

(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  
20. Januar 2011 (20.01.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/007015 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*B60W 40/06* (2006.01) *G01N 21/21* (2006.01)  
*B60R 16/02* (2006.01) *G08B 19/02* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/060416

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. Juli 2010 (19.07.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2009 033 745.8 17. Juli 2009 (17.07.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG** [DE/DE]; Guerickestraße 7, 60488 Frankfurt (DE). **CONTINENTAL Engineering Services GmbH** [DE/DE]; Graf-Vollrath-Weg 6, 60489 Frankfurt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GROITZSCH, Stephan** [DE/DE]; Rosenbrunnenstraße 26/1, 69469 Weinheim (DE). **SCHORN, Matthias** [DE/DE]; Dornwegshöhstraße 2a, 64367 Maintal (DE). **FISCHER, Daniel** [DE/DE]; Amselweg 6, 65824 Schwalbach (DE). **STÖLZL, Stephan** [DE/DE]; Lärchenweg 4, 69469 Weinheim (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG**; Guerickestraße 7, 60488 Frankfurt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LASER-BASED METHOD FOR THE FRICTION COEFFICIENT CLASSIFICATION OF MOTOR VEHICLES

(54) Bezeichnung : LASERBASIERTES VERFAHREN ZUR REIBWERTKLASSIFIKATION IN KRAFTFAHRZEUGEN

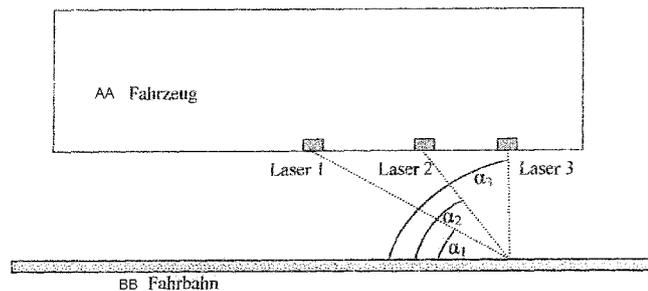


Fig. 1

AA Vehicle  
BB Roadway

(57) Abstract: The invention relates to a sensor array for detecting a friction coefficient of a roadway surface, wherein the sensor array is disposed on a motor vehicle and comprises at least one radiation emitter unit and at least one electronic evaluation circuit, wherein the radiation emitter unit emits electromagnetic radiation toward the roadway surface, and the radiation is at least partially reflected and/or scattered by the roadway surface, and the reflected and/or scattered radiation is at least partially detected in the radiation emitter unit and/or in one or more additional sensor units, wherein the electronic evaluation circuit is designed such that it determines friction coefficient information of the roadway surface from the intensity of the reflected and/or scattered radiation or a variable dependent thereon.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/007015 A1



---

Sensoranordnung zur Erfassung des Reibwerts einer Fahrbahnoberfläche, wobei die Sensoranordnung an einem Kraftfahrzeug angeordnet ist und zumindest eine Strahlungsemittereinheit und wenigstens eine elektronische Auswerteschaltung umfasst, wobei die Strahlungsemittereinheit elektromagnetische Strahlung zur Fahrbahnoberfläche hin emittiert und die Strahlung an der Fahrbahnoberfläche zumindest teilweise reflektiert und/oder gestreut wird und die reflektierte und/oder gestreute Strahlung zumindest teilweise in der Strahlungsemittereinheit und/oder in einer oder mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten erfasst wird, wobei die elektronische Auswerteschaltung so ausgelegt ist, dass sie aus der Intensität der reflektierten und/oder gestreuten Strahlung oder einer davon abhängigen Größe, eine Reibwert-Information der Fahrbahnoberfläche ermittelt.

## **Laserbasiertes Verfahren zur Reibwertklassifikation in Kraftfahrzeugen**

Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung gemäß Oberbegriff von Anspruch 1 sowie ein Verfahren gemäß Oberbegriff von Anspruch 11.

Moderne elektronische Fahrerassistenz- und Fahrdynamiksysteme sind häufig darauf angewiesen, auf eine Information über den Kraftschlussbeiwert zwischen Fahrbahn und Reifen zuzugreifen oder zumindest Annahmen zu treffen. Beispielhaft sei ein Fahrerassistenzsystem zur Vermeidung von Unfällen genannt. Bei einem solchen System ist es von großer Bedeutung, den Kraftschlussbeiwert zu kennen und bei der Berechnung von Warn- und Eingriffszeitpunkten zu berücksichtigen. Wird der Kraftschlussbeiwert als zu niedrig angenommen, würde das System zu früh warnen bzw. eingreifen, und auf diese Weise den Fahrer bevormunden. Entsprechend ausgelegte Systeme würden von Fahrern nur schwerlich akzeptiert werden. Wird der Kraftschlussbeiwert zu hoch angenommen, warnt bzw. greift das System zu spät ein, so dass beispielsweise eine Kollision möglicherweise nicht mehr verhindert werden kann.

Neben dem genannten Beispiel gibt es zahlreiche weitere Fahrerassistenz- und Fahrdynamiksysteme, deren Systemverhalten sich durch eine Information über den Kraftschlussbeiwert verbessern ließe. Des Weiteren kann der Fahrer über einen

- 2 -

schlechten Fahrbahn-Reifen-Kontakt informiert werden, um seine Fahrweise dementsprechend anpassen zu können.

Folgende Ansätze werden derzeit in Elektronischen Bremssystemen eingesetzt, um den Kraftschlussbeiwert vorzugeben bzw. zu ermitteln:

- Annahme eines festen Wertes für den Kraftschlussbeiwert
- Indirekte Bestimmung des Kraftschlussbeiwertes mittels mathematischer Verfahren aus anderen im Fahrzeug (direkt) gemessenen Größen. Bei der Schätzung des Kraftschlussbeiwertes können beispielsweise nichtlineare Zustandsschätzer oder Kalman-Filter zum Einsatz kommen.

Die erstgenannte Vorgehensweise durch Annahme eines festen Kraftschlussbeiwertes kommt bei einigen Systemen zur Anwendung, unter anderem bei Fahrerassistenzsystemen zur Vermeidung von Unfällen. In der Regel wird beispielsweise bei den Berechnungen der Warn- und/oder Eingriffszeitpunkte ein idealer Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn angenommen. Dies kann dazu führen, dass bei niedrigem Kraftschlussbeiwert zu spät gewarnt/eingegriffen wird - eine Kollision kann nicht verhindert werden.

Das als zweites genannte Verfahren findet beispielsweise bei Fahrdynamikregelungen Anwendung. Hierbei wird auf Basis direkt gemessener Fahrzeuggrößen eine Abschätzung des ausgenutzten Kraftschlussbeiwertes durchgeführt. Sofern dynamische Fahrsituationen vorliegen, lassen sich verhältnismäßig gute Ergebnisse erzielen. Befindet sich das Fahrzeug aber in einer Fahrsituation mit lediglich geringen Beschleunigungen,

- 3 -

so führen diese Ansätze nicht mehr unbedingt zu dem gewünschten Erfolg, da der ausgenutzte Kraftschlussbeiwert in diesem Fall erheblich kleiner ist, als der reale.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, eine Sensoranordnung und ein Verfahren vorzuschlagen, mit welchem eine relativ präzise Ermittlung einer Reibwert-Information der Fahrbahnoberfläche ermöglicht wird, insbesondere auch in gleichförmigen Fahrzuständen des Kraftfahrzeugs.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 sowie durch das Verfahren gemäß Anspruch 11.

Unter der Reibwert-Information wird vorzugsweise ein Kraftschlussbeiwert verstanden.

Es ist bevorzugt, dass die elektronische Auswerteschaltung so ausgelegt ist, dass sie die Intensitätswerte oder davon abhängige Größen, welche bei Erfassung der reflektierten und/oder gestreuten Strahlung durch die wenigstens eine Strahlungsemittereinheit und/oder die eine oder mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten bereitgestellt werden, in einer Klassifikatoreinheit klassifiziert, wobei die Klassifikatoreinheit die Reibwert-Information, als Reibwert oder Reibwerttyp oder ein Reibwertintervall, berechnet und insbesondere wenigstens eine Güte-Information bereitstellt, welche eine Information über die Aussagekraft und/oder die Zuverlässigkeit der Reibwert-Information beinhaltet.

- 4 -

Die Klassifikatoreinheit der elektronischen Auswerteschaltung ist zweckmäßigerweise so ausgelegt, dass sie eine Frequenzanalyse der Strahlungserfassungs-Ausgangssignale der zumindest einen Strahlungsemittereinheit und/oder der einen oder mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten durchführt und insbesondere nach der Frequenzanalyse ein Energieverteilungsmuster bezogen auf einen oder mehrere definierte Frequenzbereiche und/oder bezogen auf Energieniveaus in definierten Frequenzbändern erkennt und/oder erfasst und diesem Energieverteilungsmuster unter Berücksichtigung von Referenzkriterien und/oder Referenzenergieverteilungsmustern die Reibwert-Information zuordnet.

Unter den Strahlungserfassungs-Ausgangssignalen werden vorzugsweise die Ausgangssignale der wenigstens einen Strahlungsemittereinheit und/oder der einen oder der mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten verstanden, die von der erfassten reflektierten und/oder gestreuten Strahlung abhängen bzw. diese codieren bzw. die entsprechend erfasste Intensität dieser Strahlung codieren. Die Strahlungserfassungs-Ausgangssignale sind insbesondere digitale Signale bzw. Wertefolgen.

Die Klassifikatoreinheit der elektronischen Auswerteschaltung ist zweckmäßigerweise so ausgelegt, dass sie in Abhängigkeit der Varianz und/oder der Standardabweichung, insbesondere mittels einer Fuzzylogik gewichtet, der Strahlungserfassungs-Ausgangssignale der zumindest einen Strahlungsemittereinheit und/oder der einen oder der mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten die Güte-Information bestimmt.

- 5 -

Die Klassifikatoreinheit der elektronischen Auswerteschaltung ist vorzugsweise so ausgelegt, dass sie zur Bestimmung der Güte-Information weitere Parameter zur Plausibilisierung der Reibwert-Information, wie beispielsweise bzw. zumindest einen der folgenden Parameter; eine Temperaturinformation und/oder eine Regensensorinformation und/oder eine Zeit-/Datumsinformation, berücksichtigt.

Es ist bevorzugt, dass die Sensoranordnung mehrere Strahlungsemittereinheiten aufweist, welche von einander um einen definierten Weg beabstandet, bezogen auf eine Parallele zur Fahrbahnoberfläche, im Fahrzeug angeordnet sind, wobei diese Strahlungsemittereinheiten alle im Wesentlichen auf einen gemeinsamen Punkt oder auf ein gemeinsames Zielgebiet der Fahrbahnoberfläche gerichtet sind.

Alternativ vorzugsweise weist die Sensoranordnung mehrere Strahlungsemittereinheiten in einer gemeinsamen Clustereinheit integriert auf, wobei diese Strahlungsemittereinheiten jeweils auf verschiedene Punkte der Fahrbahnoberfläche gerichtet sind.

Es ist bevorzugt, dass die eine oder die mehreren Strahlungsemittereinheiten, ein bzw. jeweils ein Laserelement umfassen, welches die Strahlung emittiert, und insbesondere ein Photoelement, welches die reflektierte und/oder gestreute Strahlung erfasst.

- 6 -

Es ist zweckmäßig, dass das Photoelement als Photodiode ausgebildet ist und insbesondere die eine oder die mehreren Strahlungsemittereinheiten oder jede Strahlungsemittereinheit als Vertikal-Kavitäts-Oberflächenemittierender-Laser, „Vertical Cavity Surface Emitting Laser“ mit integrierter Photodiode ausgebildet ist.

Alternativ vorzugsweise umfasst eine oder mehrere der Strahlungsemittereinheiten ein bzw. jeweils ein Laserelement, dass die Strahlung sowohl emittiert als auch sensiert bzw. erfasst, insbesondere durch Überlagerung im Laser. Dazu weist die Strahlungsemittereinheit besonders bevorzugt kein zusätzliches Sensorelement auf.

Die Sensoranordnung ist vorzugsweise so ausgebildet, dass sie zusätzlich aus der an der Fahrbahnoberfläche reflektierten Strahlung zumindest eine Geschwindigkeit, insbesondere die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit, des Kraftfahrzeugs relativ zur Fahrbahnoberfläche ermittelt und/oder den Abstand des Fahrzeugchassis zur Fahrbahnoberfläche ermittelt, besonders bevorzugt wird hierzu dieselbe Strahlungsemittereinheit und dieselbe elektronische Auswerteschaltung verwendet. Ganz besonders bevorzugt ist die Sensoranordnung sowohl zur Erfassung einer Fahrzeuggeschwindigkeit sowie des Abstands des Fahrzeugchassis zur Fahrbahnoberfläche ausgebildet, wobei jeweils zwischen diesen Erfassungen umgeschaltet wird.

Die elektronische Auswerteschaltung ist bevorzugt zur Bestimmung der Reibwert-Information und/oder der Güte-Information mit einer zentralen elektronischen Kontrollein-

- 7 -

heit, insbesondere eines Kraftfahrzeugregelungssystems bzw. Kraftfahrzeugbremssystems, verbunden.

Die Klassifikatoreinheit umfasst eingangsseitig bevorzugt einen Tiefpass.

Die Sensoranordnung erfasst vorzugsweise die reflektierte und die gestreute Strahlung im Wesentlichen in separaten Einheiten, insbesondere in Strahlungsemittereinheiten und zusätzlichen Sensoreinheiten, die hierzu in Bezug zu einer Fahrbahnoberflächenparallelen zueinander versetzt bzw. beabstandet angeordnet sind.

Die Klassifikatoreinheit ist zweckmäßigerweise so ausgebildet, dass sie im Wesentlichen die Strahlungserfassungsausgangssignale der Einheiten, die vornehmlich die reflektierte Strahlung erfassen und dabei besonders bevorzugt dieselbe Einheit ist bzw. dieselben Einheiten sind, welche die Strahlung emittiert/emittieren, oder in direkter Nähe der emittierenden Einheit/en angeordnet sind, und der Einheiten, die vornehmlich die gestreute Strahlung erfassen und dabei besonders bevorzugt in einem definierten Abstand zur emittierenden Einheit bzw. den emittierenden Einheiten angeordnet sind, separat verarbeitet, zumindest separat vorverarbeitet, wonach gemeinsam die Reibwert-Information und/oder die Güte-Information ermittelt wird.

Die zumindest eine Strahlungsemittereinheit ist vorzugsweise als Laser ausgebildet, welcher monochromes, kontinuierliches, infrarotes Laserlicht emittiert.

- 8 -

Die vorliegende Erfindung beschreibt vorzugsweise eine beispielhafte Sensoranordnung und ein beispielhaftes Verfahren, mit deren Hilfe sich die Schätzung des Kraftschlussbeiwertes verbessern lässt, so dass sich auch in nicht-dynamischen Fahrsituationen eine zuverlässige und robuste Klassifikation des Kraftschlusses zwischen Fahrbahn und Reifen durchführen lässt. Das genannte Verfahren kann zur Bestimmung des Kraftschlussbeiwertes zwischen Reifen und Fahrbahn bzw. zur Abschätzung einer Kraftschlussbeiwertklasse basierend auf den Reflektions- und Absorptionseigenschaften der Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche in Verbindung mit einem Zwischenmedium (z.B. Wasser) angewandt werden. Zur Erlangung einer höheren Robustheit können bereits existierende Schätz- und/oder Messverfahren durch die genannte Eingangsinformation ergänzt werden.

Als spezielle Ausgestaltungsform ist die Sensoranordnung bevorzugt so ausgebildet bzw. die mindestens eine Strahlungsemittereinheit so angeordnet und ausgerichtet, dass die Fahrbahnoberfläche vor dem Fahrzeug abgetastet wird, um somit eine Vorausschau auf den kommenden Kraftschlussbeiwert zu erhalten. Auf diese Weise kann auf sich ändernde Kraftschlussbeiwerte besser reagiert werden.

Zweckmäßigerweise ist die wenigstens eine Strahlungsemittereinheit sowohl Emitter als auch Empfänger bzw. Sensor. In diesem Fall ergibt sich durch die relative Bewegung zwischen Emitter und Fahrbahnoberfläche in Strahlrichtung eine Frequenzverschiebung des reflektierten Lichts, die auch als

- 9 -

„Doppler-Effekt“ bekannt ist. Dieses Messverfahren zeichnet sich dadurch aus, dass der Laseremitter gleichzeitig als Messzelle verwendet wird und dort ausgesendete und empfangene Photonen interferieren („self-mixing“). Beispielsweise mittels Frequenzanalyse wird aus dem Interferenzsignal die Differenzfrequenz zwischen emittierten und reflektierten Photonen ermittelt. Aus der Amplitude der im Spektrum vorhandenen Frequenzen kann eine Aussage über die Reflektivität des Untergrunds abgeleitet werden. Ein solches „self-mixing“ Lasersystem ist beispielsweise ein Vertikal-Kavitäts-Oberflächenemittierender-Laser.

Die Vorteile des beispielhaft vorgeschlagenen Verfahrens und der beispielhaften Sensoranordnung gegenüber anderen optischen Verfahren sind beispielsweise:

- Das verwendete IR-Licht ist für Menschen nicht sichtbar und kann damit andere Verkehrsteilnehmer nicht stören.
- Ausgesendete und reflektierte Photonen stehen in einer exakten Phasenbeziehung zueinander (kohärentes Laserlicht), wodurch andere Quellen, selbst die mit der gleichen Frequenz, von der Messzelle nicht erfasst werden.
- Die beschriebene Technologie ist inzwischen hochintegriert verfügbar, was eine kostengünstige Realisierung und eine leichte Integration in das Fahrzeug ermöglicht.
- Die Tatsache, dass Sende- und Messeinheit in einem Bauteil integriert sind, reduziert die Kosten und erhöht die Präzision.
- Die vom Laser abgestrahlte Leistung kann bei dieser Technologie so niedrig gewählt werden, dass auch bei direkter

- 10 -

Einstrahlung in das menschliche Auge (z.B. Mechaniker) keine Schäden entstehen.

- Der geringe Strahldurchmesser des fokussierten Lasers erfordert nur kleine „Austrittsfenster“, wodurch sich das System leicht vor Verschmutzung schützen lässt.
- Durch die kostengünstige, miniaturisierte Bauweise der VCSEL lassen sich in einem Bauteil mehrere Laser integrieren, wodurch mehrere und/oder redundant Messrichtungen erfasst werden können.

Über eine bevorzugte, geeignete geometrische Anordnung mehrerer Laser kann die Rückstreuung bzw. Reflektion unter verschiedenen Einstrahlwinkeln erfasst werden. Hierdurch kann ein Rückstreuungsprofil in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels erzeugt werden, welches charakteristisch für die Beschaffenheit einer jeden Fahrbahnoberfläche ist. Während beispielsweise bei rauen Oberflächen ein nahezu homogenes Rückstrahlungsprofil (ähnliche Rückstreuung unter allen Winkeln) zu erwarten ist, zeigt sich bei glatten Oberflächen bei spitzen Auftreffwinkeln eine geringere Rückstreuung als bei stumpfen (idealer Spiegel: Rückstreuung bzw. Reflexion nur bei senkrechtem Auftreffen von Laserstrahl auf Fahrbahn).

Auf Basis der unterschiedlich starken Rückstreuungen unter den Einfallswinkeln, unter den gemessen wird, ist beispielhaft eine Bestimmung der vorherrschenden Kombination von Reflexivität/Rauhigkeit des Untergrundes und des sich auf der Fahrbahn befindenden Zwischenmediums möglich. Mit Hilfe dieser Informationen kann ein Rückschluss auf den bei Verwen-

- 11 -

derung üblicher Luftgummireifen vorherrschenden Kraftschluss zwischen Fahrbahn und Reifen gezogen werden.

Weitere Möglichkeiten/ bevorzugte Verfahrensschritte zur Signalauswertung sind:

- Frequenzanalyse des Amplitudensignals: Es steht zu erwarten, dass verschiedene Untergründe verschiedene Reflexionsmuster aufweisen, die sich im Spektrum niederschlagen.
- Standardabweichung des Amplitudensignals: Es steht zu erwarten, dass verschiedene Untergründe verschiedene Standardabweichungen aufweisen.
- Verwendung von Filtern mit bestimmten Frequenzverlauf: Es steht zu erwarten, dass charakteristische Information zum Reibwert in einem bestimmten Frequenzbereich vorliegt, der gezielt aus dem Amplitudensignal extrahiert wird.
- Das Entfernungssignal eines Sensors gibt Auskunft über die Rauigkeit der Fahrbahn. Raue Fahrbahnen haben unterschiedliche Reibwerte, bzw. könnte dies ein Indiz für losen Schnee oder Schotter sein.
- Das Amplitudensignal kann auch relativ verwendet werden: Ist aus einem anderen System zur Reibwertschätzung der aktuelle Reibwert bekannt, und das Amplitudensignal weist einen Sprung auf, so kann auf einen schnellen Reibwertsprung geschlossen werden.

Es ist zweckmäßig, dass die Sensoranordnung mindestens einen CV-Sensor (Closing Velocity Sensor) zur Fahrbahnoberflächen- erfassung aufweist. Unter einem CV-Sensor wird insbesondere ein Sensor verstanden, der sonst zur Abstandmessung zwischen Fahrzeugen in einem Fahrzeug montiert, verwendet wird.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den nachfolgenden Beschreibungen von Ausführungsbeispielen an Hand von Figuren.

Es zeigen in schematischer, beispielhafter Darstellung

- Fig. 1 eine Sensoranordnung mit drei Lasersensoren Laser 1 -3, als Strahlungsemittereinheiten,
- Fig. 2 eine Sensoranordnung umfassend eine Clustereinheit bzw. ein Lasersensorcluster,
- Fig. 3 Signalverarbeitung bzw. Verfahrensablaufdiagramm zur Reibwertklassifizierung mit einem optischen Sensor,
- Fig. 4 Klassifizierung von verschiedenen Fahrbahnoberflächen mit einem CV-Sensor (Closing Velocity Sensor), und
- Fig. 5 einen beispielhaften Signalverlauf der Reibwertklassifizierung mit einer beispielhaften Sensoranordnung, beispielgemäß mit einem CV-Sensor.

Beispielgemäß sollten alle Laser-Strahlen bzw. die Laserstrahlen der Laser 1 -3 sich in einem Punkt auf den Untergrund treffen wie in Fig. 1 dargestellt, um das Rückstreuungsprofil in exakt diesem Punkt zu erhalten. In einer alternativen, beispielhaften Ausführungsform wird ein Laser-

- 13 -

sensorcluster (Gehäuse) mit mehreren Laseremittern und -sensoren verwendet, bei dem die unterschiedlichen Laserstrahlen von (annähernd) einem Punkt abgestrahlt werden, wie anhand der Fig. 2 veranschaulicht, aufgrund der unterschiedlichen Winkel allerdings nicht in einem Punkt auf der Fahrbahn auftreffen. Unter der Annahme, dass die Fahrbahnbeschaffenheit homogen sei, können entsprechende Effekte vernachlässigt werden.

Die Signalauswertung eines Systems zur Reibwertschätzung ist beispielhaft Fig. 3 dargestellt, wobei die Funktionsblöcke Plausibility Check und Intensity Classifier der Klassifikatoreinheit der elektronischen Auswerteschaltung angehören bzw. Teil dieser Schaltung sind. Zunächst findet eine Plausibilisierung statt. Hierbei wird sichergestellt, dass nur Messwerte verwendet werden, bei denen tatsächlich die Fahrbahn vermessen wird. Erfasst der Sensor beispielsweise die Geschwindigkeit, so ist zu überprüfen, dass die gemessene Geschwindigkeit im gleichen Bereich liegt wie die Geschwindigkeit, die beispielsweise von Raddrehzahlsensoren gemessen wird. Erfasst der Sensor beispielsweise den Abstand, so ist zu überprüfen, dass der gemessene Abstand im Bereich des typischen Abstands Sensor-Fahrbahn liegt.

Im zweiten Schritt wird aus dem plausibilisierten Signal die Fahrbahnsituation und somit indirekt der Reibwert klassifiziert. Das Hauptmerkmal stellt dabei die Amplitude dar. Wie in Fig. 4 dargestellt, lassen sich Amplitudenbereiche verschiedenen Fahrbahnbeschaffenheiten zuordnen. Diese Zuordnung könnte beispielsweise durch ein Fuzzy-Logik-Modul er-

folgen. Jedem Amplitudenbereich ist dabei ein Reibwert zugeordnet, der in den Bereichübergängen anteilig gewichtet wird.

Zur Beschreibung des Effektes wurden zunächst die in Fig. 4 angegebenen Fahrbahnoberflächen vermessen. Die Punkte stellen jeweils den Mittelwert und die Fehlerbalken die Standardabweichung einer Messung dar, wobei Messungen 1-4 und 13 längere Fahrten á 20 Minuten darstellen. Es ist eine deutliche Unterscheidbarkeit der verschiedenen Fahrbahnen zu erkennen.

Fig. 5 zeigt den zeitlichen Verlauf des Signals bzw. des Ausgangssignals des CV-Sensors. Auch hier ist eine deutliche und zudem sehr schnelle Erkennung der verschiedenen Untergründe zu erkennen. Insbesondere kann in der oberen Darstellung selbst ein mehrfacher  $\mu$ -Sprung erkannt werden, wobei die Asphaltflächen nur ca. 5m lang waren.

## Patentansprüche

1. Sensoranordnung zur Erfassung des Reibwerts einer Fahrbahnoberfläche, wobei die Sensoranordnung an einem Kraftfahrzeug angeordnet ist und zumindest eine Strahlungsemittereinheit und wenigstens eine elektronische Auswerteschaltung umfasst, wobei die Strahlungsemittereinheit elektromagnetische Strahlung zur Fahrbahnoberfläche hin emittiert und die Strahlung an der Fahrbahnoberfläche zumindest teilweise reflektiert und/oder gestreut wird und die reflektierte und/oder gestreute Strahlung zumindest teilweise in der Strahlungsemittereinheit und/oder in einer oder mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten erfasst wird, dadurch **gekennzeichnet**, dass die elektronische Auswerteschaltung so ausgelegt ist, dass sie aus der Intensität der reflektierten und/oder gestreuten Strahlung oder einer davon abhängigen Größe, eine Reibwert-Information der Fahrbahnoberfläche ermittelt.
2. Sensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass die elektronische Auswerteschaltung so ausgelegt ist, dass sie die Intensitätswerte oder davon abhängige Größen, welche bei Erfassung der reflektierten und/oder gestreuten Strahlung durch die wenigstens eine Strahlungsemittereinheit und/oder die eine oder mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten bereitgestellt werden, in einer Klassifikatoreinheit klassifiziert, wobei die Klassifikatoreinheit die Reibwert-Information, als Reibwert

oder Reibwerttyp oder ein Reibwertintervall, berechnet und insbesondere wenigstens eine Güte-Information bereitstellt, welche eine Information über die Aussagekraft und/oder die Zuverlässigkeit der Reibwert-Information beinhaltet.

3. Sensoranordnung nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Klassifikatoreinheit der elektronischen Auswerteschaltung so ausgelegt ist, dass sie eine Frequenzanalyse der Strahlungserfassungs-Ausgangssignale der zumindest einen Strahlungsemittereinheit und/oder der einen oder mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten durchführt und insbesondere nach der Frequenzanalyse ein Energieverteilungsmuster bezogen auf einen definierten Frequenzbereich und/oder bezogen auf Energieniveaus in definierten Frequenzbändern erkennt und/oder erfasst und diesem Energieverteilungsmuster unter Berücksichtigung von Referenzkriterien und/oder Referenzenergieverteilungsmustern die Reibwert-Information zuordnet.
4. Sensoranordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Klassifikatoreinheit der elektronischen Auswerteschaltung so ausgelegt ist, dass sie in Abhängigkeit der Varianz und/oder der Standardabweichung, insbesondere mittels einer Fuzzylogik gewichtet, der Strahlungserfassungs-Ausgangssignale der zumindest einen Strahlungsemittereinheit und/oder der einen oder mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten die Güte-Information bestimmt.

- 17 -

5. Sensoranordnung nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Klassifikatorreinheit der elektronischen Auswerteschaltung so ausgelegt ist, dass sie zur Bestimmung der Güte-Information weitere Parameter zur Plausibilisierung der Reibwert-Information, wie beispielsweise eine Temperaturinformation und/oder eine Regensensorinformation und/oder eine Zeit-/Datumsinformation, berücksichtigt.
6. Sensoranordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Sensoranordnung mehrere Strahlungsemittereinheiten aufweist, welche von einander um einen definierten Weg beabstandet, bezogen auf eine Parallele zur Fahrbahnoberfläche, im Fahrzeug angeordnet sind, wobei diese Strahlungsemittereinheiten alle im Wesentlichen auf einen gemeinsamen Punkt oder auf ein gemeinsames Zielgebiet der Fahrbahnoberfläche gerichtet sind.
7. Sensoranordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Sensoranordnung mehrere Strahlungsemittereinheiten in einer gemeinsamen Clustereinheit integriert aufweist, wobei diese Strahlungsemittereinheiten jeweils auf verschiedene Punkte der Fahrbahnoberfläche gerichtet sind.
8. Sensoranordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass die eine oder die mehreren Strahlungsemittereinheiten, ein Laserelement umfassen, welches die Strahlung emittiert, und insbeson-

dere ein Photoelement, welches die reflektierte und/oder gestreute Strahlung erfasst.

9. Sensoranordnung nach Anspruch 8, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Photoelement als Photodiode ausgebildet ist und insbesondere die eine oder die mehreren Strahlungsemittereinheiten oder jede Strahlungsemittereinheit als Vertikal-Kavitäts-Oberflächenemittierender-Laser, „Vertical Cavity Surface Emitting Laser“ mit integrierter Photodiode ausgebildet ist.
10. Sensoranordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Sensoranordnung so ausgebildet ist, dass sie zusätzlich aus der an der Fahrbahnoberfläche reflektierten Strahlung zumindest eine Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs relativ zur Fahrbahnoberfläche ermittelt, insbesondere wird hierzu dieselbe Strahlungsemittereinheit und dieselbe elektronische Auswerteschaltung verwendet.
11. Verfahren zur Reibwertklassifikation in Kraftfahrzeugen mit einer Sensoranordnung, insbesondere einer Sensoranordnung gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Sensoranordnung an einem Kraftfahrzeug angeordnet ist und zumindest eine Strahlungsemittereinheit und wenigstens eine elektronische Auswerteschaltung umfasst, wobei die Strahlungsemittereinheit elektromagnetische Strahlung zur Fahrbahnoberfläche hin emittiert und die Strahlung an der Fahrbahnoberfläche zumindest teilweise reflektiert und/oder gestreut wird und die re-

flektierte und/oder gestreute Strahlung zumindest teilweise in der Strahlungsemittereinheit und/oder in einer oder mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten erfasst wird, dadurch **gekennzeichnet**, dass danach in der elektronischen Auswerteschaltung aus der Intensität der reflektierten und/oder gestreuten Strahlung oder einer davon abhängigen Größe, eine Reibwert-Information der Fahrbahnoberfläche ermittelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Intensitätswerte oder davon abhängige Größen, welche bei Erfassung der reflektierten und/oder gestreuten Strahlung durch die wenigstens eine Strahlungsemittereinheit und/oder die eine oder mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten bereitgestellt werden, in einer Klassifikatoreinheit der elektronischen Auswerteschaltung klassifiziert werden, wobei die Klassifikatoreinheit die Reibwert-Information, als Reibwert oder Reibwerttyp oder ein Reibwertintervall, berechnet und insbesondere wenigstens eine Güte-Information bereitstellt, welche eine Information über die Aussagekraft und/oder die Zuverlässigkeit der Reibwert-Information beinhaltet.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch **gekennzeichnet**, dass in der Klassifikatoreinheit der elektronischen Auswerteschaltung eine Frequenzanalyse der Strahlungserfassungsausgangssignale der zumindest einen Strahlungsemittereinheit und/oder der einen oder mehreren zusätzlichen Sensoreinheiten durchgeführt wird und nach der Frequenzanalyse insbesondere ein Energieverteilungsmuster bezo-

- 20 -

gen auf einen definierten Frequenzbereich und/oder bezogen auf Energieniveaus in definierten Frequenzbändern erkannt und/oder erfasst wird und diesem Energieverteilungsmuster unter Berücksichtigung von Referenzkriterien und/oder Referenzenergieverteilungsmustern die Reibwert-Information zugeordnet wird.

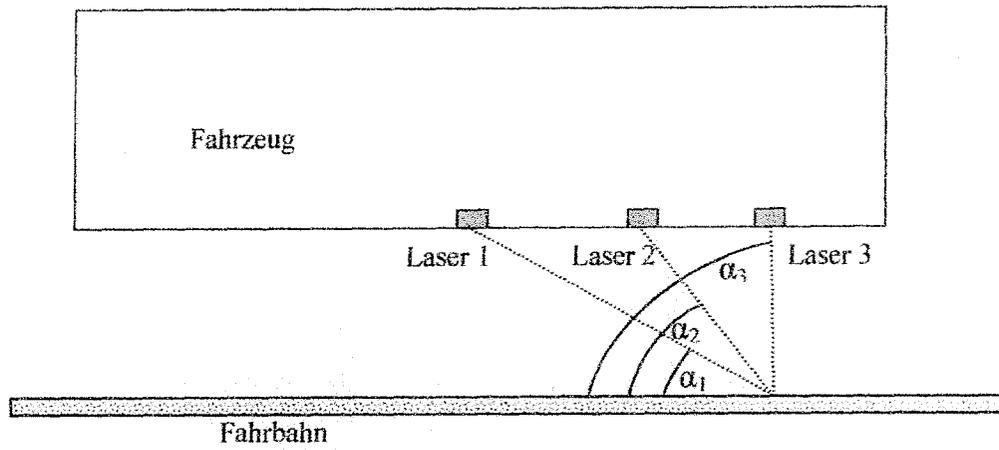


Fig. 1

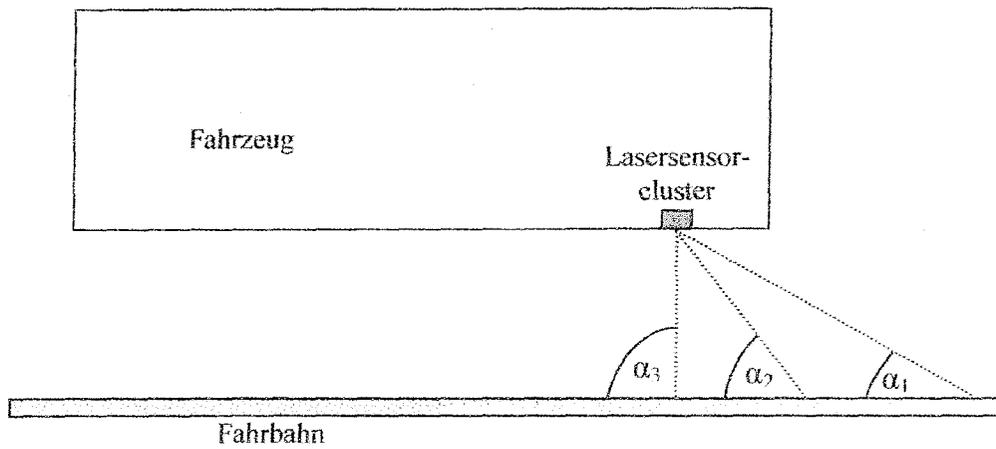


Fig. 2

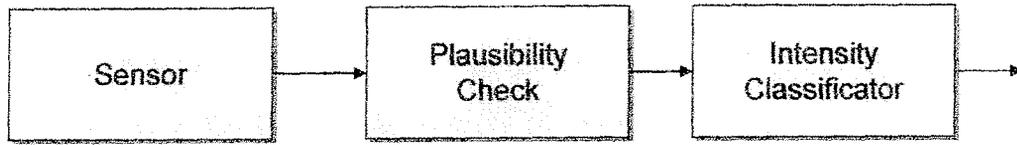


Fig. 3

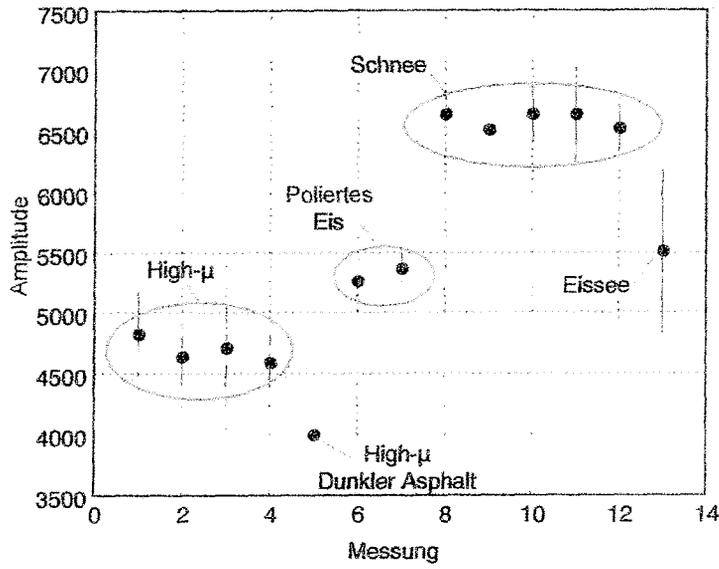


Fig. 4

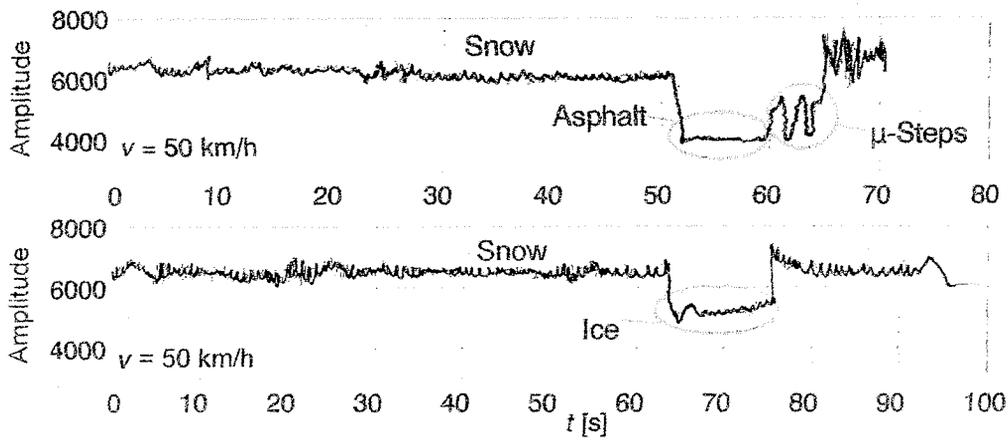


Fig. 5

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2010/060416

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. B60W40/06 B60R16/02 G01N21/21 G08B19/02  
 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 B60R G01N G08B G01B

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 practical, search terms used)  
 EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X         | DE 198 24 625 A1 (TECH UNI ILMENAU ABTEILUNG FOR [DE])<br>1 April 1999 (1999-04-01)  | 1-5,8,9,<br>11-13     |
| Y         | page 2, line 64 - page 3, line 35; claims; figures                                   | 6,7,10                |
| X         | FR 2 897 950 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR])<br>31 August 2007 (2007-08-31) | 1,11                  |
| A         | the whole document   | 2-10,12,<br>13        |
| X         | JP 10 096694 A (OMRON TATEISI ELECTRONICS CO) 14 April 1998 (1998-04-14)             | 1,11                  |
| Y         | * abstract; claims; figures  | 6,7,10                |
|           | -/--   |                       |

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

\* Special categories of cited documents :

|  |  |
|--|--|
| <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> | <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> |
|--|--|

|  |   |
|--|---|
| Date of the actual completion of the international search<br><br><b>1 October 2010</b> | Date of mailing of the international search report<br><br><b>11/10/2010</b> |
|--|---|

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

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2010/060416

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X  | US 6 166 645 A (BLANEY KEVIN [US])<br>26 December 2000 (2000-12-26)                | 1, 11                 |
| A  | column 2, lines 33-48; claims; figures   | 2-10, 12,<br>13       |
|  | -----  |                       |
| X  | DE 100 11 219 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE])<br>13 September 2001 (2001-09-13)            | 1, 11                 |
| A  | the whole document   | 2-10, 12,<br>13       |
|  | -----  |                       |
| X  | JP 2005 043240 A (MITSUBISHI ELECTRIC<br>CORP) 17 February 2005 (2005-02-17)       | 1, 11                 |
| A  | * abstract; claims; figures  | 2-10, 12,<br>13       |
|  | -----  |                       |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/060416

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date         |
|--|------------------|-------------------------|--------------------------|
| DE 19824625                            | A1               | 01-04-1999              | NONE                     |
| FR 2897950                             | A1               | 31-08-2007              | NONE                     |
| JP 10096694                            | A                | 14-04-1998              | JP 3467991 B2 17-11-2003 |
| US 6166645                             | A                | 26-12-2000              | NONE                     |
| DE 10011219                            | A1               | 13-09-2001              | NONE                     |
| JP 2005043240                          | A                | 17-02-2005              | NONE                     |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/060416

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. B60W40/06 B60R16/02 G01N21/21 G08B19/02  
 ADD.

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 B60W B60R G01N G08B G01B

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

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | DE 198 24 625 A1 (TECH UNI ILMENAU ABTEILUNG FOR [DE])<br>1. April 1999 (1999-04-01)               | 1-5, 8, 9, 11-13   |
| Y          | Seite 2, Zeile 64 - Seite 3, Zeile 35; Ansprüche; Abbildungen                                      | 6, 7, 10           |
| X          | FR 2 897 950 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR])<br>31. August 2007 (2007-08-31)              | 1, 11              |
| A          | das ganze Dokument   | 2-10, 12, 13       |
| X          | JP 10 096694 A (OMRON TATEISI ELECTRONICS CO) 14. April 1998 (1998-04-14)                          | 1, 11              |
| Y          | * Zusammenfassung; Ansprüche; Abbildungen  | 6, 7, 10           |
|            | -----<br>-/--  |                    |

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" älteres Dokument, 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 anderen 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 | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts |
| 1. Oktober 2010                                     | 11/10/2010   |

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

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | US 6 166 645 A (BLANEY KEVIN [US])<br>26. Dezember 2000 (2000-12-26)                               | 1,11               |
| A          | Spalte 2, Zeilen 33-48; Ansprüche;<br>Abbildungen  | 2-10,12,<br>13     |
| X          | -----<br>DE 100 11 219 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE])<br>13. September 2001 (2001-09-13)                  | 1,11               |
| A          | das ganze Dokument   | 2-10,12,<br>13     |
| X          | -----<br>JP 2005 043240 A (MITSUBISHI ELECTRIC<br>CORP) 17. Februar 2005 (2005-02-17)              | 1,11               |
| A          | * Zusammenfassung; Ansprüche; Abbildungen  | 2-10,12,<br>13     |
|            | -----  |                    |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/060416

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 19824625  | A1                            | 01-04-1999                        | KEINE                         |
| FR 2897950   | A1                            | 31-08-2007                        | KEINE                         |
| JP 10096694  | A                             | 14-04-1998                        | JP 3467991 B2 17-11-2003      |
| US 6166645   | A                             | 26-12-2000                        | KEINE                         |
| DE 10011219  | A1                            | 13-09-2001                        | KEINE                         |
| JP 2005043240                                      | A                             | 17-02-2005                        | KEINE                         |