasten F_z ,

d.h. insbesondere für Radlasten F_z zwischen einem unbeladenen und einem voll beladenem Fahrzeug, aus der obigen linearen Zuordnung. Wird die Peakbreite B_2 nicht an den Punkten der betragsmäßig maximalen Steigung S_1, S_2 bestimmt, kann der Peakbreite B_2 und dem x-Achsen-Abstand B_1 über eine entsprechende Abbildungsmatrix eine Radlast F_z und eine Profiltiefe D zugeordnet werden, wobei die Abbildungsmatrix und die Berechnung analog zum ersten Ausführungsbeispiel durchgeführt werden kann.

Gemäß einer dritten Ausführungsform, die in Fig. 3 dargestellt ist, wird die Tangentialbeschleunigung a_t über die Zeit t betrachtet und als Kennlinie K_3 aufgetragen.

Diese durchläuft innerhalb des Betrachtungsfensters 5 zunächst einen Hochpunkt, hat einen Nulldurchgang und geht in einen Tiefpunkt über, wobei der genaue Verlauf abhängig von der Orientierung des Reifen-Sensor-Moduls 3 relativ zur Drehrichtung des Fahrzeugreifens 1 ist. Zur Bestimmung der Radlast F_z wird als ein erster Betrachtungspunkt P_{A4} zunächst der Punkt mit der höchsten Tangentialbeschleunigung $a_{t,1}$ gewählt, also der Hochpunkt der Kennlinie K_3 und als ein zweiter Betrachtungspunkt P_{B4} der Punkt mit der niedrigsten Tangentialbeschleunigung $a_{t,2}$, d.h. der Tiefpunkt der Kennlinie K_3 , wobei die maximale und die minimale Tangentialbeschleunigung ($a_{t,1}, a_{t,2}$) aus einem über mehrere Reifenumdrehungen gewichtet gemittelten und/oder einem nach dem Prinzip des gleitenden Mittelwertes geglätteten Verlauf der erfassten Tangentialbeschleunigung (a_t) bestimmt werden. Dem x-Achsen-Abstand B_3 zwischen dem ersten Betrachtungspunkte P_{A4} und dem zweiten Betrachtungspunkt P_{B4} kann in eindeutiger Weise durch die Kalibrier-Kurve 10d eine Radlast F_z zugeordnet werden, so dass gilt: $F_z = F_d \times B_3 + C_d$, wobei F_d die Steigung einer für diese dritte Ausführungsform bereitgestellten, innerhalb des Toleranzfensters F_{Td} liegenden Kalibrier-Kurve 10d für die Tangentialbeschleunigung a_t angibt und C_d eine reifentypische Konstante ist. Die Radlast F_z folgt dabei zumindest für die in einem Fahrzeug relevanten Radlasten F_z , d.h. insbesondere für Radlasten F_z zwischen einem unbeladenen und einem voll beladenem Fahrzeug, aus der obigen linearen Zuordnung.

Um die Signalgüte zu verbessern, kann zusätzlich vorgesehen sein, die Kennlinien K_1, K_3 über mehrere Umdrehungen des Fahrzeugreifens 1 gewichtet zu mitteln. In dem Fall wird dasselbe Betrachtungsfenster 5 über beispielsweise zehn Umdrehungen gewichtet gemittelt

und aus der gemittelten Kennlinie K_1 , K_3 gemäß dem entsprechenden Ausführungsbeispiel die Radlast F_z bestimmt. Dadurch können insbesondere ein Rauschen sowie Unregelmäßigkeiten im Signalverlauf unterdrückt werden. Zusätzlich kann auch ein gleitender Mittelwert zum Glätten der Kennlinien K_1 , K_3 angewandt werden.

5

Ergänzend können zur Verbesserung der Genauigkeit weitere Einflüsse auf die Kennlinien K_1 , K_3 kompensiert werden. So haben beispielsweise ein Reifendruck p oder eine Reifentemperatur T_R Einflüsse oder eine Radgeschwindigkeit v_R auf die Radialbeschleunigung a_r und die Tangentialbeschleunigung a_t . Diese können bei Kenntnis der jeweiligen Einflussgrößen vom Steuergerät 4 kompensiert werden, über im Steuergerät 4 hinterlegte Kennlinien, die den Einfluss des Reifendruckes p bzw. der Reifentemperatur T_R bzw. der Radgeschwindigkeit v_R beschreiben.

10

Bezugszeichenliste

	1	Fahrzeugreifen
	2	Reifeninnenseite
5	3	Reifen-Sensor-Modul
	4	Steuergerät
	5	Betrachtungsfenster
	6	abfallende Flanke
	7	ansteigende Flanke
10	8	Fahrbahn
	9	Bodenaufstandsfläche
	10	Kennlinienfeld
	10a, 10b	Iso-Linien
	10c, 10d	Kalibrier-Kurven
15	11	Peak
	12	Laufstreifen
	15	Kreuzungspunkt
	20	Funksignal
20	a, b, c, d	Elemente der Abbildungsmatrix M
	a_r	Radialbeschleunigung
	a_t	Tangentialbeschleunigung
	$a_{t,1}$	minimale Tangentialbeschleunigung
	$a_{t,2}$	maximale Tangentialbeschleunigung
25	B_1, B_2, B_3	x-Achsen-Abstand/Peakbreite
	C_a, C_b, C_c, C_d	reifentypische Konstanten
	D	Profiltiefe
	F_c, F_d	Steigung von 10c, 10d
	F_{Tc}, F_{Td}	Toleranzband in 10c, 10d
30	F_z	Radlast
	H	Peakhöhe
	K_1, K_3	Kennlinie

	K_2	Ableitung von K_1
	L	Reifenlatschbereich
	M	Abbildungsmatrix
	MP	Messpunkt
5	p	Reifendruck
	P_{Ai}, P_{Bi}	Betrachtungspunkt; $i=1..4$
	S_1/ S_2	Änderung bzw. Steigung der Radialbeschleunigung an der abfallenden/ansteigenden Flanke 6/7
	t	Zeit
10	T_R	Reifentemperatur
	V	Verschiebungsvektor
	v_R	Radgeschwindigkeit

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen einer reifencharakteristischen Einflussgröße (F_z, D), mit mindestens den folgenden Schritten:
 - 5 a) Erfassen einer Beschleunigung (a_r, a_t) eines Messpunktes (MP) an einer Reifeninnenseite (2) eines Fahrzeugreifens (1), wobei eine durch eine Berührung des Fahrzeugreifens (1) mit einer Fahrbahn (8) verursachte Abweichung der Beschleunigung (a_r, a_t) des Messpunktes (MP) innerhalb eines Betrachtungsfensters (5) erfasst wird,
 - 10 b) Herleiten mindestens einer den Verlauf der erfassten Beschleunigung (a_r, a_t) charakterisierenden analytische Kenngröße (S_1, S_2, B_1, B_2, B_3), wobei die mindestens eine analytische Kenngröße (S_1, S_2, B_1, B_2, B_3) den innerhalb einer Reifenumdrehung nicht-periodischen Verlauf der erfassten Beschleunigung (a_r, a_t) charakterisiert,
 - c) Bestimmen mindestens einer reifencharakteristischen Einflussgröße (F_z, D) in
15 Abhängigkeit der mindestens einen analytischen Kenngröße (S_1, S_2, B_1, B_2, B_3), wobei die Abhängigkeit zwischen der analytischen Kenngröße (S_1, S_2, B_1, B_2, B_3) und der reifencharakteristischen Einflussgröße (F_z, D) aus einer mathematischen Abbildung (10, 10a, 10b, 10c, 10d, M, V) folgt, wobei die mathematische Abbildung (10, 10a, 10b, 10c, 10d, M, V) der mindestens einen hergeleiteten analytischen Kenngröße ($S_1, 20 S_2, B_1, B_2, B_3$) mindestens eine reifencharakteristische Einflussgröße (F_z, D) zuordnet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der mindestens einen reifencharakteristischen Einflussgröße (F_z, D) als mathematische Abbildung eine Abbildungsmatrix (M) und ein Verschiebungsvektor (V) oder eine
25 Kalibrier-Kurve (10c, 10d) verwendet werden, wobei die mathematische Abbildung (10c, 10d, M, V) die mindestens eine analytische Kenngröße (S_1, S_2, B_1, B_2, B_3) eindeutig auf die mindestens eine reifencharakteristische Einflussgröße (F_z, D) abbildet, so dass jedem Wert der mindestens einen analytischen Kenngröße (S_1, S_2, B_1, B_2, B_3) genau ein Wert der mindestens einen reifencharakteristischen Einflussgröße
30 (F_z, D) zugeordnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung einer Radlast (F_z) als mindestens eine reifencharakteristische Einflussgröße eine Kalibrier-Kurve (10c, 10d) verwendet wird, die innerhalb eines linearen Toleranzbandes (F_{Tc} , F_{Td}) verläuft, wobei das Toleranzband (F_{Tc} , F_{Td}) mit einer Abweichung von weniger als 15%, vorzugsweise 5%, um eine lineare Annäherung der Kalibrier-Kurve (10c, 10d) verläuft.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung einer Radlast (F_z) als mindestens eine reifencharakteristische Einflussgröße eine Kalibrier-Kurve (10c, 10d) verwendet wird, die linear verläuft, und die Radlast (F_z) aus einer Multiplikation der mindestens einen analytischen Kenngröße (B_2 , B_3) mit einer Steigung (F_c , F_d) der Kalibrier-Kurve (10c, 10d) unter Berücksichtigung einer reifentypischen Konstante (C_c , C_d) bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jeder analytischen Kenngröße (B_2 , B_3) jeweils eine Kalibrier-Kurve (10c, 10d) zugeordnet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung einer Radlast (F_z) und/oder einer Profiltiefe (D) als mindestens eine reifencharakteristische Einflussgröße eine Abbildungsmatrix (M) sowie ein Verschiebungsvektor (V) mit jeweils konstanten Elementen (a , b , c , d , C_a , C_b) verwendet werden, die zwei analytische Kenngrößen (S_1 , S_2 , B_1) linear auf die Radlast (F_z) und die Profiltiefe (D) abbilden, wobei die beiden analytischen Kenngrößen (S_1 , S_2 , B_1) jeweils abhängig von der Radlast (F_z) und der Profiltiefe (D) sind.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungsmatrix (M) und der Verschiebungsvektor (V) ein lineares Gleichungssystem erster Ordnung definieren, aus deren Lösung für die beiden hergeleiteten analytischen Kenngrößen (S_1 , S_2 , B_1) die Radlast (F_z) und die Profiltiefe (D) folgen.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als mindestens eine analytische Kenngröße (B_1, B_2, B_3) ein zeitlicher Abstand oder ein Winkelabstand oder eine Wegdifferenz entlang des Abrollumfangs zwischen zwei Beschleunigungszuständen des Messpunktes (MP) aus der erfassten Beschleunigung (a_r, a_t) hergeleitet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass als Beschleunigungszustände eine innerhalb eines Reifenlatschbereiches (L) maximale, positive und eine innerhalb eines Reifenlatschbereiches (L) maximale, negative Änderung der Radialbeschleunigung (a_r) gewählt werden.
10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Radialbeschleunigung (a_r) an beiden Beschleunigungszuständen in etwa identisch ist und die Radialbeschleunigung (a_r) an beiden Beschleunigungszuständen einem Wert entspricht, der zwischen 25% und 75%, vorzugsweise bei 50% der innerhalb des Reifenlatschbereiches (L) maximalen Radialbeschleunigung (a_r) liegt, wobei die maximale Radialbeschleunigung (a_r) aus einem über mehrere Reifenumdrehungen gewichtet gemittelten und/oder einem nach dem Prinzip des gleitenden Mittelwertes geglätteten Verlauf der erfassten Radialbeschleunigung (a_r) bestimmt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass zum Herleiten der mindestens einen analytischen Kenngröße aus der Radialbeschleunigung (a_r)
- aus der erfassten Radialbeschleunigung (a_r) eine Kennlinie (K_1) über die Zeit (t) oder den durchlaufenen Abrollumfang oder den durchlaufenen Winkel des Messpunktes (MP) auf dem Fahrzeugreifen (1) gebildet wird,
 - auf der Kennlinie (K_1) zwei Betrachtungspunkte (P_{A3}, P_{B3}) ausgewählt werden, und aus einem Abszissenabstand der zwei Betrachtungspunkte (P_{A3}, P_{B3}) eine Peakbreite (B_2) eines Peaks (11) in der Kennlinie (K_1) hergeleitet wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zum Herleiten der Peakbreite (B_2) eine Ableitung (K_2) der durch die Radialbeschleunigung (a_r) über die

Zeit (t) oder den durchlaufenen Abrollumfang oder den durchlaufenen Winkel des Messpunktes (MP) auf dem Fahrzeugreifen (1) gebildete Kennlinie (K_1) gebildet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass als

5 Beschleunigungszustände eine innerhalb eines Reifenlatschbereiches (L) maximale Tangentialbeschleunigung ($a_{t,1}$) und eine innerhalb des Reifenlatschbereiches (L) minimale Tangentialbeschleunigung ($a_{t,2}$) gewählt werden, wobei die maximale und die minimale Tangentialbeschleunigung ($a_{t,1}$, $a_{t,2}$) aus einem über mehrere
10 Reifenumdrehungen gewichtet gemittelten und/oder einem nach dem Prinzip des gleitenden Mittelwertes geglätteten Verlauf der erfassten Tangentialbeschleunigung (a_t) bestimmt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass zum Herleiten der

15 mindestens einen analytischen Kenngröße aus der Tangentialbeschleunigung (a_t , $a_{t,1}$, $a_{t,2}$)
- aus der erfassten Tangentialbeschleunigung (a_t) eine Kennlinie (K_3) über die Zeit (t) oder den durchlaufenen Abrollumfang oder den durchlaufenen Winkel des Messpunktes (MP) auf dem Fahrzeugreifen (1) gebildet wird,
- auf der Kennlinie (K_3) zwei Betrachtungspunkte (P_{A4} , P_{B4}) ausgewählt werden,
20 und aus einem Abszissenabstand der zwei Betrachtungspunkte (P_{A4} , P_{B4}) ein x-Achsen-Abstand (B_3) innerhalb der Kennlinie (K_3) hergeleitet wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass als

25 Beschleunigungszustände lokale Hochpunkte innerhalb eines Reifenlatschbereiches (L) gewählt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine weitere analytische

30 Kenngröße aus einer Änderung (S_1 , S_2) einer Radialbeschleunigung (a_r) über eine Zeit (t) oder den durchlaufenen Abrollumfang oder einen durchlaufenen Winkel des Messpunktes (MP) auf dem Fahrzeugreifen (1) hergeleitet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass als eine weitere analytische Kenngröße eine innerhalb eines Reifenlatschbereiches (L) maximale, negative Änderung (S_1) oder eine innerhalb des Reifenlatschbereiches (L) maximale, positive Änderung (S_2) der Radialbeschleunigung (a_r) über die Zeit (t) oder den durchlaufenen Abrollumfang oder den durchlaufenen Winkel des Messpunktes (MP) auf dem Fahrzeugreifen (1) hergeleitet wird.
18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass zum Herleiten der weiteren analytischen Kenngröße aus der Änderung (S_1, S_2) der Radialbeschleunigung (a_r)
- aus der erfassten Radialbeschleunigung (a_r) eine Kennlinie (K_1, K_2) gebildet wird,
 - auf der Kennlinie (K_1, K_2) mindestens ein Betrachtungspunkt (P_{A2}, P_{B2}) ausgewählt wird, und aus dem mindestens einen Betrachtungspunkt (P_{A2}, P_{B2}) die Änderung (S_1, S_2) der Radialbeschleunigung (a_r) hergeleitet wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass zum Bestimmen der Profiltiefe (F_z) und/oder der Radlast (D) aus den beiden analytischen Kenngrößen (B_1, S_1, S_2) ein eine Abbildungsmatrix (M) und einen Verschiebungsvektor (V) definierendes Kennlinienfeld (10, 10a, 10b) gebildet wird, wobei das Kennlinienfeld (10) sich kreuzende Iso-Linien (10a, 10b) aufweist, und aus Kreuzungspunkten (15) der Iso-Linien (10a, 10b) die Radlast (F_z) und die Profiltiefe (D) für die hergeleiteten analytischen Kenngrößen (B_1, S_1, S_2) folgt.
20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlauf der erfassten Beschleunigung (a_r, a_t) über mehrere Reifenumdrehungen gewichtet gemittelt wird und/oder eine Glättung des Verlaufes der erfassten Beschleunigung nach dem Prinzip des gleitenden Mittelwertes stattfindet.
21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Bestimmen der mindestens einen reifencharakteristischen Einflussgröße (F_z, D) zusätzlich ein Einfluss eines Reifendruckes (p) und/oder einer Reifentemperatur (T_R)

und/oder einer Radgeschwindigkeit (v_R) auf die erfasste Beschleunigung (a_r, a_t) des Messpunktes (MP) kompensiert wird.

22. Steuergerät (4), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der
5 vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (4)
ausgebildet ist,
aus mindestens einer an das Steuergerät (4) übermittelten analytischen Kenngröße (S_1 ,
 S_2, B_1, B_2, B_3) in Abhängigkeit einer mathematischen Abbildung (10, 10a, 10b, 10c,
10d, M, V) mindestens eine reifencharakteristische Einflussgröße (F_z, D) zu
10 bestimmen, wobei dazu auf dem Steuergerät (4) eine Zuordnung der mindestens einen
hergeleiteten analytischen Kenngröße (S_1, S_2, B_1, B_2, B_3) zu mindestens einer
reifencharakteristischen Einflussgröße (F_z, D) über die mathematische Abbildung (10,
10a, 10b, 10c, 10d, M, V) durchgeführt werden kann.

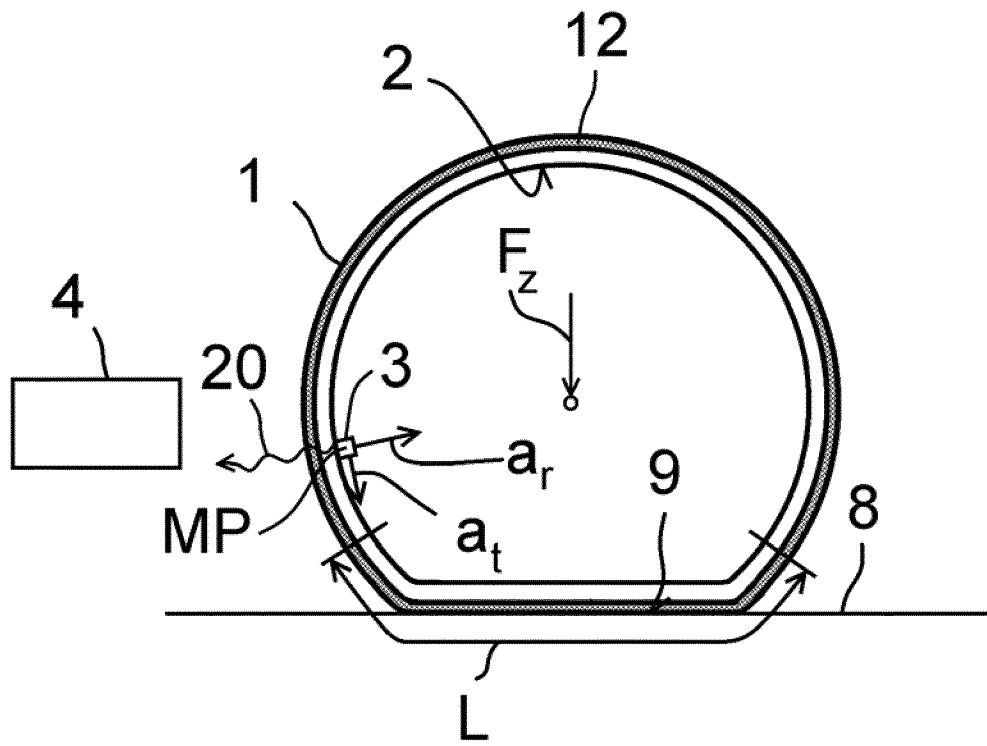


Fig. 1

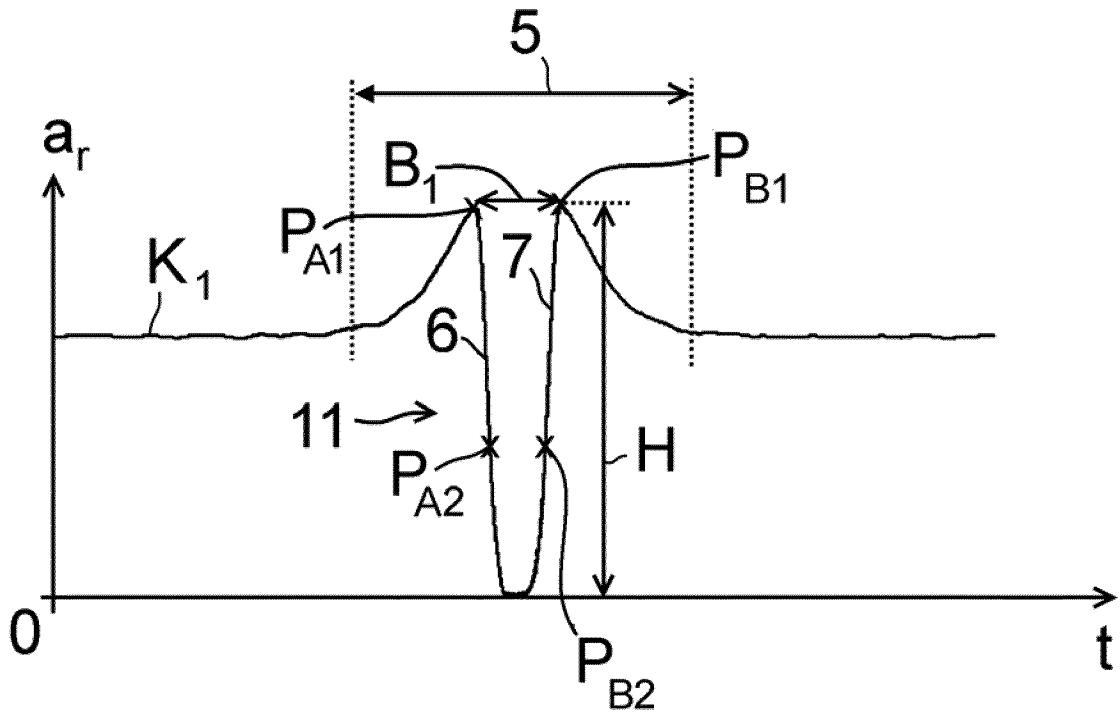


Fig. 2

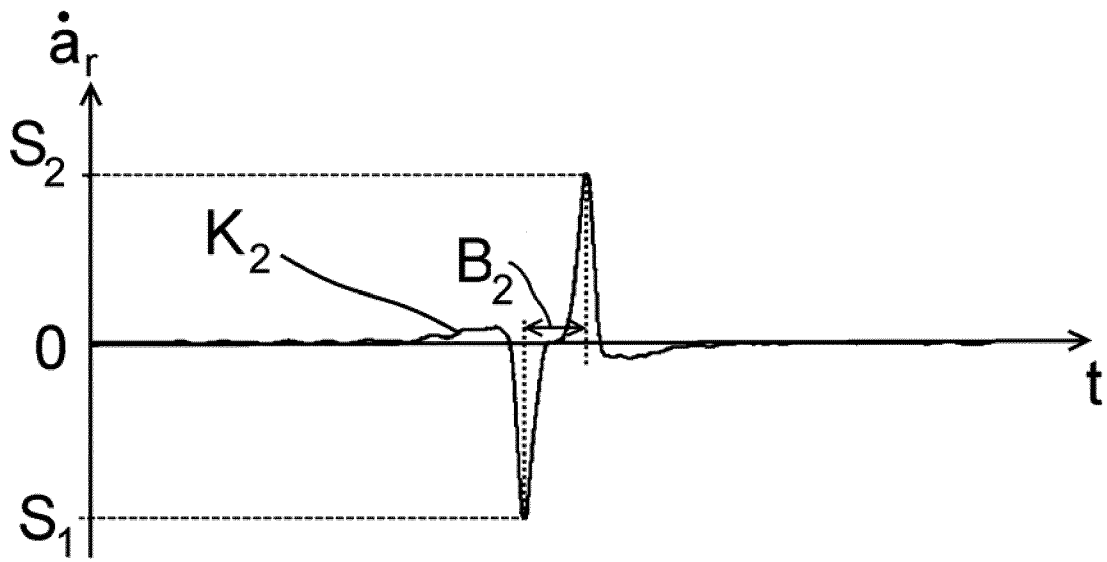


Fig. 2a

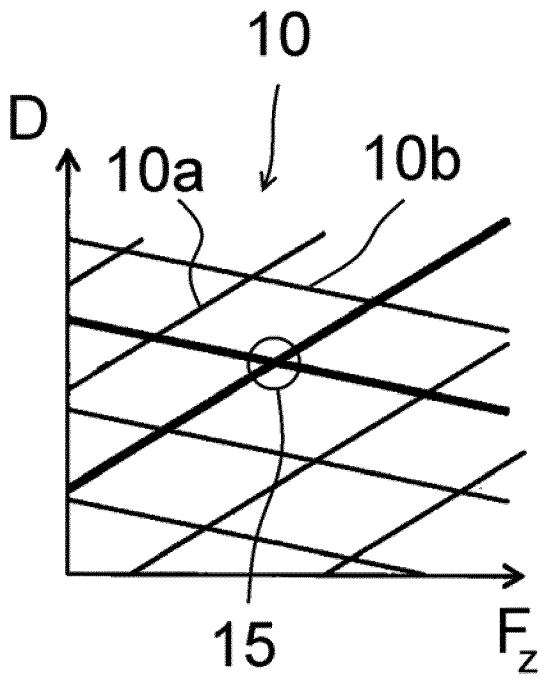


Fig. 2b

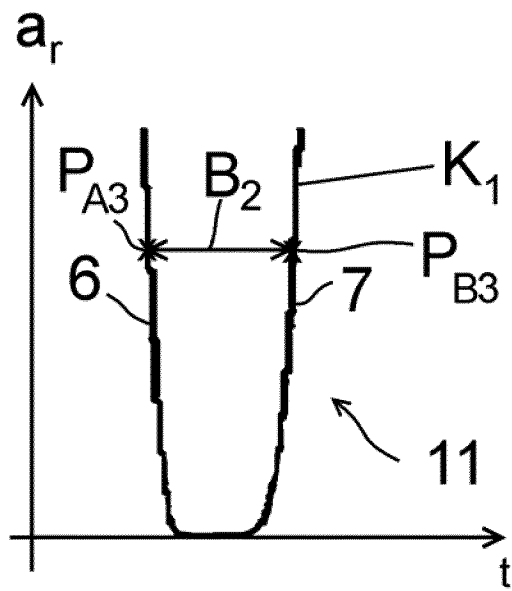


Fig. 2c

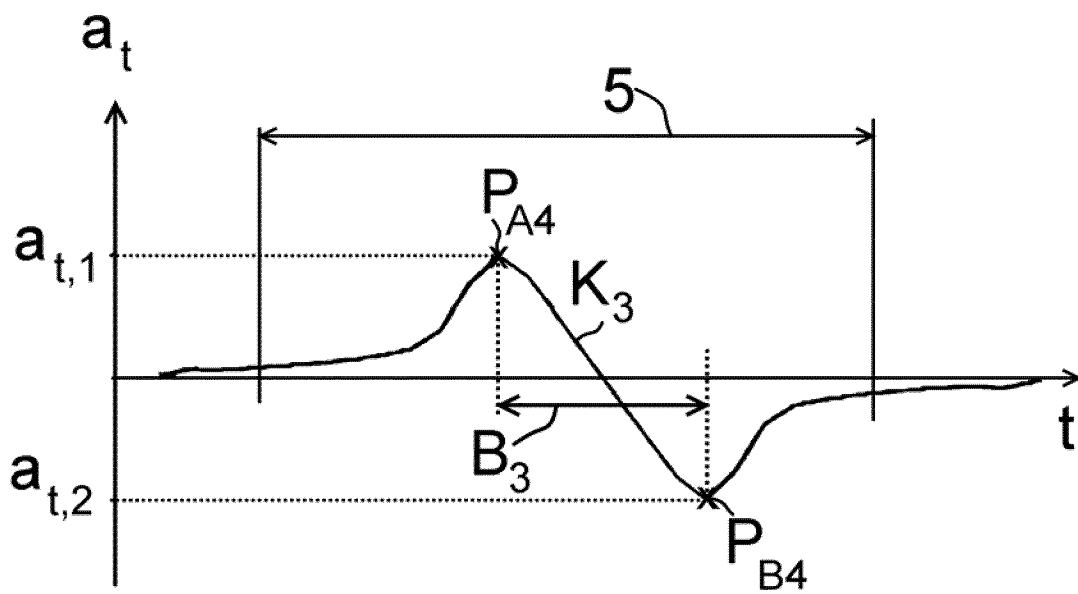
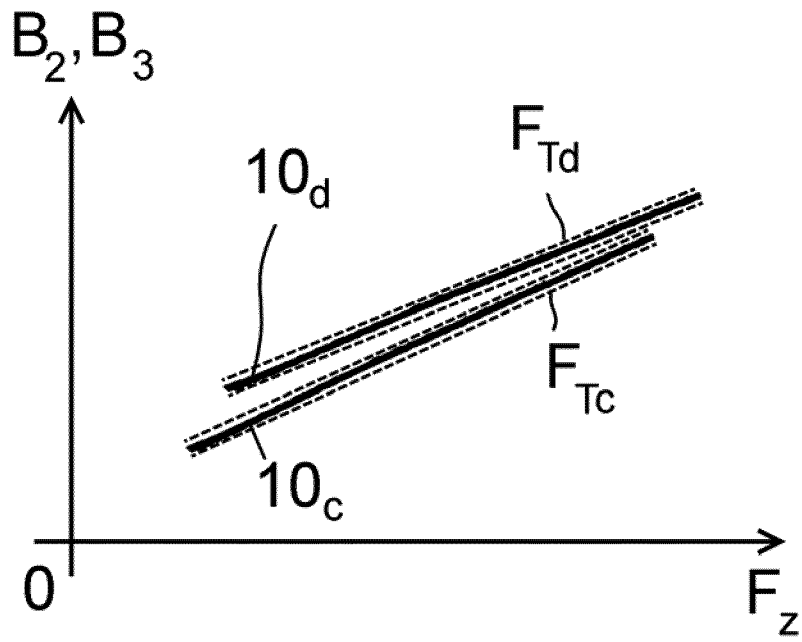


Fig. 3

**Fig. 4**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/060612

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60C11/24 B60W40/13 G01G19/08
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B60C B60W G01G
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2013/261991 A1 (TEBANO RICCARDO [IT] ET AL) 3 October 2013 (2013-10-03) paragraph [0049] - paragraph [0123]; figures 1-7	1-5,8-22 6,7
X A	US 2010/186492 A1 (MORINAGA HIROSHI [JP]) 29 July 2010 (2010-07-29) paragraph [0094] - paragraph [0183]; figures 1-18 paragraph [0181]	1-5,8-22 6,7
X A	DE 103 29 700 A1 (CONTINENTAL AG [DE]) 20 January 2005 (2005-01-20) paragraph [0032] - paragraph [0047]; figures 1-5	1 6,7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 5 July 2016	Date of mailing of the international search report 12/07/2016
---	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Billen, Karl
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/060612

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013261991 A1	03-10-2013	CN 103260911 A	21-08-2013
		EP 2655104 A2	30-10-2013
		US 2013261991 A1	03-10-2013
		WO 2012085655 A2	28-06-2012

US 2010186492 A1	29-07-2010	EP 2172759 A1	07-04-2010
		JP 5111505 B2	09-01-2013
		US 2010186492 A1	29-07-2010
		WO 2009008502 A1	15-01-2009

DE 10329700 A1	20-01-2005	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/060612

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B60C11/24 B60W40/13 G01G19/08
 ADD.
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B60C B60W G01G

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
 EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 2013/261991 A1 (TEBANO RICCARDO [IT] ET AL) 3. Oktober 2013 (2013-10-03) Absatz [0049] - Absatz [0123]; Abbildungen 1-7	1-5,8-22 6,7
X A	US 2010/186492 A1 (MORINAGA HIROSHI [JP]) 29. Juli 2010 (2010-07-29) Absatz [0094] - Absatz [0183]; Abbildungen 1-18 Absatz [0181]	1-5,8-22 6,7
X A	DE 103 29 700 A1 (CONTINENTAL AG [DE]) 20. Januar 2005 (2005-01-20) Absatz [0032] - Absatz [0047]; Abbildungen 1-5	1 6,7

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
5. Juli 2016	12/07/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Billen, Karl
--	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/060612

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2013261991 A1	03-10-2013	CN 103260911 A EP 2655104 A2 US 2013261991 A1 WO 2012085655 A2	21-08-2013 30-10-2013 03-10-2013 28-06-2012

US 2010186492 A1	29-07-2010	EP 2172759 A1 JP 5111505 B2 US 2010186492 A1 WO 2009008502 A1	07-04-2010 09-01-2013 29-07-2010 15-01-2009

DE 10329700 A1	20-01-2005	KEINE	
