

(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
23. November 2017 (23.11.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/198443 A1

(51) Internationale Patentklassifikation: **AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Carl-Spaeter-Straße 8, 56070 Koblenz (DE).
B60W 50/00 (2006.01) *B60W 40/068* (2012.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/060111 (72) Erfinder: **SCHLEGEL, Matthias**; Hafengasse 8, 89134 Blaustein (DE). **ABHAU, Jochen**; Thalbachgasse 4, 6900 Bregenz (AT). **GILSDORF, Heinz-Joachim**; Siedlerstr. 8, 97499 Donnersdorf (DE). **KING, Julian**; Schleife 7/14, 6830 Rankweil (AT). **KÖHLER, Jochen**; Schützenstraße 7c, 6850 Dornbirn (AT). **KRIMMEL, Horst**; Altmanstr. 21, 88069 Tettmang (DE). **NIEDERBRUCKER, Gerhard**; Möttelistr. 4, 88045 Friedrichshafen (DE). **TURNER, Lara Ruth**; Tannenburgerstraße 10/1, 88048 Friedrichshafen (DE). **WAGNER, Volker**; Theodor-Schnell-Weg 12, 88213 Ravensburg (DE). **ZDYCH, Robert**; Polozker Str. 4, 88045 Friedrichshafen (DE). **ADLER, Vanessa**; Rheinstraße 13, 56179 Niederwerth (DE). **HEINRICHS-BARTSCHER, Sascha**; Waldstrasse 96, 56566 Neuwied (DE). **RAFFAUF, Ralf**; Freiherr-vom-Stein-Straße 39, 56220 Urmitz (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum: 27. April 2017 (27.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 10 2016 208 675.8
19. Mai 2016 (19.05.2016) DE

(71) Anmelder: **ZF FRIEDRICHSHAFEN AG** [DE/DE]; Löwentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (DE). **LUCAS**

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A SAFE SPEED AT A FUTURE WAY POINT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINER SICHEREN GESCHWINDIGKEIT AN EINEM ZUKÜNFTIGEN WEGPUNKT

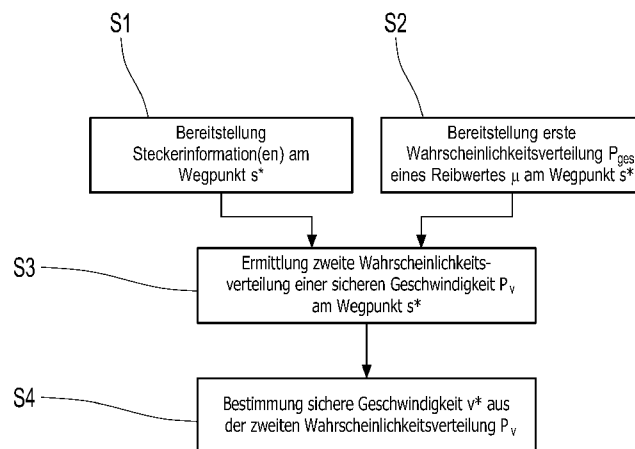


Fig. 1

- S1 Providing (a) piece(s) of route information at the way point s^*
- S2 Providing a first probability distribution P_{ges} of a friction coefficient μ at the way point s^*
- S3 Determining a second probability distribution of a safe speed P_v at the way point s^*
- S4 Determining safe speed v^* from the second probability distribution P_v

(57) Abstract: The invention describes a method for determining a safe speed (v^*) at a future way point (s^*) of a vehicle which is moving along a route. In this step, at least one piece of route information (in particular curve bend κ) characterizing the course of the route is determined. In addition, a first probability distribution (P_{ges}) of a friction coefficient (μ) at the current way point (s) and/or at the future way point (s^*) of the vehicle is provided. A second probability distribution (P_v) of a vehicle speed (v) at the future way point (s^*) is then determined from the at least one piece of route information (κ) and the first probability distribution (P_{ges}). The safe speed (v^*) is determined from the second probability distribution (P_v) by statistical analysis.



WO 2017/198443 A1

SIMON, Holger; Erbachtal 37, 65604 Elz (DE). **STEIN, Walter**; Brückenstraße 14, 56179 Niederwerth (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, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung einer sicheren Geschwindigkeit (v^*) an einem zukünftigen Wegpunkt (s^*) eines Fahrzeugs, das sich entlang einer Strecke bewegt. In diesem Schritt wird zumindest eine den Streckenverlauf der Strecke charakterisierende Streckeninformation (insbesondere Kurvenkrümmung κ) bestimmt. Ferner wird eine erste Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_{ges}) eines Reibwerts (μ) am aktuellen Wegpunkt (s) und/oder an dem zukünftigen Wegpunkt (s^*) des Fahrzeugs bereitgestellt. Anschließend erfolgt das Ermitteln einer zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_v) einer Fahrzeuggeschwindigkeit (v) an dem zukünftigen Wegpunkt (s^*) aus der zumindest einen Strecken Information (κ) und der ersten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_{ges}). Die sichere Geschwindigkeit (v^*) wird aus der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_v) durch statistische Analyse bestimmt.

Verfahren zur Bestimmung einer sicheren Geschwindigkeit an einem zukünftigen Wegpunkt

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer sicheren Geschwindigkeit an einem zukünftigen Wegpunkt eines fahrenden Fahrzeugs. Sofern nicht ausdrücklich darauf hingewiesen wird, werden die Begriffe maximaler Reibwert und Reibwert im Folgenden synonym verwendet.

Allgemein obliegt die Einschätzung der Straßenverhältnisse dem Fahrer, der seine Fahrweise darauf ausrichten muss. Fahrzeugregelsysteme wie ESC (Electronic Stability Control)/TCS (Traction Control System) oder ABS (Antiblockiersystem) helfen dem Fahrer, das Fahrzeug im Grenzbereich zu stabilisieren, um so seiner Fahraufgabe in Extremsituationen leichter entsprechen zu können. Die Wirkung solcher Fahrzeugregelsysteme hängt entscheidend vom am aktuellen Wegpunkt verfügbaren maximalen Reibwert μ (auch als maximaler Kraftschlussbeiwert bezeichnet) ab. Das Zusammenspiel zwischen Reifen, Untergrund und Zwischenmedium ist hierfür entscheidend. Nässe, Schnee und Eis erniedrigen den zur Verfügung stehenden Reibwert zwischen Reifen und Fahrbahn gegenüber dem auf einer trockenen Fahrbahn zur Verfügung stehenden Reibwert erheblich. Sich plötzlich ändernde Reibwerte, wie sie beispielsweise durch veränderte Umgebungsbedingungen zustande kommen, können zu instabilen Fahrsituationen führen und erhöhen damit das Unfallrisiko. Besonders gefährlich wird es, wenn der Fahrer des Fahrzeugs aufgrund falscher Einschätzung des verfügbaren Reibwerts zu schnell auf eine Kurve zufährt.

Bislang wird zur Bestimmung einer sicheren Kurvengeschwindigkeit lediglich der Streckenverlauf einer Straße anhand von Kartendaten berücksichtigt. Ferner wird von einem konstanten max. Reibwert (häufig $\mu = 1$) ausgegangen. Idealerweise geht in die Berechnung zusätzlich ein Fahrzeugmodell ein, das die Eigenheiten des vorliegenden Fahrzeugs widerspiegelt. Zudem könnte bei Kenntnis des max. Reibwerts das Fahrzeug bereits vor der Kurve so weit verzögert werden, dass diese problemlos durchfahren werden kann.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren anzugeben, mit dem sich eine sichere Geschwindigkeit an einem zukünftigen Wegpunkt eines Fahrzeugs, das sich entlang einer Strecke mit bekanntem Streckenverlauf bewegt, bestimmen lässt. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine entsprechende Vorrichtung anzugeben.

Diese Aufgaben werden gelöst durch ein Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 1 und einer Vorrichtung gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 9. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

Es wird ein Verfahren zur Bestimmung einer sicheren Geschwindigkeit an einem zukünftigen Wegpunkt eines Fahrzeugs vorgeschlagen, das sich entlang einer Strecke mit bekanntem Streckenverlauf bewegt und die folgenden Schritte umfasst: Bereitstellen zumindest einer für den Streckenverlauf der Strecke charakterisierenden Streckeninformation; Bereitstellen einer ersten Wahrscheinlichkeitsverteilung eines max. Reibwerts am aktuellen Wegpunkt und/oder an dem zukünftigen Wegpunkt des Fahrzeugs; Ermitteln einer zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung einer Fahrzeuggeschwindigkeit an dem zukünftigen Wegpunkt aus der zumindest einer Streckeninformation und der ersten Wahrscheinlichkeitsverteilung; und Bestimmung der sicheren Geschwindigkeit aus der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung.

Das erfindungsgemäße Verfahren basiert auf der Überlegung, nicht nur den vor dem Fahrzeug liegenden Streckenverlauf, sondern auch sich gegebenenfalls ändernde Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen, welche die maximal am Reifen übertragbaren Kräfte erheblich einschränken können. Ausgangspunkt hierfür bildet eine kontinuierliche oder diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung des am aktuellen Wegpunkt des Fahrzeugs und/oder an dem zukünftigen Wegpunkt des Fahrzeugs vorliegenden max. Reibwerts.

Das Verfahren kann detektieren, ob sich das Fahrzeug für die vorliegenden Umgebungsbedingungen zu schnell bewegt. Im Falle einer zu hohen Geschwindigkeit kann daraus ein Handlungsbedarf vor dem Erreichen des zukünftigen Wegpunkts abgeleitet

und z.B. in Gestalt einer Information, Warnung oder eines automatisierten Fahreingriffs (Fahrzeugverzögerung etc.) ausgegeben werden. Bei automatisiert fahrenden Fahrzeugen, z.B. unter Verwendung eines oder mehrerer Fahrzeugassistenzsysteme, kann die sichere Geschwindigkeit zur Berechnung einer Fahrstrategie verwendet werden, beispielsweise indem sie einen Optimierungsraum begrenzt, innerhalb dessen eine Geschwindigkeitstrajektorie gesucht wird, welche die für den zukünftigen Wegpunkt sichere Geschwindigkeit keinesfalls überschreitet.

Die sichere Geschwindigkeit an dem zukünftigen Wegpunkt kann durch Wahl eines q -Quantils der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung bestimmt werden. Wie dem Fachmann bekannt ist, ist ein Quantil ein Lagemaß in der Statistik. Das q -Quantil entspricht dem Integral von der gewählten sicheren Geschwindigkeit bis unendlich über der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung. Dies bedeutet, dass die tatsächliche Geschwindigkeit, mit welcher das Fahrzeug den zukünftigen Wegpunkt stabil passieren kann, mit einer Wahrscheinlichkeit des gewählten q -Quantils $\times 100\%$ größer oder gleich der sicheren Geschwindigkeit ist. Die sichere Geschwindigkeit an dem zukünftigen Wegpunkt kann durch die Gleichung

$$\int_{v^*}^{\infty} P(v) dv = q_s \quad (1)$$

ermittelt werden. In Gleichung (1) stellen v^* die sichere Geschwindigkeit, $P(v)$ die zweite Wahrscheinlichkeitsverteilung und q_s das gewählte q -Quantil dar. Dabei wird das q -Quantil q_s vorgegeben und unter Verwendung der Gleichung (1) die sichere Geschwindigkeit v^* ermittelt.

Alternativ kann zur Bestimmung einer sicheren Geschwindigkeit das p -Quantil der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung verwendet werden, d.h. das Integral von 0 bis zur sicheren Geschwindigkeit v^* . Für das gewählte p -Quantil p_s gilt dann

$$\int_0^{v^*} P(v) dv = p_s = 1 - q_s \quad (1.1)$$

Als die zumindest eine Streckeninformation kann eine Kurvenkrümmung an und/oder vor dem zukünftigen Wegpunkt des Fahrzeugs verarbeitet werden. Bei Kenntnis der Kurvenkrümmung kann der Schritt des Ermitteln der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung anhand der Gleichung

$$a_x^2 + \kappa^2(s) * v_x^4 - g^2 * \mu^2(s) = 0 \quad (2)$$

erfolgen. In der Formel sind a_x die Fahrzeuglängsbeschleunigung, κ die Kurvenkrümmung, s der Weg, g die Gravitationskonstante, v_x die Geschwindigkeit des Fahrzeugs in Richtung seiner Längsachse (Fahrzeuglängsgeschwindigkeit), μ der Reibwert. Der angegebenen Gleichung (2) liegt die Annahme zugrunde, dass das Fahrzeug vereinfacht als Massepunkt betrachtet werden kann. Selbstverständlich können zur Bestimmung der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung auch komplexere Fahrzeugmodelle verwendet werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung erfolgt der Schritt des Ermitteln der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung unter der Annahme, dass das Fahrzeug die Strecke, insbesondere den zukünftigen Wegpunkt, unbeschleunigt, durchfährt. Dadurch kann in Gleichung (2) der Term a_x^2 vernachlässigt werden, sodass eine einfache Umrechnung der Wahrscheinlichkeitsverteilung des Reibwerts μ am relevanten Wegpunkt s in die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Fahrzeuggeschwindigkeit v_x vorgenommen werden kann.

Insbesondere wird als q-Quantil ein Wert gewählt, der abhängig von einem Fahrzeugtyp, einem Fahrwerkstyp oder einem gewählten Fahrmodus ist. Das q-Quantil charakterisiert ein die sichere Geschwindigkeit verarbeitendes System. In Abhängigkeit des Fahrzeugtyps, beispielsweise eines Sportwagens, einer komfortbetonten Limousine, eines Geländewagens usw. kann die sichere Geschwindigkeit unterschiedlich gewählt werden. Verfügt ein Fahrzeug über ein Fahrzeugassistenzsystem, mit welchem sich das Fahrwerk in unterschiedlichen Modi einstellen lässt, so kann beispielsweise auch für unterschiedliche Modi ein jeweiliges q-Quantil festgelegt werden, das die Fahreigenschaft des Fahrzeugs berücksichtigt.

Das q-Quantil wird bevorzugt derart gewählt, dass die sich daraus ergebende gewählte sichere Geschwindigkeit kleiner als die wahre sichere Geschwindigkeit an dem zukünftig gewählten Wegpunkt ist. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass sich keine für das Fahrzeug gefährliche Situation an dem zukünftigen Wegpunkt ergibt.

Gemäß einer weiteren zweckmäßigen Ausgestaltung wird eine Vorrichtung zur Bestimmung einer sicheren Geschwindigkeit an einem zukünftigen Wegpunkt eines Fahrzeugs, das sich entlang einer Strecke mit bekanntem Streckenverlauf bewegt, vorgeschlagen. Die Vorrichtung umfasst ein erstes Mittel, um eine zweite Wahrscheinlichkeitsverteilung einer Fahrzeuggeschwindigkeit an dem zukünftigen Wegpunkt aus zumindest einer den Streckenverlauf der Strecke charakterisierenden Streckeninformation und einer ersten Wahrscheinlichkeitsverteilung eines max. Reibwerts am aktuellen Wegpunkt und/oder an dem zukünftigen Wegpunkt des Fahrzeugs zu ermitteln; sowie ein zweites Mittel, um die sichere Geschwindigkeit aus der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung zu ermitteln. Die erste Wahrscheinlichkeitsverteilung kann durch eine Recheneinheit des Fahrzeugs ermittelt und für die weitere Verarbeitung zur Bestimmung der sicheren Geschwindigkeit bereitgestellt werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist die gleichen Vorteile auf, wie diese vorstehend in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben wurden.

Die Vorrichtung kann weitere Mittel zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens umfassen.

Die Erfindung wird nachfolgend näher anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Programmablaufplans des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Vorgehens zur Bestimmung einer sicheren Geschwindigkeit an einem zukünftigen Wegpunkt eines Fahrzeugs.

Fig. 1 zeigt den schematischen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung einer sicheren Geschwindigkeit v^* eines Fahrzeugs an einem zukünftigen Wegpunkt s^* in einem Ablaufplan. Der zukünftige Wegpunkt s^* ist beispielsweise eine Kurve, auf die sich das entlang einer (bekannten) Strecke bewegende Fahrzeug in Fahrzeuginnenrichtung zubewegt. Insbesondere kann als zukünftiger Wegpunkt s^* der Scheitelpunkt dieser Kurve betrachtet werden. Alternativ kann sich der zukünftige Wegpunkt s^* in einer konstanten Entfernung vor dem Fahrzeug befinden (Vorausschauhorizont). Die Daten über den vor dem Fahrzeug liegenden Streckenvorlauf und die nächste, vor dem Fahrzeug liegende Kurve können durch eine Recheneinheit des Fahrzeugs aus Kartendaten eines Navigationssystems ermittelt werden. In einem Schritt S1 werden ein oder mehrere, den Streckenverlauf der Strecke charakterisierende Streckeninformationen bereitgestellt. Solche, den Streckenverlauf der Strecke charakterisierende Streckeninformationen umfassen insbesondere eine Kurvenkrümmung κ an dem zukünftigen Wegpunkt s^* . Zusätzlich kann die Kurvenkrümmung vor und/oder nach dem zukünftigen Wegpunkt s^* des Fahrzeugs als Streckeninformation verarbeitet werden.

In einem zweiten Schritt S2 erfolgt die Bereitstellung einer ersten Wahrscheinlichkeitsverteilung P_{ges} eines max. Reibwerts μ am aktuellen Wegpunkt s und/oder an dem zukünftigen Wegpunkt s^* des Fahrzeugs. Die bereitgestellte Wahrscheinlichkeitsverteilung $P_{ges}(\mu)$ kann in diskreter oder kontinuierlicher Form vorliegen. Auf welche Weise eine solche Wahrscheinlichkeitsverteilung ermittelt wird, ist nicht Gegenstand des vorliegenden Verfahrens.

Allgemein kann der max. Reibwert durch direkte oder indirekte Methoden ermittelt werden. Die Ermittlung des max. Reibwerts durch direkte Methoden wird als effektbasiert bezeichnet und kann in direkte, aktive und direkte, passive Methoden unterteilt werden. Bei einer direkten, aktiven Methode erfolgt durch Bremsen und/oder Lenken ein aktiver Eingriff in die Fahrdynamik des Fahrzeugs. Bei einer direkten, passiven Methode findet kein aktiver Eingriff in die Fahrdynamik des Fahrzeugs statt. Stattdessen

erfolgt lediglich eine Beobachtung von Effekten des Reibwerts auf die Reifenlauffläche, das Fahrzeug und dergleichen im Verlauf von Fahrmanövern des Fahrzeugs, die dieses zur Erreichung eines vorgegebenen Navigationsziels ausführt. Um die Effekte des Reibwerts messen und daraus mit ausreichender Sicherheit auf einen max. Reibwert schließen zu können, ist die Übertragung hoher Kräfte am Reifen Voraussetzung.

Bei indirekten, ursachenbasierten Methoden erfolgt die Bestimmung des max. Reibwerts anhand von Parametern, die diesen physikalisch beeinflussen. Dies können beispielsweise ein Reifenprofil, die Gummimischung eines Reifens, dessen Temperatur, ein Reifenluftdruck, der Straßenbelag, dessen Temperatur, dessen Beschaffenheit (z.B. Schnee oder Nässe) etc. sein.

Die Schätzung eines Reibwerts an einem zukünftigen Wegpunkt eines Fahrzeugs kann beispielhaft mit einem Verfahren mit den folgenden Schritten beschrieben werden: aus einer ersten Anzahl an Parametern, welche für einen aktuellen Wegpunkt des Fahrzeugs ermittelt werden oder wurden und welche den max. Reibwert an dem aktuellen Wegpunkt des Fahrzeugs charakterisieren, wird eine Prädiktion einer ersten Wahrscheinlichkeitsverteilung für den max. Reibwert an dem aktuellen Wegpunkt des Fahrzeugs unter Nutzung eines Bayesschen Netzes durchgeführt. Weiter wird eine zweite Wahrscheinlichkeitsverteilung für den max. Reibwert an dem zukünftigen Wegpunkt des Fahrzeugs aus einer zweiten Anzahl an Informationen über den zukünftigen Wegpunkt geschätzt. Schließlich erfolgt eine Ermittlung einer resultierenden, kombinierten Wahrscheinlichkeitsverteilung aus der ersten und der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung. Um die Reibwertverteilung an dem zukünftigen Wegpunkt vor dem Fahrzeug schätzen zu können, werden gemäß dieser beispielhaften Vorgehensweise den max. verfügbaren Reibwert beeinflussende Größen sowohl unter dem Fahrzeug (d.h. am aktuellen Wegpunkt) als auch vor dem Fahrzeug verarbeitet. Durch die hierbei vorgenommene Nutzung einer Vielzahl verfügbarer Informationen unter und vor dem Fahrzeug ist die Prädiktionsgüte der Reibwertverteilung an dem zukünftigen Wegpunkt hoch.

Grundsätzlich können im Rahmen des vorliegenden Verfahrens auch andere Vorgehensweisen zur Bereitstellung einer Wahrscheinlichkeitsverteilung des max. Reibwerts am aktuellen Wegpunkt und/oder an dem zukünftigen Wegpunkt des Fahrzeugs verarbeitet werden.

Mittels eines analytischen Zusammenhangs und der Streckeninformation(en), insbesondere der Kurvenkrümmung κ , kann die vorliegende Wahrscheinlichkeitsverteilung $P_{\text{ges}}(\mu)$ an dem zukünftigen Wegpunkt s^* in eine Wahrscheinlichkeitsverteilung $P_v(v)$ umgerechnet werden, wobei v die Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs darstellt. Diese Ermittlung erfolgt in dem in Fig. 1 gezeigten Diagramm als Schritt S3.

Als weiterer Schritt S4 erfolgt aus der nun ermittelten Wahrscheinlichkeitsverteilung der Geschwindigkeit $P_v(v)$ am Wegpunkt s^* die Bestimmung der sicheren Geschwindigkeit v^* aus dieser Wahrscheinlichkeitsverteilung. Dieses Vorgehen wird unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben.

Fig. 2 zeigt in der oberen Hälfte eine kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsverteilung $P_{\text{ges}}(\mu)$ in Abhängigkeit des max. Reibwerts μ . Das Diagramm zeigt z.B. die Wahrscheinlichkeitsverteilung $P_{\text{ges}}(\mu)$ am aktuellen Wegpunkt und/oder an dem zukünftigen Wegpunkt s^* des Fahrzeugs. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung $P_{\text{ges}}(\mu)$ kann beispielsweise durch die Kombination von mehreren Wahrscheinlichkeitsverteilungen an jeweiligen Wegpunkten zwischen dem aktuellen Wegpunkt und dem zukünftigen Wegpunkt s^* entstanden sein. Diese wird als gegeben angenommen.

Die Umrechnung der Wahrscheinlichkeitsverteilung $P_{\text{ges}}(\mu)$ in die Wahrscheinlichkeitsverteilung $P_v(v)$ der Geschwindigkeit am zukünftigen Wegpunkt s^* erfolgt beispielsweise anhand der Differentialgleichung gemäß Gleichung (2). In dieser Formel stellen v_x die Geschwindigkeit des Fahrzeugs in Richtung seiner Längsachse (Fahrzeuglängsgeschwindigkeit), a_x die Beschleunigung des Fahrzeugs in Richtung seiner Längsachse (Fahrzeuglängsbeschleunigung), κ die Kurvenkrümmung, s den Weg, g die Gravitationskonstante und μ den Reibwert dar. Bei der Verarbeitung der Gleichung (2) wird das Fahrzeug der Einfachheit halber als Massepunkt betrachtet. Allerdings könnte

auch ein anderes Fahrzeugmodell zur Anwendung gelangen. Die Kurvenkrümmung κ ergibt sich aus den oben erwähnten Kartendaten für den relevanten Wegpunkt, im vorliegenden Fall dem gewählten zukünftigen Wegpunkt s^* . Ferner wird der Einfachheit halber davon ausgegangen, dass das Fahrzeug den betrachteten Wegpunkt s^* unbeschleunigt durchfährt, weswegen der Term a_x^2 aus Gleichung (2) entfällt. Hieraus kann für die verschiedenen Reibwerte gemäß der in Fig. 2 oben gezeigten Wahrscheinlichkeitsverteilung ein jeweiliger Wahrscheinlichkeitswert der Geschwindigkeit ermittelt werden. Beispielhaft ergibt sich die in Fig. 2 unten gezeigte Wahrscheinlichkeitsverteilung $P_v(v)$ in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit v .

Die Bestimmung der sicheren Geschwindigkeit v^* an dem zukünftigen Wegpunkt s^* (auch als Vorausschaupunkt bezeichnet) erfolgt durch Wahl eines q -Quantils q_s der ermittelten Wahrscheinlichkeitsverteilung $P_v(v)$ über der Geschwindigkeit v . In Fig. 2 ist das q -Quantil mit q_s bezeichnet, wobei q_s einen Sicherheitsparameter darstellt.

q_s entspricht gemäß Gleichung (1) dem Integral von der sicheren Geschwindigkeit v^* bis unendlich über der Wahrscheinlichkeitsverteilung P_v . Dies bedeutet, dass die tatsächliche Geschwindigkeit, mit welcher der zukünftige Wegpunkt s^* stabil passiert werden kann, mit einer Wahrscheinlichkeit von $q_s \times 100\%$ größer oder gleich der gewählten Geschwindigkeit v^* ist. Je größer q_s gewählt wird, desto sicherer ist die Geschwindigkeitswahl.

Zur Ermittlung der sicheren Geschwindigkeit wird dabei für einen Fahrzeugtyp (z.B. Sportwagen, Limousine oder Geländewagen) und/oder in Abhängigkeit eines in einem Fahrzeug vorhandenen Fahrwerks (Sportfahrwerk, Komfortfahrwerk oder durch Moduswahl wählbare Fahrwerksabstimmung) ein bestimmter Wert für q_s vorgegeben. Die Wahl des q -Quantils q_s erfolgt dabei fest für einen Fahrzeugtyp und/oder einen Fahrwerkstyp/Fahrmodus des Fahrzeugs. Aus dem vorgegebenen q -Quantil q_s und der Gleichung (1) kann dann die sichere Geschwindigkeit v^* errechnet werden. Es ist klar, dass die gewählte sichere Geschwindigkeit v^* dabei nicht der wahren sicheren Geschwindigkeit entspricht, welche tatsächlich nicht bekannt ist. Die sichere Geschwindig-

keit v^* wird jedoch derart durch geeignete Wahl des q -Quantils gewählt, dass diese mit großer Wahrscheinlichkeit kleiner als die wahre sichere Geschwindigkeit ist.

Anhand der nun vorliegenden sicheren Geschwindigkeit v^* für den zukünftigen Wegpunkt s^* kann dann eine Handlungsstrategie abgeleitet werden. Wird festgestellt, dass die tatsächliche Geschwindigkeit des Fahrzeugs an dem Wegpunkt s^* größer als die ermittelte sichere Geschwindigkeit v^* oder nur wenig unterhalb der sicheren Geschwindigkeit v^* ist, so kann daraus ein Handlungsbedarf abgeleitet werden. Ein solcher Handlungsbedarf kann eine Information oder Warnung für den Fahrer oder, bei vorhandenem Fahrerassistenzsystem, eine automatisierte Fahrzeugverzögerung umfassen. Bei automatisiert fahrenden Fahrzeugen kann die sichere Geschwindigkeit v^* zur Begrenzung eines Optimierungsraums genutzt werden, innerhalb dessen eine geeignete Geschwindigkeitstrajektorie bestimmt wird.

Das vorliegende Verfahren basiert auf der Überlegung, bei vorliegenden Kraftschlussinformationen über einen zukünftigen Wegpunkt anhand der errechneten sicheren Geschwindigkeit an diesem Wegpunkt und einer Geschwindigkeitsprognose aufgrund der aktuellen Reibwertausnutzung des Fahrers unter Berücksichtigung von Streckeninformationen eine Kritikalität der Fahrsituation an diesem Wegpunkt vorherzubestimmen. Hieraus kann die erwähnte Handlungsempfehlung abgeleitet werden, wie z.B. eine Vorkonditionierung eines Fahrwerksystems, eine Verzögerung des Fahrzeugs oder eine Warnung an den Fahrer.

Bezugszeichen

s	aktueller Wegpunkt
s*	zukünftiger Wegpunkt
κ	Kurvenkrümmung
$P_{\text{ges}}(\mu)$	erste Wahrscheinlichkeitsverteilung
$P_v(v)$	zweite Wahrscheinlichkeitsverteilung
μ	Reibwert
q_s	q-Quantil
v_x	Fahrzeuglängsgeschwindigkeit
a_x	Fahrzeuglängsbeschleunigung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer sicheren Geschwindigkeit (v^*) an einem zukünftigen Wegpunkt (s^*) eines Fahrzeugs, das sich entlang einer Strecke bewegt, mit den Schritten:

- Bereitstellen zumindest einer den Streckenverlauf der Strecke charakterisierenden Streckeninformation (insbesondere Kurvenkrümmung κ);
- Bereitstellen einer ersten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_{ges}) eines max. Reibwerts (μ) am aktuellen Wegpunkt (s) und/oder an dem zukünftigen Wegpunkt (s^*) des Fahrzeugs;
- Ermitteln einer zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_v) einer Fahrzeuggeschwindigkeit (v) an dem zukünftigen Wegpunkt (s^*) aus der zumindest einen Streckeninformation (κ) und der ersten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_{ges});
- Bestimmung der sicheren Geschwindigkeit (v^*) aus der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_v), bspw. durch statistische Analyse.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die sichere Geschwindigkeit (v^*) an dem zukünftigen Wegpunkt (s^*) durch Wahl eines q-Quantils der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_v) bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die sichere Geschwindigkeit (v^*) an dem zukünftigen Wegpunkt (s^*) durch Wahl eines p-Quantils der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_v) bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem als die zumindest eine Streckeninformation eine Kurvenkrümmung (κ) an und/oder vor dem zukünftigen Wegpunkt (s^*) des Fahrzeugs verarbeitet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schritt des Ermitteln der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_v) erfolgt gemäß:

$$a_x^2 + \kappa^2(s) * v_x^4 - g^2 * \mu^2(s) = 0.$$

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schritt des Ermitteln der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_v) unter der Annahme erfolgt, dass das Fahrzeug ein Massepunkt mit der gegebenen Masse des Fahrzeugs ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schritt des Ermitteln der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_v) unter der Annahme erfolgt, dass das Fahrzeug die Strecke, insbesondere den zukünftigen Wegpunkt (s^*), unbeschleunigt, durchfährt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei dem als p- oder q-Quantil ein für das Fahrzeug fester Wert gewählt wird, der abhängig von einem Fahrzeugtyp, einem Fahrwerkstyp oder einem Fahrmodus ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, bei dem das p- oder q-Quantil derart gewählt wird, dass die sich daraus ergebende gewählte sichere Geschwindigkeit (v^*) kleiner als die wahre sichere Geschwindigkeit an dem zukünftigen Wegpunkt (s^*) ist.

10. Vorrichtung zur Bestimmung einer sicheren Geschwindigkeit an einem zukünftigen Wegpunkt (s^*) eines Fahrzeugs, das sich entlang einer Strecke bewegt, umfassend:

- ein erstes Mittel, um eine zweite Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_v) einer Fahrzeuggeschwindigkeit (v) an dem zukünftigen Wegpunkt (s^*) aus zumindest einer den Streckenverlauf der Strecke charakterisierenden Streckeninformation (κ) und einer ersten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_{ges}) eines max. Reibwerts (μ) am aktuellen Wegpunkt (s) des Fahrzeugs und/oder an dem zukünftigen Wegpunkt (s^*) zu ermitteln;
- ein zweites Mittel, um die sichere Geschwindigkeit (v^*) aus der zweiten Wahrscheinlichkeitsverteilung (P_v) zu ermitteln.

1/2

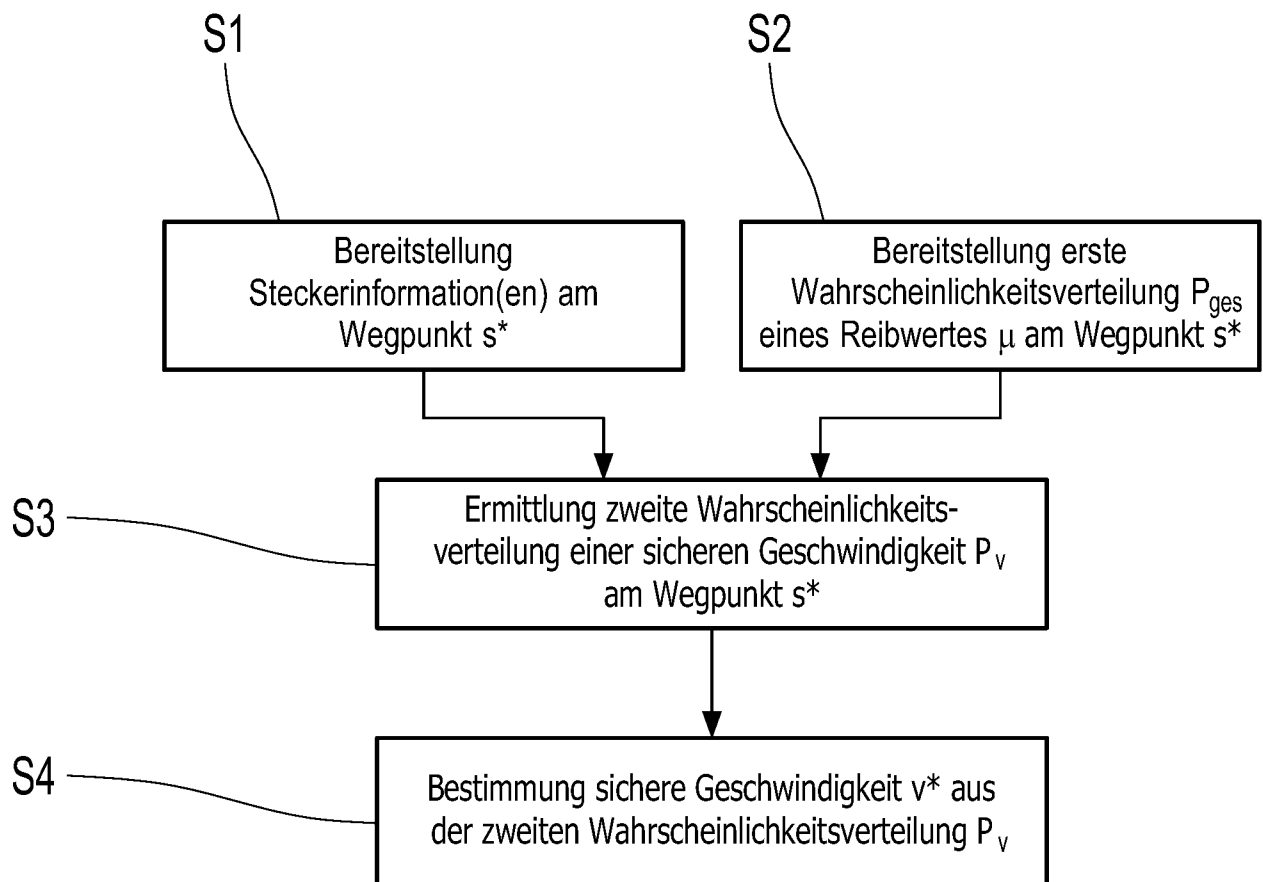


Fig. 1

2/2

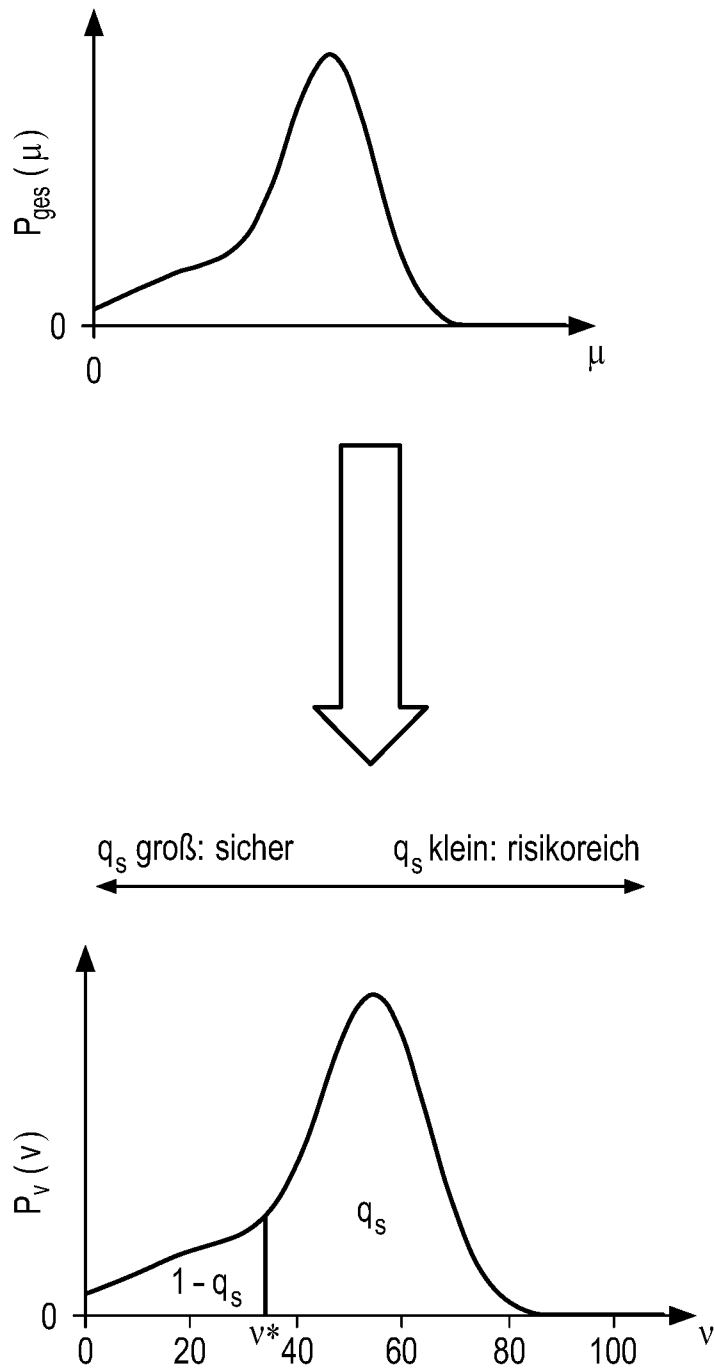


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/060111

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60W50/00 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)
G06F B60W B60K

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, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 870 674 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26 December 2007 (2007-12-26) paragraphs [0006] - [0008], [0016], [0043]	1-10
A	----- EP 1 577 148 A2 (NISSAN MOTOR [JP]) 21 September 2005 (2005-09-21) paragraphs [0002], [0003], [0022] - [0031]	1-10
A	----- JP 2011 186577 A (AISIN AW CO) 22 September 2011 (2011-09-22) abstract	1-10
A	----- EP 1 659 367 A1 (HARMAN BECKER AUTOMOTIVE SYS [DE]) 24 May 2006 (2006-05-24) abstract paragraphs [0085], [0088]	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 31 October 2017	Date of mailing of the international search report 07/11/2017
--	--

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 Domingo Vecchioni, M
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/060111

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2 135 783 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 23 December 2009 (2009-12-23) abstract paragraphs [0008], [0036] - [0039] -----	1-10
A	US 2010/250086 A1 (DENG WEIWEN [US] ET AL) 30 September 2010 (2010-09-30) paragraphs [0003], [0004]; figure 1 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2017/060111

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 1870674	A2	26-12-2007	DE 102006028277 A1 EP 1870674 A2	27-12-2007 26-12-2007
EP 1577148	A2	21-09-2005	EP 1577148 A2 JP 4254586 B2 JP 2005255112 A US 2005216162 A1	21-09-2005 15-04-2009 22-09-2005 29-09-2005
JP 2011186577	A	22-09-2011	JP 5375677 B2 JP 2011186577 A	25-12-2013 22-09-2011
EP 1659367	A1	24-05-2006	AT 407345 T EP 1659367 A1 US 2006287817 A1	15-09-2008 24-05-2006 21-12-2006
EP 2135783	A1	23-12-2009	CN 101665111 A EP 2135783 A1 RU 2009123158 A US 2009319129 A1	10-03-2010 23-12-2009 27-12-2010 24-12-2009
US 2010250086	A1	30-09-2010	CN 101844561 A US 2010250086 A1	29-09-2010 30-09-2010

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B60W50/00 B60W40/068 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G06F B60W B60K		
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, INSPEC		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 870 674 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26. Dezember 2007 (2007-12-26) Absätze [0006] - [0008], [0016], [0043] -----	1-10
A	EP 1 577 148 A2 (NISSAN MOTOR [JP]) 21. September 2005 (2005-09-21) Absätze [0002], [0003], [0022] - [0031] -----	1-10
A	JP 2011 186577 A (AISIN AW CO) 22. September 2011 (2011-09-22) Zusammenfassung -----	1-10
A	EP 1 659 367 A1 (HARMAN BECKER AUTOMOTIVE SYS [DE]) 24. Mai 2006 (2006-05-24) Zusammenfassung Absätze [0085], [0088] -----	1-10
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
31. Oktober 2017		07/11/2017
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 Domingo Vecchioni, M

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 135 783 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 23. Dezember 2009 (2009-12-23) Zusammenfassung Absätze [0008], [0036] - [0039] -----	1-10
A	US 2010/250086 A1 (DENG WEIWEN [US] ET AL) 30. September 2010 (2010-09-30) Absätze [0003], [0004]; Abbildung 1 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/060111

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 1870674	A2	26-12-2007	DE 102006028277 A1 EP 1870674 A2	27-12-2007 26-12-2007
EP 1577148	A2	21-09-2005	EP 1577148 A2 JP 4254586 B2 JP 2005255112 A US 2005216162 A1	21-09-2005 15-04-2009 22-09-2005 29-09-2005
JP 2011186577	A	22-09-2011	JP 5375677 B2 JP 2011186577 A	25-12-2013 22-09-2011
EP 1659367	A1	24-05-2006	AT 407345 T EP 1659367 A1 US 2006287817 A1	15-09-2008 24-05-2006 21-12-2006
EP 2135783	A1	23-12-2009	CN 101665111 A EP 2135783 A1 RU 2009123158 A US 2009319129 A1	10-03-2010 23-12-2009 27-12-2010 24-12-2009
US 2010250086	A1	30-09-2010	CN 101844561 A US 2010250086 A1	29-09-2010 30-09-2010