

(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
10. April 2014 (10.04.2014)



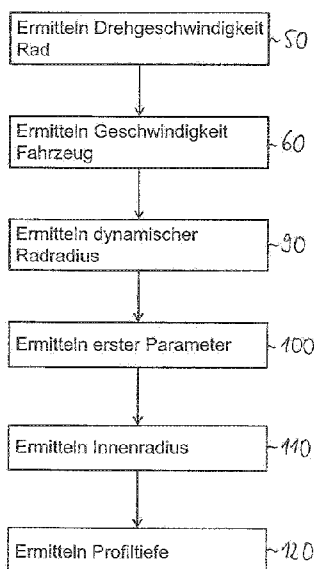
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/053322 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B60C 11/24 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/069434
- (22) Internationales Anmeldedatum:
19. September 2013 (19.09.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2012 217 901.1
1. Oktober 2012 (01.10.2012) DE
- (71) Anmelder: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).
- (72) Erfinder: **KRETSCHMANN, Matthias**; Schopperplatz 1, 93059 Regensburg (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, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD, CONTROL DEVICE AND SYSTEM FOR DETERMINING A PROFILE DEPTH OF A PROFILE OF A TYRE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN, STEUERGERÄT UND SYSTEM ZUM ERMITTELN EINER PROFILTIEFE EINES PROFILS EINES REIFENS



(57) Abstract: One subject of the application relates to a method for determining a profile depth of a profile (1) of a tyre (2) during operation of a vehicle (3) having the tyre (2). The method has the following steps. Determining an instantaneous rotational speed of a wheel (4) of the vehicle (3) which has the tyre (2) on the basis of data determined by at least one first sensor (5). Then, an instantaneous speed of the vehicle (3) is determined on the basis of data determined by at least one second sensor (6) different from the at least one first sensor (5). Then, an instantaneous dynamic radius of the wheel (4) having the tyres (2) is determined on the basis of the determined instantaneous rotational speed and of the determined instantaneous speed. Furthermore, at least one first parameter of the tyre (2), selected from the group consisting of an instantaneous tyre temperature, an instantaneous tyre pressure and an instantaneous tyre load is determined. Moreover, an instantaneous dynamic inner radius of the wheel (4) is determined on the basis of the at least one determined first parameter, wherein the inner radius of the wheel (4) is the distance between the centre of the wheel (7) and the tyre-side seam (8) of the profile (1). Additionally, a profile depth of the profile (1) of the tyre (2) is determined on the basis of the determined instantaneous dynamic radius and the determined instantaneous dynamic inner radius.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

FIG 1

- 50 Determine rotational speed of wheel
60 Determine speed of vehicle
90 Determine dynamic radius of wheel
100 Determine first parameter
110 Determine inner radius
120 Determine profile depth

WO 2014/053322 A1



SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Ein Gegenstand der Anmeldung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils (1) eines Reifens (2) während eines Betriebs eines den Reifen (2) aufweisenden Fahrzeugs (3). Das Verfahren weist folgende Schritte auf. Es erfolgt ein Ermitteln einer momentanen Drehgeschwindigkeit eines den Reifen (2) aufweisenden Rades (4) des Fahrzeugs (3) basierend auf von zumindest einem ersten Sensor (5) ermittelten Daten. Zudem erfolgt ein Ermitteln einer momentanen Geschwindigkeit des Fahrzeugs (3) basierend auf von zumindest einem, von dem zumindest einen ersten Sensor (5) verschiedenen zweiten Sensor (6) ermittelten Daten. Ferner erfolgt ein Ermitteln eines momentanen dynamischen Radius des den Reifen (2) aufweisenden Rades (4) basierend auf der ermittelten momentanen Drehgeschwindigkeit und der ermittelten momentanen Geschwindigkeit. Weiterhin erfolgt ein Ermitteln zumindest eines ersten Parameters des Reifens (2), ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einer momentanen Reifentemperatur, einem momentanen Reifendruck und einer momentanen Reifenlast. Ferner erfolgt ein Ermitteln eines momentanen dynamischen Innenradius des Rades (4) basierend auf dem zumindest einen ermittelten ersten Parameter, wobei der Innenradius des Rades (4) der Abstand zwischen der Radmitte (7) und dem reifenseitigen Ansatz (8) des Profils (1) ist. Des Weiteren erfolgt ein Ermitteln einer Profiltiefe des Profils (1) des Reifens (2) basierend auf dem ermittelten momentanen dynamischen Radius und dem ermittelten momentanen dynamischen Innenradius.

Beschreibung

Verfahren, Steuergerät und System zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens während eines Betriebs eines den Reifen aufweisenden Fahrzeugs sowie ein Steuergerät und ein System für ein Fahrzeug zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens des Fahrzeugs.

10

Aus der WO 02/12003 A2 ist eine Vorrichtung zum Überwachen des Zustands jedes einer Mehrzahl von Rädern eines Fahrzeugs bekannt. Die Vorrichtung weist einen Computer, ein Raddrehgeschwindigkeits-Ermittlungssystem, das Raddrehgeschwindigkeiten bezüglich jedes Rades erzeugt und mit dem Computer gekoppelt ist, um Drehgeschwindigkeitssignale für jedes Rad an den Computer zu übermitteln, und einen Fahrzeuggeschwindigkeits-Signalgenerator auf. Zudem weist die Vorrichtung einen Computerspeicher auf, in welchem Daten gespeichert sind, die sich auf Reifen-Abnutzungsraten für auf jedem der Räder montiertem Reifen, zurückgelegte Reifenwegstrecke seit Installation, Wegstrecke der momentanen Fahrt, durchschnittliche Raddrehgeschwindigkeiten und einen Skalierungsfaktor zum Schätzen der Radgeschwindigkeit basierend auf dem Fahrzeug-

15
20
25
30

Geschwindigkeitssignal beziehen. Ferner weist die Vorrichtung ein gespeichertes Programm zur Ausführung auf dem Computer auf zum Referenzieren der gespeicherten Daten bei einem Ermitteln von Radgeschwindigkeiten außerhalb einer Toleranzgrenze, die kompromittierte Betriebsbedingungen kennzeichnen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren, ein Steuergerät und ein System zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils

eines Reifens anzugeben, welche eine verbesserte Ermittlung der Profiltiefe während eines Betriebs eines den Reifen aufweisenden Fahrzeugs ermöglichen.

- 5 Diese Aufgabe wird mit den Gegenständen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Ein Verfahren zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens während eines Betriebs eines den Reifen aufweisenden Fahrzeugs weist gemäß einem Aspekt der Erfindung folgende Schritte auf. Es erfolgt ein Ermitteln einer momentanen Drehgeschwindigkeit eines den Reifen aufweisenden Rades des Fahrzeugs basierend auf von zumindest einem ersten Sensor ermittelten Daten. Zudem erfolgt ein Ermitteln einer momentanen Geschwindigkeit des Fahrzeugs basierend auf von zumindest einem, von dem zumindest einen ersten Sensor verschiedenen zweiten Sensor ermittelten Daten. Darüber hinaus erfolgt ein Ermitteln eines momentanen dynamischen Radius des den Reifen aufweisenden Rades basierend auf der ermittelten momentanen Drehgeschwindigkeit und der ermittelten momentanen Geschwindigkeit. Ferner erfolgt ein Ermitteln zumindest eines ersten Parameters des Reifens, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einer momentanen Reifentemperatur, einem momentanen Reifendruck und einer momentanen Reifenlast. Weiterhin erfolgt ein Ermitteln eines momentanen dynamischen Innenradius des Rades basierend auf dem zumindest einen ermittelten ersten Parameter. Der Innenradius des Rades ist dabei der Abstand zwischen der Radmitte und dem reifenseitigen Ansatz des Profils. Zudem erfolgt ein Ermitteln einer Profiltiefe des Profils des Reifens basierend auf dem ermittelten momentanen dynamischen Radius und dem ermittelten momentanen dynamischen Innenradius.

Dabei wird hier und im Folgenden unter dem momentanen dynamischen Radius derjenige Radius verstanden, den ein starres Rad aufweist, um bei einer bestimmten Geschwindigkeit denselben
5 Abrollumfang zu besitzen, den das den Reifen aufweisende Rad bei dieser Geschwindigkeit besitzt. Der Abrollumfang ist dabei die Strecke, die ein Rad bei einer Umdrehung schlupffrei zurücklegt. Der dynamische Radius wird ferner auch als dynamischer Radradius oder dynamischer Rollradius bezeichnet. Der
10 momentane dynamische Innenradius ist der Abstand zwischen der Radmitte und dem reifenseitigen Ansatz des Profils des genannten starren Rads, das heißt eines Rads, das bei einer bestimmten Geschwindigkeit denselben Abrollumfang besitzt, den das den Reifen aufweisende Rad bei dieser Geschwindigkeit be-
15 sitzt.

Das Verfahren gemäß der genannten Ausführungsform ermöglicht eine verbesserte Ermittlung der Profiltiefe des Reifens während eines Betriebs des Fahrzeugs. Dies erfolgt insbesondere
20 durch das Ermitteln des momentanen dynamischen Radius, das Ermitteln des momentanen dynamischen Innenradius des Rades basierend auf dem zumindest einen ermittelten ersten Parameter und das Ermitteln der Profiltiefe basierend auf den genannten Größen. Dabei wird, wie im Folgenden näher erläutert
25 ist, von der Überlegung ausgegangen, dass sich der dynamische Radius des Rades aus dem momentanen dynamischen Innenradius des Rades und der Profiltiefe des Profils des Reifens zusammensetzt und der momentane dynamische Innenradius des Rades von dem zumindest einen ersten Parameter abhängt. Somit kann
30 durch das Ermitteln des zumindest einen ersten Parameters der jeweilige momentane dynamische Innenradius des Rades bestimmt und damit die Profiltiefe in möglichst genauem Maße ermittelt werden.

Der zumindest eine erste Sensor ist typischerweise als Drehzahlsensor ausgebildet, das heißt, das Ermitteln der momentanen Drehgeschwindigkeit des Rades erfolgt in dieser Ausgestaltung basierend auf von zumindest einem Drehzahlsensor ermittelter Daten. Dadurch kann die Drehgeschwindigkeit des Rades in einfacher und zuverlässiger Weise ermittelt werden.

Das Ermitteln der momentanen Drehgeschwindigkeit des Rades beinhaltet dabei typischerweise ein Ermitteln einer momentanen Winkelgeschwindigkeit des Rades.

Der zumindest eine zweite Sensor ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem satellitengestützten Positionsermittlungssensor, einem Radarsensor, einem Lidarsensor, einem Ultraschallsensor und einer optischen Kamera. Mittels der genannten Sensoren kann die momentane Geschwindigkeit des Fahrzeugs unabhängig von einer drehzahlbasierten Geschwindigkeitsermittlung erfolgen und somit eine unabhängige Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit für die Ermittlung des momentanen dynamischen Radius und damit die Ermittlung der Profiltiefe bereitgestellt werden.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Ermitteln des momentanen dynamischen Innenradius des Rades zudem basierend auf der ermittelten momentanen Geschwindigkeit des Fahrzeugs. Dabei wird von der Überlegung ausgegangen, dass der momentane dynamische Innenradius des Rades neben den bereits genannten Größen zudem von der momentanen Geschwindigkeit abhängt, wie im Folgenden weiter erläutert wird. Der jeweilige momentane dynamische Innenradius des Rades kann somit mittels der genannten Ausführungsform in weiter verbessertem Maße bestimmt werden.

Zudem kann das Ermitteln des momentanen dynamischen Innenradius des Rades basierend auf einer Reifenart und/oder einem Alter des Reifens erfolgen. Die genannten Parameter können
5 ebenfalls einen Einfluss auf den Innenradius des Rades besitzen und werden daher bevorzugt ebenfalls bei der Bestimmung des Innenradius berücksichtigt.

Das Ermitteln des momentanen dynamischen Innenradius des Rades erfolgt beispielsweise mittels zumindest einer, in einer
10 Speichervorrichtung abgelegten Kennlinie. Die zumindest eine Kennlinie gibt dabei den Zusammenhang zwischen dem zumindest einen ersten Parameter des Reifens und dem Innenradius des Rades, der Geschwindigkeit des Fahrzeugs und dem Innenradius
15 des Rades, der Reifenart und dem Innenradius des Rades und/oder dem Alter des Reifens und dem Innenradius des Rades an.

Die zumindest eine Kennlinie kann auf einem Modell des Rades
20 basieren, das heißt der Zusammenhang zwischen den genannten Größen und dem Innenradius des Rades ist in dieser Ausgestaltung bereits in der Speichervorrichtung vorabgelegt. Weiterhin kann die zumindest eine Kennlinie während eines Fahrbetriebs des Fahrzeugs ermittelt werden. In der letztgenannten
25 Ausgestaltung wird somit die jeweilige Kennlinie zunächst in einer Lernphase ermittelt, typischerweise nachdem ein neues Rad an dem Fahrzeug befestigt wurde, und im Weiteren für das Ermitteln des momentanen dynamischen Innenradius verwendet.

30 In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird zudem zumindest ein zweiter Parameter ermittelt, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einer momentanen Beschleunigung des Fahrzeugs, einer momentanen Gierrate des Fahrzeugs, einem mo-

mentanen Lenkwinkel, einem momentanen Drehmoment eines Antriebsmotors des Fahrzeugs und einem Betriebszustand einer Bremsvorrichtung des Fahrzeugs. Das Ermitteln der Profiltiefe des Profils des Reifens erfolgt in dieser Ausführungsform zudem in Abhängigkeit des zumindest einen ermittelten zweiten Parameters. Dabei wird von der Überlegung ausgegangen, dass die Profiltiefe in möglichst genauem Maße während Fahrsituationen ermittelt werden kann, in welchen ein Einfluss von Antriebs- bzw. Bremsschlupf gering ist und sich das Fahrzeug geradlinig bewegt. Mittels der genannten Parameter können derartige Fahrsituationen in einfacher Weise identifiziert werden und dabei zudem der Einfluss von Antriebs- bzw. Bremsschlupf und Fahrbahnkrümmung kompensiert werden.

Zudem kann ein Ausgeben einer Warnmeldung erfolgen, falls die ermittelte Profiltiefe des Profils des Reifens einen ersten vorbestimmten Schwellenwert unterschreitet. Das Ausgeben der Warnmeldung kann dabei innerhalb des Fahrzeugs erfolgen. Dadurch können die Insassen des Fahrzeugs, insbesondere der Fahrer des Fahrzeugs, auf eine geringe Profiltiefe hingewiesen werden. Ferner kann die Warnmeldung mittels einer Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikationsvorrichtung an weitere Fahrzeuge übermittelt werden.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt zudem eine automatische Benachrichtigung einer Serviceeinrichtung, falls die ermittelte Profiltiefe des Profils des Reifens einen zweiten vorbestimmten Schwellenwert unterschreitet. Der zweite vorbestimmte Schwellenwert kann dabei dem ersten vorbestimmten Schwellenwert entsprechen oder von diesem verschieden sein. Dadurch kann beispielsweise eine Terminvereinbarung für einen Austausch des Reifens automatisch initiiert werden.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird die ermittelte Profiltiefe des Profils des Reifens an zumindest ein Fahrerassistenzsystem des Fahrzeugs übermittelt. Die ermittelte Profiltiefe wird somit in der genannten Ausführungsform
5 zumindest einem Fahrerassistenzsystem zur Verfügung gestellt. Dadurch kann der Betrieb des Fahrerassistenzsystems an die jeweilige ermittelte Profiltiefe angepasst werden. Das zumindest eine Fahrerassistenzsystem ist dabei beispielsweise ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem Antiblockiersystem,
10 tem, einem Fahrdynamikregelsystem, insbesondere einem elektronischen Stabilitätsprogramm, und einem Notbremssystem.

Die Erfindung betrifft zudem ein Steuergerät für ein Fahrzeug zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens
15 des Fahrzeugs. Das Steuergerät weist zumindest eine Empfangsvorrichtung auf, die zum Empfangen einer momentanen Drehgeschwindigkeit eines den Reifen aufweisenden Rades des Fahrzeugs, einer momentanen Geschwindigkeit des Fahrzeugs und
20 zumindest eines ersten Parameters des Reifens, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einer momentanen Reifentemperatur, einem momentanen Reifendruck und einer momentanen Reifenlast, ausgebildet ist. Zudem weist das Steuergerät eine erste Ermittlungsvorrichtung auf, die zum Ermitteln eines momentanen
25 dynamischen Radius des den Reifen aufweisenden Rades basierend auf der empfangenen momentanen Drehgeschwindigkeit und der empfangenen momentanen Geschwindigkeit ausgebildet ist. Ferner weist das Steuergerät eine zweite Ermittlungsvorrichtung auf, die zum Ermitteln eines momentanen dynamischen Innenradius des Rades basierend auf dem zumindest einen empfangenen
30 ersten Parameter ausgebildet ist. Der Innenradius des Rades ist dabei der Abstand zwischen der Radmitte und dem reifenseitigen Ansatz des Profils. Darüber hinaus weist das Steuergerät eine dritte Ermittlungsvorrichtung auf, die zum

Ermitteln einer Profiltiefe des Profils des Reifens basierend auf dem ermittelten momentanen dynamischen Radius und dem ermittelten momentanen dynamischen Innenradius ausgebildet ist.

- 5 Das Steuergerät kann als eigenständiges Steuergerät für das Fahrzeug ausgebildet oder Bestandteil eines weiteren Steuergeräts sein, beispielsweise eines Steuergeräts eines Antiblockiersystems oder eines Fahrdynamikregelsystems.
- 10 Weiterhin betrifft die Erfindung ein System für ein Fahrzeug zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens des Fahrzeugs. Das System weist ein Steuergerät gemäß der genannten Ausführungsform und zumindest eine Radeinheit auf. Die zumindest eine Radeinheit ist dabei in dem Reifen
- 15 anordenbar und weist zumindest einen Sensor auf, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem Temperatursensor, einem Drucksensor und einem Reifenlastsensor.

Das Steuergerät und das System zum Ermitteln der Profiltiefe weisen die bereits im Zusammenhang mit dem entsprechenden

20 Verfahren genannten Vorteile auf, welche an dieser Stelle zur Vermeidung von Wiederholungen nicht nochmals aufgeführt werden, und eignen sich insbesondere für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei dies auch auf die Ausgestaltungen und Weiterbildungen zutreffen kann. Hierzu können

25 das Steuergerät und das System weitere geeignete Vorrichtungen bzw. Komponenten aufweisen.

Ausführungsformen der Erfindung werden nun anhand der beigefügten Figuren näher erläutert.

30

Figur 1 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens gemäß einer ersten Ausführungsform;

5 Figur 2 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens gemäß einer zweiten Ausführungsform;

10 Figur 3A zeigt ein Fahrzeug mit einem Steuergerät zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens gemäß einer Ausführungsform;

Figur 3B zeigt einen schematischen Querschnitt eines der Räder des in Figur 3A gezeigten Fahrzeugs;

15

Figur 4 zeigt ein System zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens gemäß einer Ausführungsform.

20 Figur 1 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens während eines Betriebs eines den Reifen aufweisenden Fahrzeugs gemäß einer ersten Ausführungsform. Das Fahrzeug ist typischerweise ein Kraftfahrzeug, beispielsweise ein Personenkraftwagen oder
25 ein Lastkraftwagen.

In einem Schritt 50 erfolgt ein Ermitteln einer momentanen Drehgeschwindigkeit eines den Reifen aufweisenden Rades des Fahrzeugs basierend auf von zumindest einem ersten Sensor ermittelten Daten. Beispielsweise erfolgt ein Ermitteln einer momentanen Winkelgeschwindigkeit ω des Rades. Der zumindest eine erste Sensor ist dazu bevorzugt als Drehzahlsensor ausgebildet.
30

In einem Schritt 60 erfolgt ein Ermitteln einer momentanen Geschwindigkeit v_{ref} des Fahrzeugs, das heißt der Längsgeschwindigkeit des Fahrzeugs, basierend auf von zumindest einem, von dem zumindest einen ersten Sensor verschiedenen zweiten Sensor ermittelten Daten. Das Ermitteln der momentanen Geschwindigkeit v_{ref} beinhaltet typischerweise ein Ermitteln eines Wertes einer in einem bestimmten Zeitintervall zurückgelegten Fahrtstrecke des Fahrzeugs basierend auf den von dem zumindest einen zweiten Sensor ermittelten Daten. Der zumindest eine zweite Sensor ist dazu beispielsweise als satellitengestützter Positionsermittlungssensor ausgebildet. Weiterhin kann der zumindest eine zweite Sensor als Radarsensor, Lidarsensor, Ultraschallsensor oder optische Kamera ausgebildet sein und damit ein Abstand des Fahrzeugs zu als ortsfest erkannten Objekten zu verschiedenen Zeitpunkten bestimmt und daraus die zurückgelegte Fahrtstrecke des Fahrzeugs ermittelt werden.

Weiterhin wird in einem Schritt 90 ein momentaner dynamischer Radius R des den Reifen aufweisenden Rades basierend auf der ermittelten momentanen Drehgeschwindigkeit und der ermittelten momentanen Geschwindigkeit ermittelt. Dies erfolgt in der gezeigten Ausführungsform mittels der Beziehung $v_{ref} = R \cdot \omega$, wobei v_{ref} wie bereits erläutert die momentane Geschwindigkeit des Fahrzeugs, R der momentane dynamische Radius des Rades und ω die momentane Drehgeschwindigkeit des Rades ist.

In einem Schritt 100 wird zumindest ein erster Parameter des Reifens ermittelt, wobei der zumindest eine erste Parameter ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus einer momentanen Reifentemperatur T , einem momentanen Reifendruck P und einer momentanen Reifenlast. Bevorzugt werden dabei sämtliche der

genannten Parameter ermittelt. Die genannten Parameter werden typischerweise mittels einer in dem Reifen angeordneten Radeinheit ermittelt, wie im Zusammenhang mit den weiteren Figuren näher erläutert wird.

5

Weiterhin wird in einem Schritt 110 ein momentaner dynamischer Innenradius r^0 des Rades basierend auf dem zumindest einen ermittelten ersten Parameter sowie der ermittelten momentanen Geschwindigkeit v_{ref} und einer Art des Reifens ermittelt, wobei die Art des Reifens beispielsweise in einer Speichervorrichtung der Radeinheit hinterlegt ist. Der Innenradius r^0 des Rades ist dabei der Abstand zwischen der Radmitte und dem reifenseitigen Ansatz des Profils. Das Ermitteln des momentanen dynamischen Innenradius r^0 des Rades erfolgt bevorzugt mittels zumindest einer, in einer Speichervorrichtung abgelegten Kennlinie.

Typischerweise nimmt der momentane dynamische Innenradius r^0 des Rades dabei mit steigender Reifentemperatur und mit steigendem Reifendruck zu. Eine steigende Reifenlast führt hingegen typischerweise zu einer Verringerung des momentanen dynamischen Innenradius r^0 . Mit steigender momentanen Geschwindigkeit des Fahrzeugs nimmt der momentane dynamische Innenradius r^0 typischerweise zu, wobei die Zunahme des Innenradius r^0 typischerweise bei Erreichen eines bestimmten Geschwindigkeitsbereiches in eine Sättigung übergeht.

Die genannten Abhängigkeiten können durch das Ermitteln des zumindest einen ersten Parameters sowie der momentanen Geschwindigkeit v_{ref} und der Art des Reifens bei der Ermittlung des momentanen dynamischen Innenradius r^0 des Rades berücksichtigt und damit kompensiert werden.

30

Ferner erfolgt in einem Schritt 120 ein Ermitteln einer Profiltiefe t_p des Profils des Reifens basierend auf dem ermittelten momentanen dynamischen Radius R und dem ermittelten momentanen dynamischen Innenradius r^0 . Dies erfolgt in der
5 gezeigten Ausführungsform auf der Grundlage der Beziehungen
 $v_{ref} = [r^0(v_{ref}, T, P, \text{Reifenlast}, \text{Reifenart}) + t_p] \cdot \omega$ sowie
 $v_{ref} = R \cdot \omega$. Aus diesen ergibt sich die Beziehung
 $R = r^0(v_{ref}, T, P, \text{Reifenlast}, \text{Reifenart}) + t_p$
mittels derer die Profiltiefe t_p bestimmt werden kann.

10

t_p ist dabei in der gezeigten Ausführungsform ein Maß für das dynamische Verhalten der Profiltiefe des Profils des bereits erläuterten starren Rades, das bei einer bestimmten Geschwindigkeit den selben Abrollumfang besitzt, den das den Reifen
15 aufweisende Rad bei dieser Geschwindigkeit besitzt. Der ermittelte Wert kennzeichnet somit das Verhalten der Profiltiefe im Fahrbetrieb des Fahrzeugs, wobei bei der Ermittlung des Wertes von der Annahme eines zu dem Rad des Fahrzeugs äquivalenten starren Rades ausgegangen wird.

20

Typischerweise werden die Schritte 50 bis 120 während des Betriebs des Fahrzeugs kontinuierlich ausgeführt, das heißt, die Profiltiefe wird während des Fahrbetriebs kontinuierlich ermittelt. Dabei kann sowohl ein Absolutwert der Profiltiefe
25 bestimmt werden als auch eine relative Änderung der Profiltiefe in Bezug auf einen zuvor ermittelten Wert.

30

Die Profiltiefe wird dabei bevorzugt für sämtliche Reifen des Fahrzeugs ermittelt, das heißt das Ermitteln der momentanen Drehgeschwindigkeit, des momentanen dynamischen Radius, des
zumindest einen ersten Parameters und des momentanen dynamischen Innenradius erfolgt getrennt für jeden Reifen bzw. je-

des Rad. Aus diesen Werten wird anschließend für jeden Reifen die Profiltiefe bestimmt.

Figur 2 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens während eines Betriebs eines den Reifen aufweisenden Fahrzeugs gemäß einer zweiten Ausführungsform. Das Fahrzeug ist beispielsweise wiederum ein Personenkraftwagen oder ein Lastkraftwagen.

10 In einem Schritt 50 erfolgt ein Ermitteln einer momentanen Drehgeschwindigkeit eines den Reifen aufweisenden Rades des Fahrzeugs basierend auf von zumindest einem ersten Sensor ermittelter Daten, entsprechend des Schrittes 50 der in Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsform.

15

Weiterhin erfolgt in einem Schritt 60 ein Ermitteln einer momentanen Geschwindigkeit des Fahrzeugs basierend auf von zumindest einem, von dem zumindest einen ersten Sensor verschiedenen zweiten Sensor ermittelten Daten, entsprechend des Schrittes 60 der in Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsform.

20

In einem Schritt 70 wird zumindest ein zweiter Parameter ermittelt, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einer momentanen Beschleunigung des Fahrzeugs, einer momentanen Gierrate des Fahrzeugs, einem momentanen Lenkwinkel, einem momentanen Drehmoment eines Antriebsmotors des Fahrzeugs und einem Betriebszustand einer Bremsvorrichtung des Fahrzeugs.

25

Dazu wird in einem Schritt 80 basierend auf dem zumindest einen ermittelten zweiten Parameter ermittelt, ob die momentane Fahrsituation eine Fahrsituationen darstellt, in welcher kein Schlupf bzw. ein möglichst geringer Schlupf auftritt und in welcher das Fahrzeug im Wesentlichen geradlinig fährt. Bei-

30

spielsweise wird ermittelt, ob der zumindest eine zweite Parameter einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet bzw. ob die Bremsvorrichtung des Fahrzeugs gegenwärtig aktiviert ist.

5

Wird dabei in dem Schritt 80 ermittelt, dass die momentane Fahrsituation keine Fahrsituationen darstellt, in welcher kein Schlupf bzw. ein möglichst geringer Schlupf auftritt und in welcher das Fahrzeug im Wesentlichen geradlinig fährt, 10 beispielsweise falls der zweite Parameter den vorbestimmten Schwellenwert überschreitet und/oder die Bremsvorrichtung aktiviert ist, werden die Schritte 50, 60, 70 und 80 wiederholt ausgeführt.

15 Falls hingegen in dem Schritt 80 ermittelt wird, dass die momentane Fahrsituation eine Fahrsituationen darstellt, in welcher kein Schlupf bzw. ein möglichst geringer Schlupf auftritt und in welcher das Fahrzeug im Wesentlichen geradlinig fährt, beispielsweise falls der zweite Parameter den vorbestimmten Schwellenwert nicht überschreitet und die Bremsvorrichtung nicht aktiviert ist, wird in einem Schritt 90 ein momentaner dynamischer Radius des den Reifen aufweisenden Rades basierend auf der ermittelten momentanen Drehgeschwindigkeit und der ermittelten momentanen Geschwindigkeit entsprechend des Schrittes 90 der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform 20 ermittelt. Eine Situation, in welcher der Einfluss von Antriebs- bzw. Bremsschlupf gering ist, ist beispielsweise gegeben, falls eine Fahrsituation mit sehr geringer Beschleunigung erkannt wird, das heißt die longitudinale Beschleunigung sowie die laterale Beschleunigung sind nahezu Null, die 25 Bremsvorrichtung ist nicht aktiviert, das Motormoment ist ebenfalls nahezu Null, die zeitliche Änderung der ermittelten momentanen Geschwindigkeit des Fahrzeugs ist nahezu Null und 30

die Drehgeschwindigkeiten sämtlicher Räder des Fahrzeugs sind ungefähr gleich.

5 Ferner wird in einem Schritt 100 zumindest ein erster Parameter des Reifens ermittelt, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einer momentanen Reifentemperatur, einem momentanen Reifendruck und einer momentanen Reifenlast.

10 In einem Schritt 110 erfolgt ein Ermitteln eines momentanen dynamischen Innenradius des Rades basierend auf dem zumindest einen ermittelten Parameter sowie in einem Schritt 120 ein Ermitteln einer Profiltiefe des Profils des Reifens basierend auf dem ermittelten momentanen dynamischen Radius und dem ermittelten momentanen dynamischen Innenradius. Die Schritte
15 100, 110 und 120 entsprechen dabei den Schritten 100, 110 und 120 der in Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsform.

20 Ferner wird die ermittelte Profiltiefe des Profils des Reifens in der gezeigten Ausführungsform in einem Schritt 130 an zumindest ein Fahrerassistenzsystem des Fahrzeugs übermittelt, beispielsweise an ein ABS oder ESP-System.

25 In einem Schritt 140 wird ermittelt, ob die ermittelte Profiltiefe des Profils des Reifens einen vorbestimmten Schwellenwert unterschreitet, beispielsweise 2 mm.

Falls die ermittelte Profiltiefe den vorbestimmten Schwellenwert nicht unterschreitet, werden die Schritte 50 bis 80 sowie gegebenenfalls 90 bis 140 wiederholt ausgeführt.

30

Falls hingegen die ermittelte Profiltiefe den vorbestimmten Schwellenwert unterschreitet, erfolgt in einem Schritt 150 ein Ausgeben einer Warnmeldung mittels einer Ausgabevorrich-

5 tung des Fahrzeugs. Ferner kann in diesem Fall automatisch eine Warnmeldung an weitere Fahrzeuge übermittelt werden und/oder automatisch eine Benachrichtigung einer Serviceeinrichtung, beispielsweise für eine Terminvereinbarung, erfolgen.

10 Insbesondere mittels der in den Figuren 1 und 2 gezeigten erfindungsgemäßen Verfahren kann eine Radradiusänderung als Reifendruckänderung, als Beladungsänderung oder als temperaturbedingte Änderung klassifiziert werden. Diese Effekte können somit kompensiert werden und die verbleibende Radradiusänderung als Profiltiefenänderung klassifiziert werden.

15 Somit kann mittels der genannten Verfahren eine individuelle Reifenprofiltiefe auf Basis eines Sensorfusions-Ansatzes ermittelt werden. Dieser Ansatz greift dabei beispielsweise auf Signale einer Reifeneinheit, des ABS-/ESP-Systems und des Navigationssystem zu. Zudem kann auf Signale der Motorsteuerung zugegriffen werden, womit die Genauigkeit der Ermittlung erhöht werden kann.

20 Dabei ist weiter zu beachten, dass Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen kurveninneren und kurvenäußeren Rädern bei Kurvenfahrten typischerweise vernachlässigbar sein sollten. Derartige Einflüsse können entweder kompensiert werden, beispielsweise basierend auf einer Gierrateninformation und einer Lenkwinkelinformation, oder es können Fahrsituationen identifiziert werden, in denen kaum Kurveneffekte auftreten, beispielsweise wiederum über Lenkradwinkelinformationen und
30 Gierrateninformationen bzw. falls die Drehgeschwindigkeiten sämtlicher Räder des Fahrzeugs ungefähr gleich sind. Bevorzugt wird dazu ein Filterprozess verwendet, welcher lediglich die oben beschriebenen Fahrsituationen mit geringem Schlupf

bzw. geringen Kurveneffekten zulässt, und diese über einen gewissen Zeitraum mittelt.

Die genannten Verfahren stellen damit einen Fahrdynamik-
5 basierten Ansatz bereit, um die Profiltiefe zu schätzen bzw. zu ermitteln. Dabei wird beispielsweise davon ausgegangen, dass die mittels eines GPS-Systems gemessene zurückgelegte Wegstrecke über eine vorgegebene Zeitperiode mit der Anzahl der von beispielsweise einem ABS-/ESP-System gemessenen Rei-
10 fenumdrehungen zusammenhängt. Dieser Zusammenhang hängt insbesondere von dem dynamischen Radradius ab, der wiederum von der Profiltiefe abhängt.

Figur 3A zeigt eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs
15 3 mit einem Steuergerät 11 zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens 2 zumindest eines Rades 4 des Fahrzeugs 3.

Das Fahrzeug 3 ist in der gezeigten Darstellung ein Kraft-
20 fahrzeug in Form eines Personenkraftwagens und weist insgesamt vier Räder auf, von denen in Figur 3A ein Vorderrad sowie ein Hinterrad gezeigt sind. Weitere Einzelheiten werden im Zusammenhang mit den folgenden Figuren näher erläutert.

25 Dazu zeigt Figur 3B einen schematischen Querschnitt eines der Räder 4 des in Figur 3A gezeigten Fahrzeugs.

Wie in Figur 3B gezeigt ist, weist der Reifen 2 des Rades 4 ein schematisch mittels einer unterbrochenen Linie dargestelltes Profil 1 mit einer Profiltiefe t_p auf. Das Rad 4 be-
30 sitzt einen Innenradius r^0 , wobei der Innenradius r^0 des Rades 4 der Abstand zwischen einer Radmitte 7 und einem reifen-
seitigen Ansatz 8 des Profils 1 ist. Der Innenradius r^0 des

Rades 4 gibt somit den Radius des Rades 4 ohne das Profil 1 des Reifens 2 an. Weiterhin ist in Figur 3B eine Abrollrichtung des Rades 4 schematisch mittels eines Pfeils A dargestellt.

5

Ferner ist in Figur 3B eine Radeinheit 17 gezeigt, die in dem Reifen 2 angeordnet ist. Ist eine derartige Reifeneinheit bzw. Radeinheit 17 direkt im Latsch, das heißt in der Kontaktfläche zwischen Fahrbahn 48 und Reifen 2, bzw. auf der Innenseite der Lauffläche verbaut, kann diese zudem die Wechselwirkung zwischen Fahrbahn 48 und Reifen 2 direkt erfassen, beispielsweise über einen Beschleunigungssensor, einen Schocksensor oder ein Piezo-Element. Über ein Latschlängenmessung in Verbindung mit der Reifendruckmessung sowie einer eventuellen Reifentemperatur- und Geschwindigkeitsmessung kann in diesem Fall die individuelle Reifenlast bestimmt werden, das heißt, die Reifenlast ist eine Funktion der Latschlänge, des Reifendrucks, der Temperatur und der Geschwindigkeit.

10
15
20

Wie im Folgenden näher erläutert wird, kann mittels in Figur 3B nicht näher dargestellten Sensoren der Radeinheit 17 sowie basierend auf weiteren ermittelten Parametern eine momentane Profiltiefe des Profils 1 des Reifens 2 während eines Betriebs des Fahrzeugs bestimmt werden. Bei der Ermittlung des Wertes der momentanen Profiltiefe wird dabei, wie bereits erläutert, von der Annahme eines zu dem Rad des Fahrzeugs äquivalenten starren Rades ausgegangen.

25

30

Dazu zeigt Figur 4 ein System 16 zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils eines Reifens des in Figur 4 nicht näher dargestellten Fahrzeugs. Komponenten mit den gleichen Funktionen wie in den Figuren 3A und 3B werden mit den gleichen Be-

zugszeichen gekennzeichnet und im Folgenden nicht nochmals erläutert.

Das System 16 weist ein Steuergerät 11 sowie für jedes Rad
5 bzw. jeden Reifen des Fahrzeugs eine Radeinheit 17 auf, wobei
in Figur 4 aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich eine
derartige Radeinheit 17 dargestellt ist.

Die Radeinheit 17 ist in dem jeweiligen Reifen anordenbar und
10 weist in der gezeigten Ausführungsform jeweils einen Tempera-
tursensor 18 zum Ermitteln einer momentanen Reifentemperatur,
einen Drucksensor 19 zum Ermitteln eines momentanen Reifen-
drucks und einen Reifenlastsensor 20 zum Ermitteln einer mo-
mentanen Reifenlast auf. Ferner weist die Radeinheit 17 eine
15 Speichervorrichtung 27 auf, wobei in der Speichervorrichtung
27 beispielsweise Daten bezüglich eine Art des Reifens
und/oder eines Alters des Reifens abgelegt werden können.
Insbesondere können charakteristische Reifeneigenschaften,
wie beispielsweise Reifentyp, Alter, Dimension, DOT-Nummer
20 und Treadwear-Rating, hinterlegt und zur Verfügung gestellt
werden. Darüber hinaus weist die Radeinheit 17 eine Sendevor-
richtung 28 auf, mittels derer die genannten Daten an das
Steuergerät 11 übermittelt werden können.

25 Das Steuergerät 11 weist dazu eine Empfangsvorrichtung 12
auf, die zum Empfangen eines momentanen Reifentemperatur-
wertes, eines momentanen Reifendruck-Wertes und eines momen-
tanen Reifenlast-Wertes von der Sendevorrichtung 28 ausgebil-
det ist.

30

Ferner ist die Empfangsvorrichtung 12 zum Empfangen eines mo-
mentanen Drehgeschwindigkeits-Wertes des den Reifen aufwei-
senden Rades des Fahrzeugs ausgebildet. Dazu ist die Emp-

fangsvorrichtung 12 über eine Signalleitung 47 mit einem Steuergerät 31 verbunden, das in der gezeigten Ausführungsform als ABS- oder ESP-Steuergerät ausgebildet ist. Das Steuergerät 31 ist ferner über eine Signalleitung 32 mit einem
5 ersten Sensor 5 in Form eines Drehwinkelsensors verbunden. Dabei ist jedem Rad des Fahrzeugs ein eigener erster Sensor 5 zugeordnet, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit in Figur 4 lediglich ein derartiger erster Sensor 5 dargestellt ist.

10 Zudem ist das Steuergerät 31 über eine Signalleitung 33 mit einem Beschleunigungssensor 21 verbunden, der zum Ermitteln einer longitudinalen Beschleunigung des Fahrzeugs und einer lateralen Beschleunigung des Fahrzeugs ausgebildet ist. Weiterhin ist das Steuergerät 31 über eine Signalleitung 34 mit
15 einem Gierratensensor 22 und über eine Signalleitung 35 mit einem Lenkwinkelsensor 23 verbunden. Darüber hinaus ist das Steuergerät 31 über eine Signalleitung 36 mit einem Sensor 24 verbunden, der zum Ermitteln eines Betriebszustands einer nicht näher dargestellten Bremsvorrichtung des Fahrzeugs aus-
20 gebildet ist. Beispielsweise kann der Sensor 24 ein Bremslicht-Signal der Bremsvorrichtung an das Steuergerät 31 übermitteln. Die von den genannten Sensoren ermittelten Daten werden in dem Steuergerät 31 verarbeitet und die daraus bestimmten Werte an die Empfangsvorrichtung 12 übermittelt.

25

Die Empfangsvorrichtung 12 ist weiterhin über eine Signalleitung 37 mit einem Navigationssystem 25 verbunden, das einen zweiten Sensor 6 in Form eines Positionsermittlungssensors aufweist. Basierend auf von dem zweiten Sensor 6 ermittelten
30 Daten kann von dem Navigationssystem 25 eine momentane Geschwindigkeit des Fahrzeugs ermittelt und mittels der Empfangsvorrichtung 12 dem Steuergerät 11 bereitgestellt werden.

Ferner ist die Empfangsvorrichtung 12 über eine Signalleitung 38 mit einem Motorsteuergerät 26 eines nicht näher dargestellten Antriebsmotors des Fahrzeugs verbunden. Dadurch kann ein momentanes Drehmoment des Antriebsmotors an das Steuergerät 11 übermittelt werden.

Das Steuergerät 11 weist zudem eine erste Ermittlungsvorrichtung 13 auf, die zum Ermitteln eines momentanen dynamischen Radius des den Reifen aufweisenden Rades basierend auf dem von der Empfangsvorrichtung 12 empfangenen momentanen Drehgeschwindigkeits-Wert und dem empfangenen momentanen Geschwindigkeits-Wert ausgebildet ist. Dazu ist die erste Ermittlungsvorrichtung 13 über eine Signalleitung 39 mit der Empfangsvorrichtung 12 verbunden.

15

Weiterhin weist das Steuergerät 11 eine zweite Ermittlungsvorrichtung 14 auf, die zum Ermitteln eines momentanen dynamischen Innenradius des Rades basierend auf dem empfangenen momentanen Reifentemperatur-Wert, dem empfangenen momentanen Reifendruck-Wert, dem empfangenen momentanen Reifenlast-Wert sowie der Art des Reifens und/oder des Alters des Reifens ausgebildet ist. Das Alter des Reifens kann beispielsweise basierend auf dem in der Speichervorrichtung 27 abgelegten Herstellungsdatum ermittelt werden, womit insbesondere erkannt werden kann, ob ein neuwertiger Reifen vorliegt, auf welchen sich das System 16 dann einlernen kann.

20

Die zweite Ermittlungsvorrichtung 14 ist dabei über eine Signalleitung 40 mit der Empfangsvorrichtung 12 verbunden und in der gezeigten Ausführungsform zum Ermitteln des momentanen dynamischen Innenradius des Rades mittels einer Mehrzahl von in einer Speichervorrichtung 9 abgelegten Kennlinien ausgebildet. Die Speichervorrichtung 9 ist dazu über eine Signal-

25

30

leitung 43 mit der zweiten Ermittlungsvorrichtung 14 verbunden.

Das Steuergerät 11 weist ferner eine dritte Ermittlungsvorrichtung 15 auf, die zum Ermitteln einer Profiltiefe des Profils des Reifens basierend auf dem ermittelten momentanen dynamischen Radius und dem ermittelten momentanen dynamischen Innenradius ausgebildet ist. Dazu ist die dritte Ermittlungsvorrichtung 15 über eine Signalleitung 41 mit der ersten Ermittlungsvorrichtung 13 sowie über eine Signalleitung 42 mit der zweiten Ermittlungsvorrichtung 14 verbunden.

Die dritte Ermittlungsvorrichtung 15 ist in der gezeigten Ausführungsform ausgebildet zum Ermitteln, ob die jeweilige momentane Fahrsituation eine Fahrsituationen darstellt, in welcher kein Schlupf bzw. ein möglichst geringer Schlupf auftritt und in welcher das Fahrzeug im Wesentlichen geradlinig fährt, basierend auf den von der Empfangsvorrichtung 12 empfangenen Werten der momentanen Beschleunigung des Fahrzeugs, der momentanen Gierrate des Fahrzeugs, dem momentanen Lenkwinkel, dem momentanen Drehmoment des Antriebsmotors und dem Betriebszustand der Bremsvorrichtung.

Falls die dritte Ermittlungsvorrichtung 15 dabei ermittelt, dass die momentane Fahrsituation keine Fahrsituationen darstellt, in welcher kein Schlupf bzw. ein möglichst geringer Schlupf auftritt und in welcher das Fahrzeug im Wesentlichen geradlinig fährt, kann diese Information an die erste Ermittlungsvorrichtung 13 und/oder die zweite Ermittlungsvorrichtung 14 übermittelt werden und das Ermitteln des momentanen dynamischen Radius bzw. des momentanen dynamischen Innenradius in diesen Situationen unterbleiben. Dazu sind insbesondere die Signalleitungen 41 und 42 als bidirektionale Signallei-

tungen ausgebildet. Ferner können in derartigen Situationen bereits ermittelte Werte bei der Bestimmung der Profiltiefe unberücksichtigt bleiben.

5 Zudem ist die dritte Ermittlungsvorrichtung 15 in der gezeigten Ausführungsform ausgebildet zum Ermitteln, ob die ermittelte Profiltiefe des Profils des Reifens einen vorbestimmten Schwellenwert unterschreitet. Ist dies der Fall, kann eine Warnmeldung mittels einer Ausgabevorrichtung 30 des Fahrzeugs
10 ausgegeben sowie mittels einer Sendevorrichtung 29 an weitere Fahrzeuge übermittelt werden. Die dritte Ermittlungsvorrichtung 15 ist dazu über eine Signalleitung 45 mit der Ausgabevorrichtung 30 sowie über eine Signalleitung 44 mit der Sendevorrichtung 29 verbunden.

15

Ferner kann die ermittelte Profiltiefe des Profils des Reifens an ein Fahrerassistenzsystem 10 des Fahrzeugs übermittelt werden. Dazu ist die dritte Ermittlungsvorrichtung 15 über eine Signalleitung 46 mit dem Fahrerassistenzsystem 10
20 verbunden, welches beispielsweise als Bremsassistent oder Notbremssystem ausgebildet ist.

Die Profiltiefe eines Reifens hat dabei maßgeblichen Einfluss auf das Verhalten des Fahrzeugs. Dies gilt insbesondere in
25 kritischen Fahrsituationen. Einerseits ist der maximale Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn, das heißt der Grip, stark von den jeweiligen Fahrbahnbeschaffenheiten, beispielsweise dem Fahrbahnbelag oder dem Vorhandensein von Schnee oder Eis auf der Fahrbahn, abhängig. Andererseits kann
30 der Kraftschluss für die jeweiligen Verhältnisse durch bestimmte Reifeneigenschaften optimiert werden. Hierzu gehört insbesondere ein für die jeweiligen Witterungsverhältnisse optimiertes Reifenprofil. Die Effektivität des Reifenprofils

ist dabei maßgeblich durch die Profiltiefe bestimmt. Beispielsweise kann bei Aquaplaning das Wasser zwischen Fahrbahn und Reifen aufgrund eines nicht mehr ausreichenden Profils nicht mehr verdrängt werden.

5

Somit kann durch eine ausreichende Profiltiefe der bestmögliche Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn insbesondere in kritischen Fahrsituationen gewährleistet werden. Daher existieren typischerweise gesetzliche Anforderungen für eine Mindestprofiltiefe, die dabei auch saisonbedingt variieren kann.

10

Mittels der vorliegenden Erfindung wird in vorteilhafter Weise ein Verfahren sowie ein Steuergerät und ein System zur Verfügung gestellt, mit welchen die Profiltiefe während der Fahrt geschätzt bzw. ermittelt werden kann. Diese Information kann insbesondere dem Fahrer zur Verfügung gestellt werden, damit dieser rechtzeitig Reifen mit zu geringer Profiltiefe auswechselt. Dadurch können spezifische Gefahrensituationen, insbesondere Aquaplaning und ein Verlust von Grip auf schneebedeckten Fahrbahnen, und damit einhergehende Unfälle vermieden werden.

20

Weiterhin kann die ermittelte Profiltiefe anderen Fahrzeugsystemen, insbesondere aktiven Sicherheitssystemen, beispielsweise einem ABS oder ESP, zur Verfügung gestellt werden. Dadurch können die betreffenden Regelstrategien der verringerten Gripsituation angepasst und somit optimiert werden.

25

Darüber hinaus lässt der mittelfristige zeitliche Verlauf der Profiltiefe Rückschlüsse für den saisonbedingten Reifenwechsel zu. Dadurch kann abgeschätzt werden, ob der betreffende Reifen noch ausreichend Profil für die kommende Saison besitzt oder ausgetauscht werden sollte.

30

Bezugszeichenliste

	1	Profil
	2	Reifen
5	3	Fahrzeug
	4	Rad
	5	Sensor
	6	Sensor
	7	Radmitte
10	8	Ansatz
	9	Speichervorrichtung
	10	Fahrerassistenzsystem
	11	Steuergerät
	12	Empfangsvorrichtung
15	13	Ermittlungsvorrichtung
	14	Ermittlungsvorrichtung
	15	Ermittlungsvorrichtung
	16	System
	17	Radeinheit
20	18	Temperatursensor
	19	Drucksensor
	20	Reifenlastsensor
	21	Beschleunigungssensor
	22	Gierratensensor
25	23	Lenkwinkelsensor
	24	Sensor
	25	Navigationssystem
	26	Motorsteuergerät
	27	Speichervorrichtung
30	28	Sendevorrichtung
	29	Sendevorrichtung
	30	Ausgabevorrichtung
	31	Steuergerät

	32	Signalleitung
	33	Signalleitung
	34	Signalleitung
	35	Signalleitung
5	36	Signalleitung
	37	Signalleitung
	38	Signalleitung
	39	Signalleitung
	40	Signalleitung
10	41	Signalleitung
	42	Signalleitung
	43	Signalleitung
	44	Signalleitung
	45	Signalleitung
15	46	Signalleitung
	47	Signalleitung
	48	Fahrbahn
	50	Schritt
	60	Schritt
20	70	Schritt
	80	Schritt
	90	Schritt
	100	Schritt
	110	Schritt
25	120	Schritt
	130	Schritt
	140	Schritt
	150	Schritt
30	A	Pfeil

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils
(1) eines Reifens (2) während eines Betriebs eines den
5 Reifen (2) aufweisenden Fahrzeugs (3), wobei das Verfah-
ren folgende Schritte aufweist:
- Ermitteln einer momentanen Drehgeschwindigkeit eines
den Reifen (2) aufweisenden Rades (4) des Fahrzeugs
(3) basierend auf von zumindest einem ersten Sensor
10 (5) ermittelten Daten,
 - Ermitteln einer momentanen Geschwindigkeit des Fahr-
zeugs (3) basierend auf von zumindest einem, von dem
zumindest einen ersten Sensor (5) verschiedenen zwei-
ten Sensor (6) ermittelten Daten,
 - 15 - Ermitteln eines momentanen dynamischen Radius des den
Reifen (2) aufweisenden Rades (4) basierend auf der
ermittelten momentanen Drehgeschwindigkeit und der
ermittelten momentanen Geschwindigkeit,
 - Ermitteln zumindest eines ersten Parameters des Rei-
20 fens (2), ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus
einer momentanen Reifentemperatur, einem momentanen
Reifendruck und einer momentanen Reifenlast,
 - Ermitteln eines momentanen dynamischen Innenradius
des Rades (4) basierend auf dem zumindest einen er-
25 mittelten ersten Parameter, wobei der Innenradius des
Rades (4) der Abstand zwischen der Radmitte (7) und
dem reifenseitigen Ansatz (8) des Profils (1) ist,
 - Ermitteln einer Profiltiefe des Profils (1) des Rei-
fens (2) basierend auf dem ermittelten momentanen dy-
30 namischen Radius und dem ermittelten momentanen dyna-
mischen Innenradius.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der zumindest eine erste Sensor (5) als Drehzahlsensor ausgebildet ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei der zumindest eine zweite Sensor (6) ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus einem satellitengestützten Positionsermittlungssensor, einem Radarsensor, einem Lidarsensor, einem Ultraschallsensor und einer optischen Kamera.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ermitteln des momentanen dynamischen Innenradius des Rades (4) zudem basierend auf der ermittelten momentanen Geschwindigkeit erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ermitteln des momentanen dynamischen Innenradius des Rades (4) zudem basierend auf einer Reifenart und/oder einem Alter des Reifens (2) erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ermitteln des momentanen dynamischen Innenradius des Rades (4) mittels zumindest einer, in einer Speichervorrichtung (9) abgelegten Kennlinie erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zudem zumindest ein zweiter Parameter ermittelt wird, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einer momentanen Beschleunigung des Fahrzeugs (3), einer momentanen Gierrate des Fahrzeugs (3), einem momentanen Lenkwinkel, einem momentanen Drehmoment eines Antriebsmotors des Fahrzeugs (3) und einem Betriebszustand einer Bremsvorrichtung des Fahrzeugs (3), und wobei das Ermitteln der

Profiltiefe des Profils des Reifens (2) zudem in Abhängigkeit des zumindest einen ermittelten zweiten Parameters erfolgt.

- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
zudem ein Ausgeben einer Warnmeldung erfolgt, falls die
ermittelte Profiltiefe des Profils des Reifens (2) einen
ersten vorbestimmten Schwellenwert unterschreitet.
- 10 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
zudem eine Benachrichtigung einer Serviceeinrichtung er-
folgt, falls die ermittelte Profiltiefe des Profils des
Reifens (2) einen zweiten vorbestimmten Schwellenwert
unterschreitet.
- 15 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
die ermittelte Profiltiefe des Profils des Reifens (2)
an zumindest ein Fahrerassistenzsystem (10) des Fahr-
zeugs (3) übermittelt wird.
- 20 11. Steuergerät für ein Fahrzeug (3) zum Ermitteln einer
Profiltiefe eines Profils (1) eines Reifens (2) des
Fahrzeugs (3), aufweisend
- zumindest eine Empfangsvorrichtung (12) ausgebildet
- 25 zum Empfangen einer momentanen Drehgeschwindigkeit
eines den Reifen (2) aufweisenden Rades (4) des Fahr-
zeugs (3), einer momentanen Geschwindigkeit des Fahr-
zeugs (3) und zumindest eines ersten Parameters des
Reifens (2), ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus
- 30 einer momentanen Reifentemperatur, einem momentanen
Reifendruck und einer momentanen Reifenlast,
- eine erste Ermittlungsvorrichtung (13) ausgebildet
- zum Ermitteln eines momentanen dynamischen Radius des

den Reifen (2) aufweisenden Rades (4) basierend auf der empfangenen momentanen Drehgeschwindigkeit und der empfangenen momentanen Geschwindigkeit,

5 - eine zweite Ermittlungsvorrichtung (14) ausgebildet zum Ermitteln eines momentanen dynamischen Innenradius des Rades (4) basierend auf dem zumindest einen empfangenen ersten Parameter, wobei der Innenradius des Rades (4) der Abstand zwischen der Radmitte (7) und dem reifenseitigen Ansatz (8) des Profils (1)
10 ist,

- eine dritte Ermittlungsvorrichtung (15) ausgebildet zum Ermitteln einer Profiltiefe des Profils (1) des Reifens (2) basierend auf dem ermittelten momentanen dynamischen Radius und dem ermittelten momentanen dynamischen Innenradius.
15

12. System für ein Fahrzeug (3) zum Ermitteln einer Profiltiefe eines Profils (1) eines Reifens (2) des Fahrzeugs (3), aufweisend ein Steuergerät (11) nach Anspruch 11
20 und zumindest eine Radeinheit (17), wobei die zumindest eine Radeinheit (17) in dem Reifen (2) anordenbar ist und zumindest einen Sensor aufweist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem Temperatursensor (18), einem Drucksensor (19) und einem Reifenlastsensor (20).
25

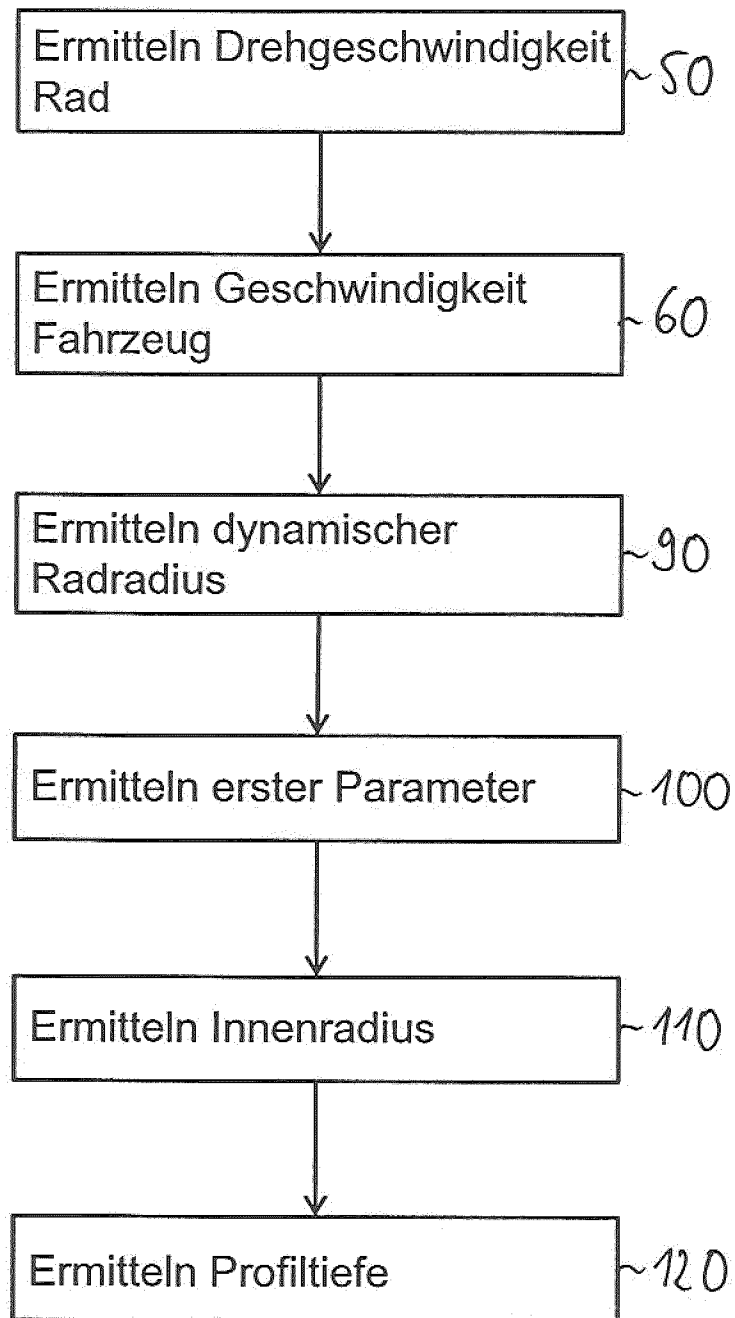


FIG 1

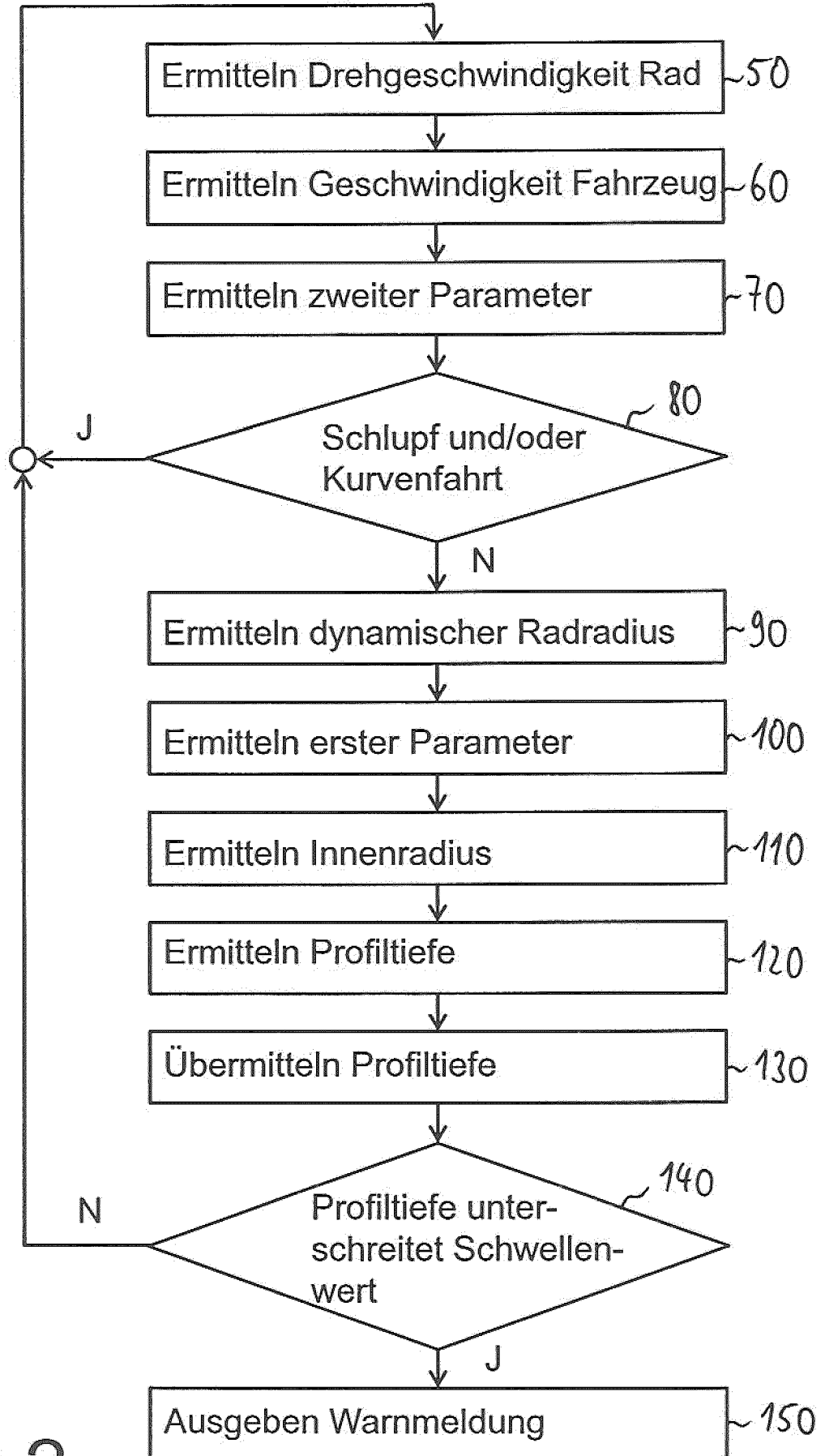


FIG 2

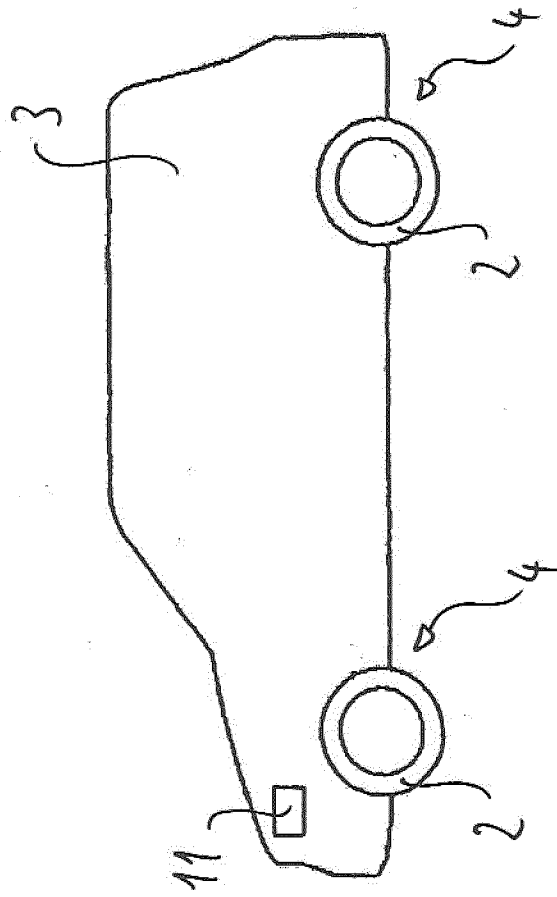


FIG 3A

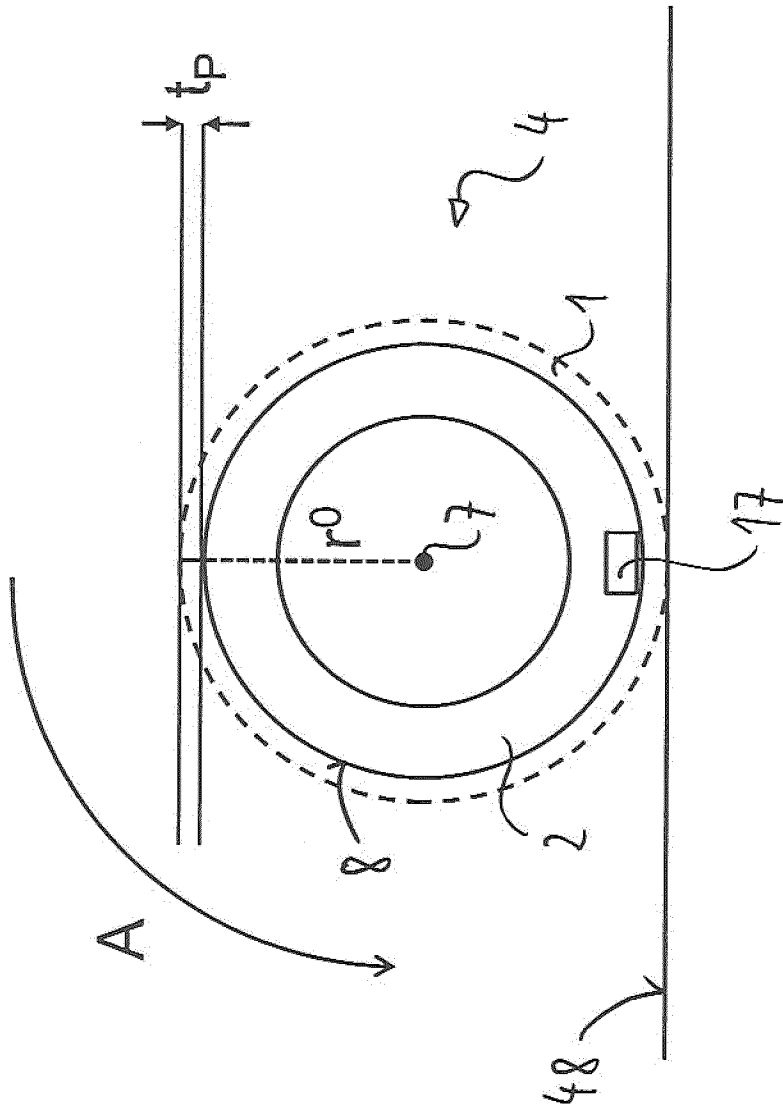


FIG 3B

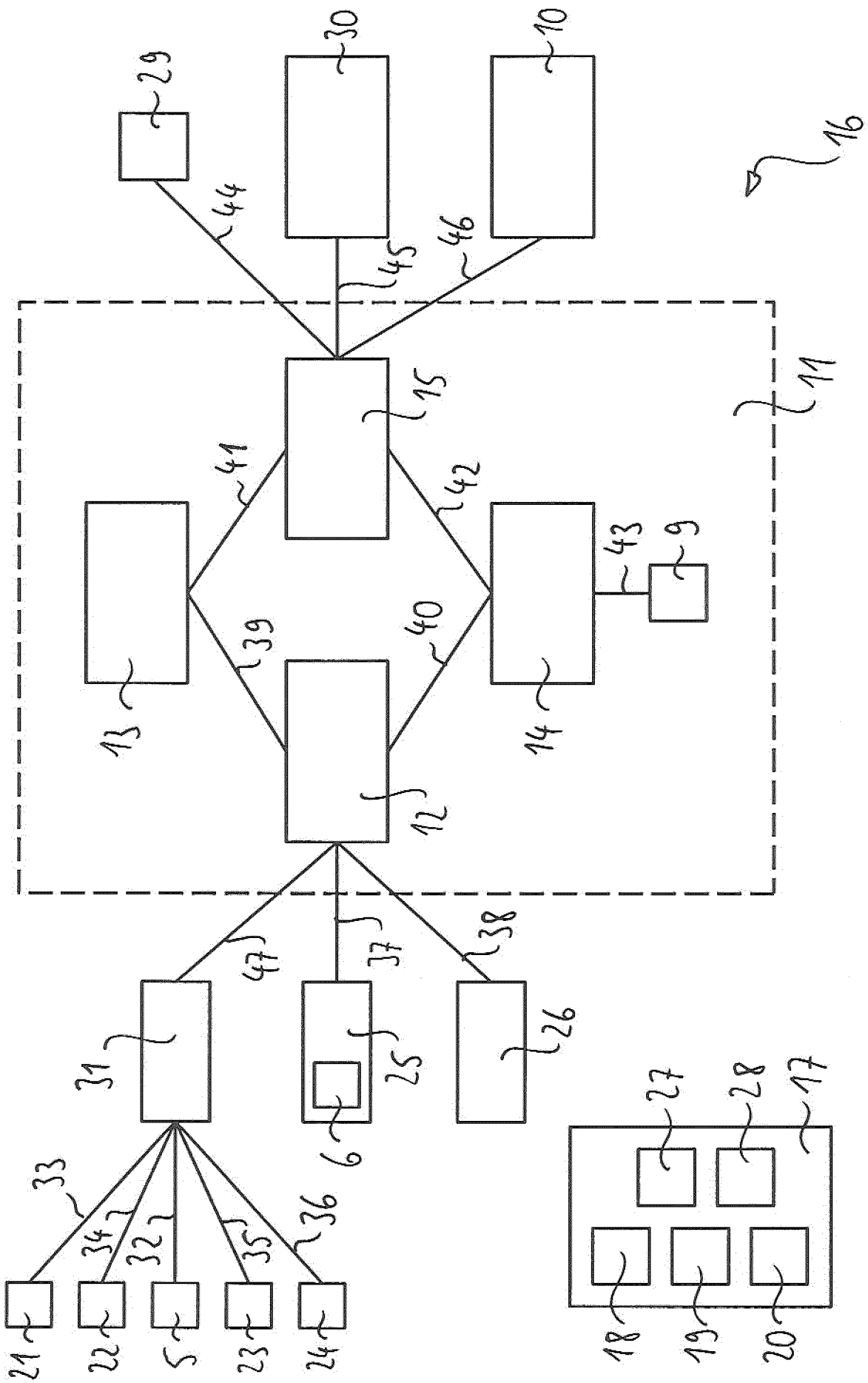


FIG 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/069434

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60C11/24
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

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.
A	JP 2008 247126 A (SUMITOMO RUBBER IND) 16 October 2008 (2008-10-16) paragraph [0022] - paragraph [0046] figures 1-3	1-12
A	US 2010/060443 A1 (WAKAO YASUMICHI [JP] ET AL) 11 March 2010 (2010-03-11) paragraph [0024] - paragraph [0038] figures 1-5	1-12

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
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "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)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "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
- "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
- "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
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 19 November 2013	Date of mailing of the international search report 28/11/2013
---	--

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/EP2013/069434

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2008247126	A	16-10-2008	NONE

US 2010060443	A1	11-03-2010	EP 2123487 A1 25-11-2009
			US 2010060443 A1 11-03-2010
			WO 2008072453 A1 19-06-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/069434

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B60C11/24
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTER GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B60C

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.
A	JP 2008 247126 A (SUMITOMO RUBBER IND) 16. Oktober 2008 (2008-10-16) Absatz [0022] - Absatz [0046] Abbildungen 1-3	1-12
A	----- US 2010/060443 A1 (WAKAO YASUMICHI [JP] ET AL) 11. März 2010 (2010-03-11) Absatz [0024] - Absatz [0038] Abbildungen 1-5 -----	1-12

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

- | | |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--|---|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
19. November 2013	28/11/2013
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/EP2013/069434

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2008247126	A	16-10-2008	KEINE

US 2010060443	A1	11-03-2010	EP 2123487 A1 25-11-2009
			US 2010060443 A1 11-03-2010
			WO 2008072453 A1 19-06-2008
