

(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
26. Juni 2014 (26.06.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/094767 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60W 40/068 (2012.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2013/200340

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. Dezember 2013 (09.12.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 112 725.5
20. Dezember 2012 (20.12.2012) DE

(71) Anmelder: **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG**
[DE/DE]; Guerickestr. 7, 60488 Frankfurt (DE).

(72) Erfinder: **FISCHER, Daniel**; Amselweg 6, 65824
Schwalbach a. T. (DE). **STÖLZL, Stefan**; Lärchenweg 4,
69469 Weinheim (DE). **KÖBE, Andreas**; Hemsbergstraße
67, 64625 Bensheim (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, IR, 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,
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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: ESTIMATION OF THE COEFFICIENT OF FRICTION FROM CAMERA AND WHEEL ROTATION SPEED DATA

(54) Bezeichnung : REIBWERTSCHÄTZUNG AUS KAMERA- UND RADDREHZAHLDATEN

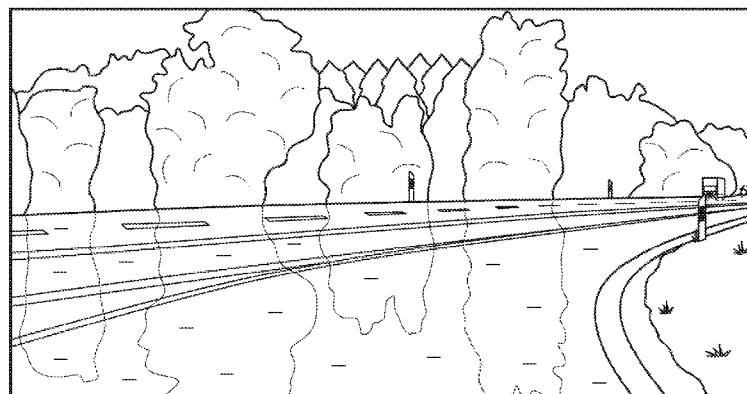


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method and to an apparatus for estimating a coefficient of friction in a moving vehicle. To this end, provision is made for image data from a forward-facing vehicle camera in the vehicle to be evaluated such that conclusions can be drawn about the carriageway surface. Classification of the coefficient of friction from the camera image data are performed, said classification providing a camera coefficient of friction μ_k . On the basis of a wheel rotation speed signal, tyre slip and tyre vibration are analysed and classification of the coefficient of friction is performed based on said analysis, said classification providing a wheel coefficient of friction μ_w . The predictive estimation of the coefficient of friction takes place as a fusion of the camera coefficient of friction and the wheel coefficient of friction, wherein the predictive estimation of the coefficient of friction takes place primarily on the basis of the camera coefficient of friction μ_k , but the wheel coefficient of friction μ_w is continuously taken into account in order to check plausibility of the camera coefficient of friction μ_k .

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/094767 A1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur Schätzung eines Reibwerts in einem fahrenden Fahrzeug. Dazu ist vorgesehen, dass Bilddaten einer vorausschauenden Fahrzeugkamera im Fahrzeug dahingehend ausgewertet werden, dass auf die Fahrbahnoberfläche geschlossen werden kann. Es erfolgt eine Reibwertklassifizierung aus den Kamerabilddaten, die einen Kamerareibwert μ_k liefert. Auf Basis eines Raddrehzahlsignals werden ein Reifenschlupf und eine Reifenschwingung analysiert und daraus wird eine Klassifizierung des Reibwerts vorgenommen, die einen Radreibwert μ_w liefert. Die vorausschauende Reibwertschätzung erfolgt als eine Fusion von Kamera- und Radreibwert, wobei die vorausschauende Reibwertschätzung primär auf Basis des Kamerareibwerts μ_k erfolgt, der Radreibwert μ_w jedoch kontinuierlich zur Plausibilisierung des Kamerareibwerts μ_k berücksichtigt wird.

Reibwertschätzung aus Kamera- und Raddrehzahldaten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Reibwertschätzung in einem fahrenden Fahrzeug.

5

Die Erfassung oder Bestimmung des zwischen Reifen und Fahrbahn wirkenden Reibwerts bzw. die Erfassung des Fahrbahnzustands (z.B. trocken, nass, schneebedeckt und vereist), aus dem sich die Reibwertgruppe ableiten lässt, ist eine wichtige Voraussetzung, um den Fahrer in seiner Fahraufgabe zu unterstützen und so schwere Unfälle zu vermeiden. Allgemein obliegt die Einschätzung der Straßenverhältnisse dem Fahrer, der seine Fahrweise darauf ausrichtet. Fahrzeugregelsysteme wie ESC (Electronic Stability Control) / TCS

10

15

(Traction Control System) oder ABS (Antiblockiersystem) helfen ihm, das Fahrzeug im Grenzbereich zu stabilisieren, um so seiner Fahraufgabe in Extremsituationen leichter entsprechen zu können.

20

Die Unfallvermeidung gewinnt bei Fahrerassistenzsystemen zunehmend an Bedeutung. Notbrems- oder seit neuestem auch Notausweichsysteme leisten einen wichtigen Beitrag. Ihre Wirkung hängt jedoch entscheidend vom Reibwert des Untergrundes ab. Nässe, Schnee und Eis erniedrigen den zur Verfügung stehenden Reibwert zwischen Reifen und Fahrbahn gegenüber dem auf einer trockenen Fahrbahn zur Verfügung stehenden erheblich.

25

EP 792 228 B1 zeigt ein System zur Fahrstabilitätsregelung für ESP- (Electronic Stability Program) / ESC-Regelungen,

30

mit dem in speziellen Situationen ein Reibwert ermittelt werden kann. Wenn mindestens ein Rad den Reibwert ausnutzt, z. B. beim Fahren auf einem glatten Untergrund, kann die Fahrzeugbremsenregelung den Reibwert aus dem Drehverhalten der Räder und den ESP/ESC-Beschleunigungssensoren bestimmen.

DE 102 56 726 A1 zeigt ein Verfahren zur Generierung eines Signals in Abhängigkeit von der Fahrbahnbeschaffenheit unter Verwendung eines Reflexionssignalsensors wie z.B. eines Radar- oder eines optischen Sensor. Dadurch wird eine vorausschauende Erfassung des Fahrbahnzustands in einem Kraftfahrzeug ermöglicht.

DE 10 2004 018 088 A1 zeigt ein Fahrbahnerkennungssystem mit einem Temperatursensor, einem Ultraschallsensor und einer Kamera. Die aus den Sensoren erhaltenen Fahrbahndaten werden gefiltert, mit Referenzdaten verglichen, um die Befahrbarkeit der Fahrbahn zu ermitteln, wobei die Fahrbahnoberfläche (z.B. Beton, Asphalt, Schmutz, Gras, Sand oder Kies) und deren Zustand (z.B. trocken, vereist, verschneit, nass) klassifiziert werden kann.

DE 10 2004 047 914 A1 zeigt eine Methode zur Einschätzung des Fahrbahnzustands, bei der Daten aus mehreren unterschiedlichen Sensoren, z.B. Kamera, Infrarotsensor, Regensensor bzw. Mikrofon fusioniert werden, um zu einer Klassifikation des Fahrbahnzustands zu gelangen, der ein Reibungswert zugeordnet werden kann.

Darüber hinaus ist bekannt, dass die Reibwertinformation nicht nur als Fahrerinformation ausgegeben wird, sondern auch an weitere Fahrzeug- oder Fahrerassistenzsysteme bereitgestellt wird, so dass diese den Betriebszustand entsprechend anpassen können. Beispielsweise können bei einem Niedrigreibwert höhere Abstände im ACC vorgesehen werden oder eine Kurvenwarnfunktion kann entsprechend angepasst werden.

10 Auf Basis des Raddrehzahlsignals können Reifenschlupf und Reifenschwingung analysiert und daraus eine Klassifizierung des Reibwerts vorgenommen werden. Der Vorteil liegt hierbei darin, dass diese Lösung in einem elektronischen Bremssystem (ESP) als reine Softwarelösung und damit kostengünstig
15 umgesetzt werden kann. Nachteilig ist, dass sich der Reibwert nicht vorausschauend, sondern erst nach Überfahren der Fahrbahnoberfläche ermitteln lässt.

DE 10 2008 047 750 A1 zeigt eine entsprechende Bestimmung eines Kraftschlusses mit wenigen Sensoren, bei der Dreh-
20 schwingungen eines Rads eines Fahrzeugs analysiert werden und auf Basis dieser Analyse ein Reibbeiwert abgeschätzt wird.

DE 10 2009 041 566 A1 zeigt ein Verfahren zur Ermittlung
25 eines Fahrbahnreibwerts μ , bei dem eine erste ständig aktualisierte Reibwertkenngröße und eine zweite lediglich situationsbedingt aktualisierte Reibwertgröße zu einem gemeinsamen Reibschätzwert verknüpft werden.

WO 2011/007015 A1 zeigt ein laserbasiertes Verfahren zur Reibwertklassifikation in Kraftfahrzeugen. Signale eines Lidar- bzw. CV-Sensors, die auf die Fahrbahnoberfläche gerichtet sind, werden hierzu ausgewertet und anschließend wird insbesondere anhand der Amplitude der vermessenen Fahrbahnoberfläche ein Reibwert zugeordnet. Es kann beispielsweise geschätzt werden, ob Schnee, Asphalt oder Eis die Fahrbahnoberfläche bilden.

10 Weiterhin ist bekannt, dass auf Basis einer oder mehrerer in einem Fahrzeug verfügbaren Kamera(s) eine Interpretation der bereitgestellten Bilder in einer Weise vorgenommen werden kann, dass auf die Fahrbahnoberfläche geschlossen werden kann (z.B. abhängig von Spiegelungen, Helligkeiten) und
15 auch hiermit eine Reibwertklassifizierung erfolgen kann. Da Umfeldkameras in Fahrerassistenzsystemen immer mehr Verbreitung finden (z.B. zur Erkennung Verlassen der Fahrspur, Erkennung von Verkehrszeichen und Objekten), kann auch diese Lösung kostengünstig als zusätzliche Software bereitgestellt werden. Der Vorteil liegt darin, dass auch vorausschauend der Reibwert geschätzt werden kann. Nachteilig ist, dass eine präzise Interpretation nicht durchgängig möglich ist, da Störungen (z.B. andere Fahrzeuge, Lichtquellen, etc.) die Interpretation erschweren können und damit
20 mit möglicherweise eine Fehlinterpretation erfolgen könnte.
25

WO 2012/110030 A2 zeigt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Reibwertschätzung mittels einer 3D-Kamera, z.B. einer Stereokamera. Mit der 3D-Kamera wird mindestens ein Bild
30 von der Umgebung des Fahrzeugs aufgenommen. Aus den Bilddaten

ten der 3D-Kamera wird im gesamten Fahrzeugvorfeld ein Höhenprofil der Straßenoberfläche erstellt. Aus dem Höhenprofil wird der zu erwartenden lokale Reibwert der Straßenoberfläche im Fahrzeugvorfeld geschätzt.

5

Die beschriebenen Ansätze auf Basis von Kamera- oder Reifendrehzahlsignalauswertungen weisen die dort beschriebenen Nachteile auf.

- 10 Insbesondere eine mögliche Fehlinterpretation der Kamerabilder soll durch die vorliegende Erfindung gelöst werden.

Eine Grundidee der erfindungsgemäßen Lösung ist eine Kombination bzw. Fusion der beiden Ansätze: Interpretation Raddrehzahlsignale und Interpretation des Umfeldkamerabildes.
15 Durch geeigneten Austausch und kombinierte Bewertung der Informationen beider Teilsysteme kann sowohl eine vorausschauende Reibwertbewertung erfolgen, als auch dabei die Gefahr von Fehlinterpretationen minimiert werden.

20

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Schätzung eines Reibwerts in einem fahrenden Fahrzeug sieht vor, dass Bilddaten einer vorausschauenden Fahrzeugkamera im Fahrzeug dahingehend ausgewertet werden, dass auf die Fahrbahnoberfläche geschlossen werden kann. Es erfolgt eine Reibwertklassifizierung aus den Kamera(bild-)daten, die einen Kamerareibwert μ_k liefert. Auf Basis eines Raddrehzahlsignals werden ein Reifenschlupf und eine Reifenschwingung analysiert. Aus dieser Analyse des Schwingungsverhaltens des Reifens wird
25 ein Anregungsspektrum durch die Fahrbahn ermittelt, welches
30

mit dem Reibwert korreliert. Daraus wird schließlich eine Klassifizierung des Reibwerts vorgenommen, die einen Radreibwert μ_w liefert. Eine derartige Analyse kann beispielsweise DE 10 2008 047 750 A1 entnommen werden. Die vorausschauende Reibwertschätzung erfolgt als eine Fusion von Kamera- und Radreibwert, wobei die vorausschauende Reibwertschätzung primär auf Basis des Kamerareibwerts μ_k erfolgt, der Radreibwert μ_w jedoch kontinuierlich zur Plausibilisierung des Kamerareibwerts μ_k berücksichtigt wird.

Eine Reibwertschätzung kann hierbei durchaus aus dem Kamerabild eines stehenden Fahrzeugs erzeugt werden. Eine Plausibilisierung dieser Reibwertschätzung ist aber nur während einer Fahrt des Fahrzeugs möglich.

Mit anderen Worten liefern beide Teilsysteme kontinuierlich ihren geschätzten Reibwert μ_k (Basis Kamera) und μ_w (Basis Raddrehzahlsensor) und bevorzugt eine dazugehörige Zuverlässigkeitsinformation an eine zentrale Auswerteeinheit (z.B. ein Software-Modul in einem Fahrerassistenz- oder elektronischem-Bremsen-Steuergerät). Dort erfolgt die vorausschauende Reibwertschätzung im Wesentlichen auf Basis des Kamerasignals $\mu = \mu_k$. Zur Erhöhung der Robustheit wird kontinuierlich auch μ_w herangezogen.

Die Kameradaten können vorteilhaft dahingehend ausgewertet werden, dass Nässe auf der Fahrbahn ermittelt wird.

Der Reibwert, auch Reibbeiwert, Kraftschlussbeiwert, (Haft-) Reibungszahl oder Reibungskoeffizient gibt an, wel-

che Kraft zwischen einer Fahrbahnoberfläche und einem Fahrzeugreifen (z.B. in Tangentialrichtung) maximal übertragen werden kann und ist somit ein wesentliches Maß für den Fahrbahnzustand. Neben dem Fahrbahnzustand sind Eigenschaften des Reifens zu einer vollständigen Bestimmung des Reibwerts erforderlich. Für eine Schätzung des Reibwerts z.B. aus Kamerabilddaten werden typischerweise nur Fahrbahnzustandsinformationen berücksichtigt, da im Allgemeinen aus Kamerabilddaten keine Reifeneigenschaften ermittelt werden können. Der Begriff Kamerareibwert bezeichnet insofern immer einen geschätzten Reibwert, der durch eine Klassifizierung der Fahrbahnzustände aus den Kameradaten ermittelt wird. Die Raddrehzahlssignale enthalten dagegen auch Informationen über den Reifenzustand. Typischerweise wird aber auch bei der Ermittlung des Radreibwerts eine Klassifikation vorgenommen, die unterschiedliche Fahrbahnzustände berücksichtigt.

Der Vorteil dieser Fusion liegt einerseits in der kostengünstigen Umsetzung. Andererseits ergänzen sich die Systeme vorteilhaft, da auf Basis der Raddrehzahlssignale sehr präzise schon kleine Unterschiede der Fahrbahnoberfläche (bei Überfahren) erkannt werden können, auch wenn diese möglicherweise im Bild nicht erkennbar waren. Umgekehrt können Störungen im Bild schnell als solche bestätigt werden, wenn nach Überfahren erkannt wird, dass sich der Fahrbahnbelag gar nicht geändert hatte.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird eine Synchronität des Kamerareibwerts μ_k und Radreibwerts μ_w unter Berücksichtigung

sichtigung der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs sichergestellt. Die Fahrzeugeigengeschwindigkeit dient hierbei dazu zu ermitteln, wann ein vorausliegender Fahrbahnabschnitt überfahren wird, dem bereits ein Kamerareibwert μ_k aus einem aktuellen Kamerabild zugeordnet ist. Zur Fusionierung müssen ja Kamera- und Radreibwertsbereiche in irgendeiner Weise zur Deckung gebracht werden, die zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht übereinstimmen können, weil die Kamera vorausschaut und die Fahrbahnoberfläche, auf der ein Reifen aktuell ruht nicht erfassen kann. Vorteilhaft werden auch andere Fahrzeugsensorinformationen zur Fahrzeugbewegung bzw. Odometrie- und Zeitinformationen herangezogen, um die Fahrzeugbewegung im Verhältnis zu den Bildbereichen zu ermitteln und somit die Synchronität sicherzustellen.

Vorteilhaft wird dem Kamerareibwert μ_k und dem Radreibwert μ_w jeweils eine dazugehörige Zuverlässigkeitsinformation zugeordnet, die bei der Fusionierung berücksichtigt werden kann.

Bevorzugt kann als vorausschauender Reibwert μ ein Kamerareibwert μ_k mit einer hohen Zuverlässigkeitsinformation sofort freigegeben werden. Bei einer niedrigen Zuverlässigkeitsinformation des Kamerareibwerts μ_k wird dagegen zunächst eine Bestätigung über den Radreibwert μ_w abgewartet. Sofern die Bestätigung erfolgt, kann der bestätigte Kamerareibwert freigegeben werden oder bei einer Abweichung kann ein gemittelter Wert ausgegeben werden. Bei der Mittelung kann die Zuverlässigkeitsinformation als Gewichtung hinzu-

gezogen werden. Bei einem Ausfall des Kamerareibwerts μ_k wird ausschließlich auf den Radreibwert μ_w zurückgegriffen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform besteht durch geeignete Fusion bzw. Auswertung der beiden Informationen bzw. Reibwertschätzwerte μ_k und μ_w die Möglichkeit, das Verfahren durch „Lernen“ (z.B. der typischen Störungen im Bild) während des Betriebs an die charakteristischen Einsatzbedingungen des Fahrzeugs bzw. des Fahrers anzupassen und damit die Verfügbarkeit und Robustheit zu erhöhen. Das Identifizieren und anschließende Lernen von typischen Störungen im Bild erfolgt insbesondere anhand der Plausibilisierung des Kamerareibwert μ_k mittels des Radreibwerts μ_w , wenn dabei eine Abweichung festgestellt wird. Nach perfektem Anlernen des Systems ist damit die Präzision der Reibwertschätzung wie sie die Raddrehzahlanalyse liefern kann auch vorausschauend erreichbar.

Die Kamera kann eine Monokamera, eine Stereokamera oder eine Kamera eines Rundumsichtkamarasystems sein, je nach Hauptverwendungszweck des Kamerasystems.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden Informationen des erfindungsmäßigen Verfahrens zur Reibwertschätzung weiteren Fahrerassistenzsystemen bzw. Fahrdynamikregelsystemen zur Verfügung gestellt und können dort in bekannter Weise dazu dienen, den Betriebszustand geeignet anzupassen (z.B. ACC Abstand). Als Informationen sind hierbei der vorausschauende Reibwert, der Kamerareibwert μ_k , der Radreib-

wert μ_w und/oder die zugeordneten Zuverlässigkeitsinformationen geeignet.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur
5 Schätzung eines Reibwerts in einem fahrenden Fahrzeug mit einer vorausschauenden Kamera, mindestens einem Raddrehzahlsensor und Auswertungsmittel.

Die Auswertungsmittel sind dazu ausgebildet, Bilddaten der Kamera dahingehend auszuwerten, dass auf die Fahrbahnober-
10 fläche geschlossen werden kann, und eine Reibwertklassifizierung vorzunehmen. Die Reibwertklassifizierung liefert einen Kamerareibwert μ_k . Der Raddrehzahlsensor übermittelt Raddrehzahl-signale an die Auswertungsmittel. Die Auswertungsmittel sind ferner dazu ausgebildet, auf Basis eines
15 Raddrehzahl-signals einen Reifenschlupf und eine Reifenschwingung zu analysieren und daraus eine Klassifizierung des Reibwerts vorzunehmen, die einen Radreibwert μ_w liefert. Die vorausschauende Reibwertschätzung erfolgt als eine Fusion von Kamerareibwert μ_k und Radreibwert μ_w , wobei
20 die vorausschauende Reibwertschätzung primär auf Basis des Kamerareibwerts μ_k erfolgt, wobei der Radreibwert μ_w kontinuierlich zur Plausibilisierung des Kamerareibwerts μ_k berücksichtigt wird. Die Auswertungsmittel können modular auf mehrere Auswertungseinheiten verteilt sein. Bevorzugt er-
25 folgt die Bildauswertung in einem Steuergerät des Kamerasystems, welches den Kamerareibwert μ_k an ein Bus-System ausgeben kann. Die Raddrehzahl-analyse erfolgt in einem EBS-Steuergerät, welches den Radreibwert μ_w an das Bus-System ausgeben kann. Die Fusion erfolgt unter Berücksichtigung
30 der Synchronität der Reibwertdaten z.B. in einem dritten

Steuergerät, welches die Reibwerte μ_k und μ_w vom Bus-System empfangen kann. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann die Herstellung der Synchronität von Reibwertdaten und anschließende Fusion im Steuergerät des Kamerasystems oder im EBS-Steuergerät durchgeführt werden, welches dazu den anderen Reibwert μ_w oder μ_k vom Bus-System empfangen kann. Es ist aber auch vorstellbar, dass eine zentrale Auswertungseinheit sämtliche Auswertungsmittel umfasst und die gesamten Auswertungsschritte durchführt.

10

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von einer Figur und Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Die einzige Fig. 1 zeigt beispielhaft ein Kamerabild einer vorausliegenden Fahrzeugumgebung, wie es von einer Frontkamera eines fahrenden Fahrzeugs aufgenommen worden ist. Aus demselben Bild können kamerabasierte Fahrerassistenzfunktionen realisiert werden, z.B. eine Spurverlassenswarnung (LDW, Lane Departure Warning), eine Spurhalteunterstützung (LKA/LKS, Lane Keeping Assistance/System), eine Verkehrszeichenerkennung (TSR, Traffic Sign Recognition), eine automatische Fernlichtsteuerung (IHC, Intelligent Headlamp Control), eine Kollisionswarnung (FCW, Forward Collision Warning), eine Niederschlagserkennung, eine automatische Längsregelung (ACC, Adaptive Cruise Control), eine Einparkunterstützung, automatische Notbrems- oder Notlenksysteme (EBA, Emergency Brake Assist oder ESA, Emergency Steering Assist).

Auf dem Kamerabild (Grauwertbild einer monokularen Kamera) ist eine spiegelnde Fahrbahnoberfläche zu erkennen. Spiege-

30

lungseffekte auf der Fahrbahnoberfläche können aus dem Kamerabild erkannt werden, da Bäume (oder allgemein die Umgebung) auf der Fahrbahnoberfläche gespiegelt erscheinen.

Die Spiegelung an der Fahrbahnoberfläche kann unterschiedliche Ursachen haben: eine regennasse Fahrbahnoberfläche spiegelt, aber auch ein trockener neuer Fahrbahnbelag kann zu Spiegelungen führen. Einem Fahrbahnabschnitt, der Spiegelungen aufweist wird in einem Kamerabild ein anderer Reibwert μ_k zugeordnet als einem Fahrbahnabschnitt, der nicht spiegelt. Jedoch unterscheiden sich tatsächliche Reibwerte für regennasse Fahrbahnoberflächen deutlich von Reibwerten für trockene Fahrbahnoberflächen mit einem neuen Fahrbahnbelag.

Im Problemfall der spiegelnden Neufahrbahn würde also zunächst der aus dem Kamerabild abgeschätzte Reibwert μ_k als unsicher eingestuft werden müssen. Nach einem Überfahren und Auswerten des aus einem Raddrehzahlsignal gewonnenen Reibwerts μ_w für einen solchen Fahrbahnabschnitt würde diese „Störung“ vom System gelernt und in der Folge könnte μ_k entsprechend korrekt und zuverlässig ermittelt werden. Dieses Nachlernen durch Plausibilisierung ist ein wesentlicher Vorteil der Erfindung.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Schätzung eines Reibwerts in einem fahrenden Fahrzeug, wobei Bilddaten einer vorausschauenden Kamera im Fahrzeug dahingehend ausgewertet werden, dass auf die Fahrbahnoberfläche geschlossen werden kann und eine Reibwertklassifizierung erfolgt, die einen Kamerareibwert μ_k liefert, dadurch gekennzeichnet, dass auf Basis eines Raddrehzahlsignals ein Reifenschlupf und eine Reifenschwingung analysiert werden und daraus eine Klassifizierung des Reibwerts vorgenommen wird, die einen Radreibwert μ_w liefert, wobei die vorausschauende Reibwertschätzung eine Fusion von Kamera- und Radreibwert darstellt, wobei die vorausschauende Reibwertschätzung primär auf Basis des Kamerareibwerts μ_k erfolgt, wobei der Radreibwert μ_w kontinuierlich zur Plausibilisierung des Kamerareibwerts μ_k berücksichtigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Synchronität des Kamerareibwerts μ_k und Radreibwerts μ_w unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs sichergestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei dem Kamerareibwert μ_k und Radreibwert μ_w jeweils eine dazugehörige Zuverlässigkeitsinformation zugeordnet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als vorausschauender Reibwert ein Kamerareibwert μ_k mit einer hohen Zuverlässigkeitsinformation sofort freigegeben wird, bei einer niedrigen Zuverlässigkeitsinformation des Kamerareibwerts μ_k wird zunächst eine Bestätigung über den Radreibwert μ_w abgewartet und bei einem Ausfall des Kamerareibwerts μ_k wird ausschließlich auf den Radreibwert μ_w zurückgegriffen.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches durch Lernen, insbesondere von typischen Störungen im Kamerabild, die anhand der Plausibilisierung des Kamerareibwert μ_k mittels des Radreibwerts μ_w identifiziert werden können, an charakteristische Einsatzbedingungen des Fahrzeugs und/oder des Fahrers angepasst wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als Kamera eine Monokamera verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als Kamera eine Stereokamera verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als Kamera eine Kamera eines Rundumsichtsystems verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der vorausschauende Reibwert, der Kamerareibwert μ_k und/oder der Radreibwert μ_w an weitere Fahrerassis-

tenzsysteme oder Fahrdynamikregelsysteme ausgegeben wird.

10. Vorrichtung zur Schätzung eines Reibwerts in einem fahrenden Fahrzeug umfassend eine vorausschauende Kamera, mindestens einen Raddrehzahlsensor und Auswertungsmittel, wobei die Auswertungsmittel dazu ausgebildet sind, Bilddaten der Kamera dahingehend auszuwerten, dass auf die Fahrbahnoberfläche geschlossen werden kann und eine Reibwertklassifizierung vorzunehmen, die einen Kamerareibwert μ_k liefert, dadurch gekennzeichnet, dass der Raddrehzahlsensor Raddrehzahl-signale an die Auswertungsmittel übermittelt und die Auswertungsmittel ferner dazu ausgebildet sind, auf Basis eines Raddrehzahl-signals einen Reifenschlupf und eine Reifenschwin-gung zu analysieren und daraus eine Klassifizierung des Reibwerts vorzunehmen, die einen Radreibwert μ_w liefert, wobei die vorausschauende Reibwertschätzung als eine Fusion von Kamera- und Radreibwert erfolgt, wobei die vorausschauende Reibwertschätzung primär auf Basis des Kamerareibwerts μ_k erfolgt, wobei der Rad-reibwert μ_w kontinuierlich zur Plausibilisierung des Kamerareibwerts μ_k berücksichtigt wird.

1/1

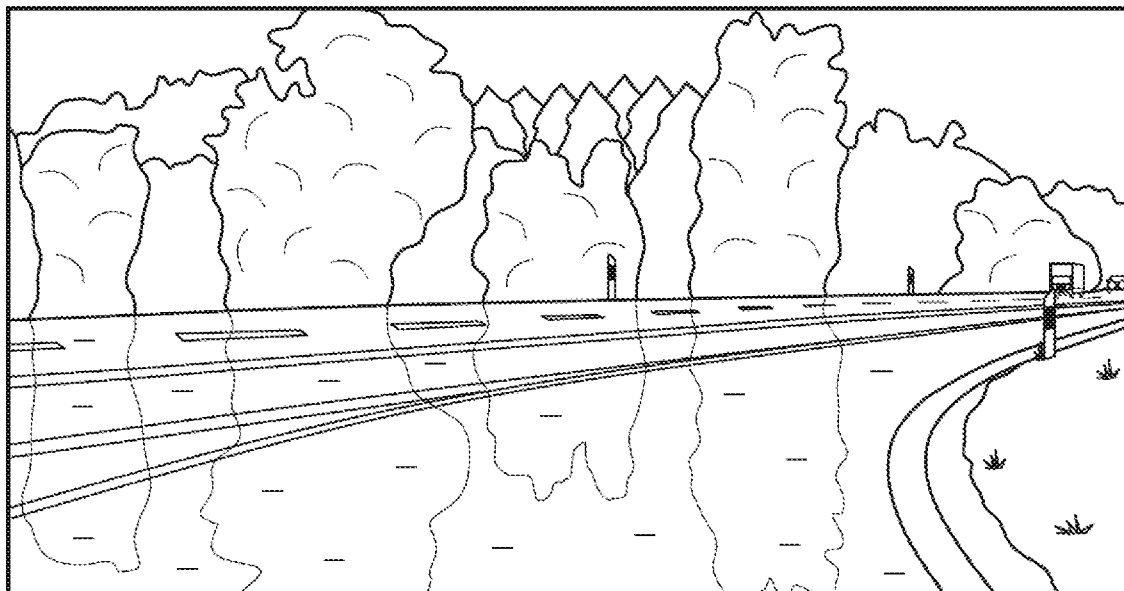


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2013/200340

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B60W40/068

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)

B60W

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.
Y	EP 0 412 791 A2 (LUCAS IND PLC [GB]) 13 February 1991 (1991-02-13) column 3, line 56 - column 9, line 54 claim 1	1-10
Y	----- DE 10 2008 047750 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 7 May 2009 (2009-05-07) cited in the application paragraphs [0007], [0008], [0014], [0021], [0023]	1-10
Y	----- EP 1 201 521 A1 (FUJI HEAVY IND LTD [JP]) 2 May 2002 (2002-05-02) paragraphs [0021], [0026], [0030] -----	1-10



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

17 April 2014

Date of mailing of the international search report

29/04/2014

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

Müller-Nagy, Andrea

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2013/200340

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 0412791	A2	13-02-1991	EP 0412791 A2	13-02-1991
		JP H03189259 A		19-08-1991

DE 102008047750	A1	07-05-2009	NONE	

EP 1201521	A1	02-05-2002	DE 60100399 D1	31-07-2003
			DE 60100399 T2	05-02-2004
			EP 1201521 A1	02-05-2002
			JP 3271963 B1	08-04-2002
			JP 2002127882 A	09-05-2002
			US 2002072841 A1	13-06-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2013/200340

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B60W40/068
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B60W

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.
Y	EP 0 412 791 A2 (LUCAS IND PLC [GB]) 13. Februar 1991 (1991-02-13) Spalte 3, Zeile 56 - Spalte 9, Zeile 54 Anspruch 1	1-10
Y	DE 10 2008 047750 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 7. Mai 2009 (2009-05-07) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0007], [0008], [0014], [0021], [0023]	1-10
Y	EP 1 201 521 A1 (FUJI HEAVY IND LTD [JP]) 2. Mai 2002 (2002-05-02) Absätze [0021], [0026], [0030]	1-10



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

17. April 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/04/2014

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

Müller-Nagy, Andrea

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2013/200340

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0412791 A2	13-02-1991	EP 0412791 A2	13-02-1991
		JP H03189259 A	19-08-1991

DE 102008047750 A1	07-05-2009	KEINE	

EP 1201521 A1	02-05-2002	DE 60100399 D1	31-07-2003
		DE 60100399 T2	05-02-2004
		EP 1201521 A1	02-05-2002
		JP 3271963 B1	08-04-2002
		JP 2002127882 A	09-05-2002
		US 2002072841 A1	13-06-2002
