

(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
15. Februar 2007 (15.02.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/017476 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60W 40/10 (2006.01) **B60T 8/171** (2006.01)
B60W 30/02 (2006.01) **GOIP 3/36** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/065085

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. August 2006 (04.08.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 037 594.4 5. August 2005 (05.08.2005) DE
10 2006 036 921.1 3. August 2006 (03.08.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG**

[DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LAUER, Peter** [DE/DE]; Nordweg 8, 61184 Karben (DE). **LUKE, Stefan** [DE/DE]; Am oberen Stötchen 5, 57462 Olpe (DE).

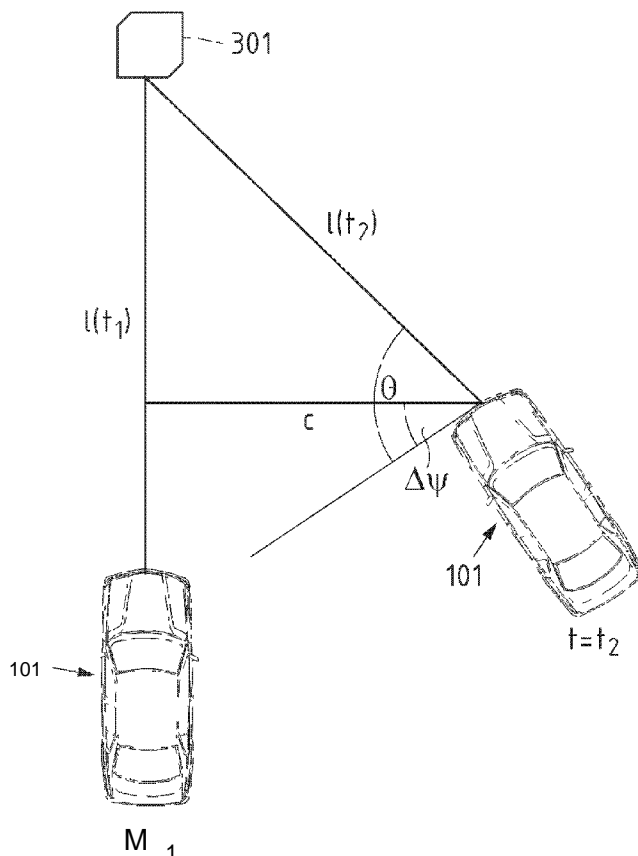
(74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG**; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt Am Main (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FT, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR STABILIZING A MOTOR VEHICLE BASED ON IMAGE DATA, AND SYSTEM FOR CONTROLLING THE DYNAMICS OF VEHICLE MOVEMENTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM STABILISIEREN EINES KRAFTFAHRZEUGS AUFGRUND VON BILDDATEN UND FAHRDYNAMIKREGELSYSTEM



(57) Abstract: The invention relates to a method for stabilizing a motor vehicle. Said method comprises the following steps: - data of an image of an exterior space of the vehicle encompassing at least one stationary object point is detected during a first point in time and at least one second point in time by means of an optical sensor (104) that is connected to the motor vehicle in a fixed alignment; - a transversal velocity (v_y) and/or a change in the yaw angle ($\Delta\psi$) of the motor vehicle is/are determined based on a comparison between the image data detected during the first point in time and the image data detected during the second point in time; - a driving State of the motor vehicle is assessed based on the transversal velocity (v_y) and/or the change in the yaw angle ($\Delta\psi$); and - the driving State of the motor vehicle is influenced in accordance with a result of the assessment of the driving State. The invention also relates to a System for Controlling the dynamics of vehicle movements, which is suitable for carrying out the disclosed method.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung schlägt ein Verfahren zum Stabilisieren eines Kraftfahrzeugs mit den folgenden Schritten vor: - Erfassen von Bilddaten eines Bildes eines wenigstens einen ruhenden Objektpunkt aufweisenden Außenraums des Kraftfahrzeugs mittels eines in fester Ausrichtung mit dem Kraftfahrzeug verbundenen optischen Sensors (104) in einem ersten Zeitpunkt und in wenigstens einem zweiten Zeitpunkt, - Ermitteln einer Quergeschwindigkeit (v_y)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/017476 A1



KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT Gazette verwiesen

) und/oder einer Gierwinkeländerung ($\Delta \psi$) des Kraftfahrzeugs anhand eines Vergleichs der in dem ersten Zeitpunkt erfassten Bilddaten und der in dem zweiten Zeitpunkt erfassten Bilddaten, Bewerten eines Fahrzeugzustandes des Kraftfahrzeugs anhand der Quergeschwindigkeit (v_y) und/oder der Gierwinkeländerung ($\Delta \psi$) und Beeinflussen des Fahrzeugzustandes des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Bewertung des Fahrzeugzustands. Ferner schlägt die Erfindung ein Fahrdynamikregelsystem vor, das zur Durchführung des Verfahrens geeignet ist

5

VERFAHREN ZUM STABILISIEREN EINES KRAFTFAHRZEUGS AUFGRUND VON BILDDATEN UND FAHRDYNAMIKREGELSYSTEM

10

Technisches Gebiet

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Stabilisieren eines Kraftfahrzeugs. Die Erfindung betrifft zudem ein Fahrdynamikregelssystem zum Stabilisieren eines Kraftfahrzeugs, das zur Durchführung des Verfahrens geeignet ist.

20

Hintergrund und Stand der Technik

Moderne Kraftfahrzeuge verfügen bereits heutzutage über Fahrdynamikregelssysteme, die Fahrzeugbewegungen mithilfe von Sensoren erfassen und anhand von Modellen bewerten, um ein Ausbrechen des Fahrzeugs bei einer Kurvenfahrt oder Schleuderbewegungen des Fahrzeugs zu erkennen. Wenn eine derartige kritische Fahrsituation festgestellt worden ist, stabilisieren diese Systeme das Fahrzeug durch Bremsen- und/oder Lenkeingriffe. Die Sensorik der Fahrsicherheits-
systeme umfasst in der Regel neben den Raddrehzahlsensoren, Beschleunigungssensoren und einen Gierratensensor. Darüber

hinaus werden Fahrzeuge in zunehmendem Maße mit Fahrerassistenzsystemen ausgerüstet, bei denen das Umfeld des Fahrzeugs mithilfe von optischen Sensoren erfasst wird, um beispielsweise die Fahrzeuggeschwindigkeit automatisch an die
5 Geschwindigkeit eines vorausfahrenden Fahrzeugs anzupassen oder eine drohende Kollision des Fahrzeugs mit einem Objekt im Umfeld des Fahrzeugs frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen zur Vermeidung der Kollision einzuleiten.

10 **Darstellung der Erfindung**

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen in einem Kraftfahrzeug vorhandenen optischen Sensor auch zur Durchführung einer Fahrdynamikregelung zu nutzen, um so
15 Funktionen der Fahrdynamikregelung zu verbessern bzw. zu erweitern.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 23 gelöst.
20

Es ist vorgesehen, dass ein Verfahren der eingangs genannten Art mit den folgenden Schritten durchgeführt wird:

- 25 - Erfassen von Bilddaten eines Bildes eines wenigstens einen ruhenden Objektpunkt aufweisenden Außenraums des Kraftfahrzeugs mittels eines in fester Ausrichtung mit dem Kraftfahrzeug verbundenen optischen Sensors in einem ersten Zeitpunkt und in wenigstens einem zweiten Zeitpunkt,
30 punkt,

- Ermitteln einer Quergeschwindigkeit und/oder einer Gierwinkeländerung des Kraftfahrzeugs anhand eines Vergleichs der in dem ersten Zeitpunkt erfassten Bilddaten und der in dem zweiten Zeitpunkt erfassten Bilddaten,
5
- Bewerten eines Fahrzustandes des Kraftfahrzeugs anhand der Quergeschwindigkeit und/oder der Gierwinkeländerung und
10
- Beeinflussen des Fahrzustandes des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Bewertung des Fahrzustands .

Ferner wird ein Fahrdynamikregelsystem geschaffen, das folgende Einrichtungen umfasst:
15

- Einen in fester Ausrichtung mit dem Kraftfahrzeug verbundenen optischen Sensor, mit dem Bilddaten eines Bildes eines wenigstens einen ruhenden Objektpunkt aufweisenden Außenraums des Kraftfahrzeugs in einem ersten und in einem zweiten Zeitpunkt erfassbar sind,
20
- eine Auswerteeinrichtung, mit der aufgrund eines Vergleichs der in dem ersten Zeitpunkt erfassten Bilddaten und der in dem zweiten Zeitpunkt erfassten Bilddaten eine Quergeschwindigkeit und/oder eine Gierwinkeländerung des Kraftfahrzeugs ermittelbar ist,
25
- eine Regeleinrichtung, in der eine Bewertung eines Fahrzustands des Kraftfahrzeugs anhand der Quergeschwindigkeit und/oder der Gierwinkeländerung vorgenommen werden kann, wobei in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Bewer-
30

tung des Fahrzustands wenigstens eine Stellgröße zur Ansteuerung eines Aktuators ermittelbar ist, mit dem das Fahrverhalten des Fahrzeugs beeinflussbar ist.

5 Mit Vorteil ist es vorgesehen, dass ein optischer Sensor verwendet wird, mit dem Bilddaten erfasst werden, aus denen eine Quergeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs und/oder eine Gierwinkeländerung ermittelt wird. Diese Größen werden dann vorteilhaft zur Bewertung des Fahrzustands des Kraftfahr-

10 zeugs herangezogen. In Abhängigkeit des Ergebnisses dieser Bewertung wird dann der Fahrzustand des Kraftfahrzeugs beeinflusst. Die Erfindung ermöglicht damit die Nutzung eines optischen Sensors in einem Fahrdynamikregelsystem. Optische Sensoren haben steigende Ausrüstungsanteile bei modernen

15 Kraftfahrzeugen. Primär werden sie in Fahrerassistenzsystemen genutzt, die beispielsweise Spurmarkierungen oder Straßenschilder erkennen um damit Warnfunktionen zu realisieren. Auch eine Objekterkennung kann alleine oder in Kombination mit Abstandssensorik zur automatischen Anpassung der

20 Fahrzeuggeschwindigkeit dazu dienen, eine drohende Kollision des Fahrzeugs mit einem Objekt im Umfeld des Fahrzeugs frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen zur Vermeidung der Kollision einzuleiten. Die im Rahmen der Erfindung vorgeschlagene Nutzung von optischen Sensoren im Rahmen einer

25 Fahrdynamikregelung stellt einen Mehrwert der optischen Sensoren dar. Zudem können die anhand der Bilddaten ermittelte Quergeschwindigkeit des Fahrzeugs sowie die Gierwinkeländerung mit der bekannten Sensorik von Fahrdynamikregelsystemen nicht direkt erfasst werden. Gleichwohl können

30 sie zur Bewertung des Fahrzustands herangezogen werden und insbesondere als Indikatoren für eine kritische Fahrsituation dienen. Wird aufgrund dieser Bewertung eine kritische

Fahrsituation kann eine stabilisierende Beeinflussung des Fahrverhaltens des Fahrzeugs erfolgen. Damit führt die Erfindung zu einer Verbesserung bzw. Erweiterung der Funktionalität eines Fahrdynamikregelsystems . Ein weiterer Vorteil
5 der Erfindung besteht darin, dass die Quergeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs, die einer direkten Messung mittels eines entsprechenden Sensors nicht zugänglich ist, modellunabhängig aus den Bilddaten ermittelt werden kann. Im Vergleich mit bekannten modellbasierten Schätzverfahren ist
10 damit eine genauere Bestimmung der Quergeschwindigkeit und eine zuverlässigere Bewertung des Fahrzustands anhand der Quergeschwindigkeit möglich.

In einer Ausführungsform des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems ist es vorgesehen, dass Bildkoordinaten des Objektpunktes in dem im ersten Zeitpunkt erfassten Bild mit Bildkoordinaten des Objektpunktes in dem im zweiten Zeitpunkt erfassten Bild miteinander verglichen werden und dass
15 die Quergeschwindigkeit und/oder die Gierwinkeländerung anhand Veränderung der Bildkoordinaten des Objektpunktes ermittelt wird.
20

Unter einem Objektpunkt ist ein Punkt eines von dem optischen Sensor erfassten Objekts im Außenraum des Fahrzeugs zu verstehen. Die Bildkoordinaten des Objektpunktes geben
25 die Position des Objektpunktes bzw. des Bildes des Objektpunktes innerhalb eines erfassten Bildes an. Bei einem gerasterten aus einer Vielzahl von Pixeln bestehenden Bild entsprechen die Bildkoordinaten beispielsweise den Koordinaten des Pixel, das den Objektpunkt enthält. Die Veränderung der Bildkoordinaten eines Objektpunktes gibt die Bewegung des Objektpunktes durch das Bild bzw. die Bildebene
30

an, die auch als optischer Fluss des Objektpunktes bezeichnet wird. Vorteilhaft wird die Quergeschwindigkeit und/oder die Gierwinkeländerung aus dem optischen Fluss wenigstens eines Objektpunktes ermittelt. Da es sich um einen ruhenden
5 Objektpunkt handelt und der optische Sensor in fester Ausrichtung an dem Fahrzeug montiert ist, wird der optische Fluss des Objektpunktes nur durch die Bewegung des Fahrzeugs verursacht.

10 Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems sieht vor, dass ein Abstand zwischen dem Objektpunkt und dem Kraftfahrzeug in wenigstens einem der Zeitpunkte ermittelt wird und zur Ermittlung der Quergeschwindigkeit und/oder der Gierwinkeländerung herangezogen
15 wird.

Anhand der Bestimmung des Abstands zwischen den Objektpunkten und dem Kraftfahrzeug lässt sich die Quergeschwindigkeit und/oder die Gierwinkeländerung vorteilhaft quantitativ aus den Bilddaten bestimmen.
20

Bei einer Ausgestaltung des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems wird dieser Abstand durch eine zusätzliche Abstandssensorik ermittelt.
25

Eine Weiterbildung des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems ist dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand aus den Bilddaten des in dem ersten und/oder in dem zweiten Zeitpunkt erfassten Bildes des Außenraums ermittelt wird.
30

Bei dieser Weiterbildung wird der optische Sensor auch zur Abstandsmessung verwendet werden, so dass auf zusätzliche Sensoren zur Abstandsmessung verzichtet werden kann.

5 Optische Sensoren, die beispielsweise als Stereokameras oder PMD-Sensoren (Photonic Mixing Device) ausgebildet sind, ermöglichen eine dreidimensionale Rekonstruktion des Außenraums, aus der Abstände zwischen Objektpunkten und dem Kraftfahrzeug ermittelt werden können. Die Verwendung von
10 Stereokameras oder PMD-Sensoren ist jedoch gegenüber der Verwendung einer einzelnen 2D-Kamera mit einem höheren Aufwand verbunden.

Bei einer Ausgestaltung des Verfahrens und des Fahrdynamik-
15 regelsystems ist es daher vorgesehen, dass die Bilder mehrere Bildzeilen oder Bildregionen umfassen, denen jeweils ein Abstandswert zugeordnet ist und dass der Abstand zwischen einem Objektpunkt und dem Kraftfahrzeug anhand der Bildzeile oder Bildregionen ermittelt wird, in welcher der
20 Objektpunkt abgebildet ist.

Hierdurch kann der Abstand zwischen dem Objektpunkt und dem Kraftfahrzeug auch bei Verwendung eines optischen Sensors mit nur einer Kamera geschätzt werden. Die Zuordnung zwischen den Bildzeilen bzw. Bildregionen und den Abstandswerten
25 kann beispielsweise anhand des Winkels zwischen der optischen Achse des optischen Sensors und der Fahrbahn sowie seiner Einbauhöhe über der Fahrbahn rechnerisch erfolgen.

30 Anstatt den Bewegungszustand aus einer Veränderung von Bildkoordinaten einzelner vordefinierter Objektpunkte zu berechnen, kann es auch vorgesehen sein, anhand einer Bild-

Verarbeitung einen optischen Fluss innerhalb der gesamten Bilddaten zu ermitteln und zur Bestimmung eines Bewegungszustands des Kraftfahrzeugs heranzuziehen.

5 Daher ist es in einer Ausgestaltung des Verfahrens und Fahrdynamikregelsystems vorgesehen, dass anhand von Veränderungen von Bildkoordinaten mehrerer Objektpunkte ein optischer Fluss innerhalb der Bilder bestimmt wird, dass der optische Fluss als Eingangsgröße für ein Kaiman-Filter
10 dient, wobei mittels des Kaiman-Filters anhand des optischen Flusses ein Bewegungszustand des Kraftfahrzeugs geschätzt wird und wobei die Quergeschwindigkeit und/oder die Gierwinkeländerung anhand des geschätzten Bewegungszustands des Kraftfahrzeugs ermittelt wird.

15

Anhand des optischen Flusses innerhalb der gesamten Bilddaten kann eine dreidimensionale Darstellung des Außenraums des Kraftfahrzeugs sowie die Bewegung des Fahrzeugs durch den Außenraum ermittelt werden, wodurch die Bestimmung des
20 Bewegungszustands des Kraftfahrzeugs möglich ist. Vorteilhaft wird hierzu ein Kaiman-Filter eingesetzt.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems ist es vorgesehen, dass mittels des
25 Kaiman-Filters anhand des optischen Flusses zusätzlich der Bewegungszustand wenigstens eines nicht ruhenden Objekts im Außenraum des Fahrzeugs bestimmt wird, dessen Objektpunkte in den Bildern abgebildet sind.

30 In dieser Ausführungsform wird das Kaiman-Filter vorteilhaft auch dazu genutzt, neben dem Bewegungszustand des Kraftfahrzeugs die Bewegungszustände von nicht ruhenden Ob-

jekten im Außenraum des Fahrzeugs zu ermitteln. Insbesondere können dabei Bewegungszustände anderer Fahrzeuge bestimmt und im Rahmen der Primärnutzung des optischen Sensors ausgewertet werden.

5

Eine Ausgestaltung des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems sieht vor, dass aus der ermittelten Gierwinkeländerung eine Gierrate des Kraftfahrzeugs ermittelt wird und die Beeinflussung des Fahrverhaltens des Kraftfahrzeugs in
10 Abhängigkeit von der Gierrate erfolgt.

In dieser Ausgestaltung wird vorteilhaft eine Gierrate anhand der Bilddaten ermittelt, die insbesondere als Regelgröße für eine Gierratenregelung herangezogen werden kann.

15 Bekannte Fahrdynamikregelsysteme, die eine Gierratenregelung vorsehen, verfügen zur Ermittlung der Gierrate üblicherweise über einen Gierratensensor, der bei Nutzung des optischen Sensors zur Ermittlung der Gierrate entfallen kann.

20

Darüber hinaus sieht eine Weiterbildung des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems vor, dass die Quergeschwindigkeit aus einer Abweichung zwischen der ermittelten Veränderung der Bildkoordinaten des Objektpunktes und einer aufgrund einer Gierrate des Kraftfahrzeugs erwarteten Veränderung der Bildkoordinaten des Objektpunktes bestimmt wird.
25

Bei einer Ausgestaltung des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems wird die Gierrate des Kraftfahrzeugs unabhängig von den Bilddaten mittels eines Gierratensensors er-
30 fasst.

In dieser Ausgestaltung werden die Signale des Gierraten-
sensors vorteilhaft zur Auswertung der Bilddaten herangezo-
gen, um die Quergeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs zu er-
mitteln. Hierdurch wird für die Auswertung der Bilddaten
5 erheblich weniger Rechenleistung benötigt.

Bei bekannten Fahrdynamikregelungen werden Untersteuersitu-
ationen üblicherweise insbesondere anhand einer Abweichung
zwischen der Gierrate des Kraftfahrzeugs und einer Refe-
10 renzgierrate erkannt, die insbesondere in Abhängigkeit von
dem Lenkwinkel berechnet wird, den der Fahrer an den lenk-
baren Rädern des Fahrzeugs eingestellt hat. Wenn das Kraft-
fahrzeug mit einer nahezu konstanten Gierrate in einer Kur-
ve nach außen driftet, ist die Gierratenabweichung jedoch
15 oftmals nicht groß genug, um den instabilen Fahrzustand zu
erkennen. Der Fahrer muss sehr stark einlenken, um eine
ausreichend große Abweichung zwischen der gemessenen Gier-
rate und der Referenzgierrate zu erzeugen und ein Unter-
steuern "anzuzeigen". Vorteilhaft kann jedoch die aus den
20 Bilddaten ermittelte Quergeschwindigkeit herangezogen wer-
den, um eine Querdrift des Kraftfahrzeugs bei einer Kurven-
fahrt zu erkennen und geeignete Maßnahmen zur Stabilisie-
rung des Kraftfahrzeugs einzuleiten.

25 Eine Ausführungsform des Verfahrens und des Fahrdynamikre-
gelsystems sieht daher vor, dass eine Referenzquergeschwin-
digkeit für eine Kurvenfahrt berechnet wird, dass die Refe-
renzquergeschwindigkeit mit der ermittelten Quergeschwin-
digkeit verglichen wird und dass die Geschwindigkeit des
30 Kraftfahrzeugs reduziert wird, wenn die ermittelte Querge-
schwindigkeit die Referenzquergeschwindigkeit betragsmäßig
übersteigt .

Durch die Reduktion der Fahrzeuggeschwindigkeit, die beispielsweise durch eine Reduktion des von dem Antriebsmotor des Kraftfahrzeugs bereitgestellten Motormoments und/oder
5 durch einen Bremseneingriff vorgenommen werden kann, wird die Querdrift des Fahrzeugs verringert und das Fahrzeug stabilisiert .

Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems ist dadurch gekennzeichnet, dass aus der
10 Referenzquergeschwindigkeit und der ermittelten Quergeschwindigkeit ein Seitenschlupf des Kraftfahrzeugs ermittelt wird, und dass die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs reduziert wird, wenn der Betrag des Seitenschlupfs größer
15 als ein vorgegebener Schwellenwert ist.

Vorteilhaft wird eine Querdrift in dieser Ausführungsform anhand eines Vergleichs zwischen einem Seitenschlupf des Kraftfahrzeugs und einem Schwellenwert ermittelt.
20

Eine Ausgestaltung des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems beinhaltet, dass der Seitenschlupf λ_y durch

$$\lambda_y = \frac{v_y - v_{y,ref}}{v_{y,ef}}$$

gegeben ist, wobei mit v_y die ermittelte Quergeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs und mit $v_{y,ref}$ die Referenzquergeschwindigkeit bezeichnet ist.
25

Die Referenzquergeschwindigkeit entspricht der Quergeschwindigkeit, die sich bei stabilem Fahrverhalten aufgrund der Fahrzeuggeschwindigkeit während einer Kurvenfahrt mit
30 einem bestimmten Radius einstellt.

Bei einer Ausgestaltung des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems ist es daher vorgesehen, dass die Referenzquergeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit
5 des Kraftfahrzeugs und einem Kurvenradius berechnet wird, wobei der Kurvenradius nach Maßgabe eines durch den Fahrer an lenkbaren Rädern des Kraftfahrzeugs eingestellten Lenkwinkels berechnet wird.

10 In dieser Ausgestaltung wird der Berechnung des Kurvenradius vorteilhaft der von dem Fahrer gewünschte Radius zugrunde gelegt.

Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems ist dadurch gekennzeichnet, dass anhand der
15 Bilddaten eine Fahrspur des Kraftfahrzeugs erfasst wird, und dass die Referenzquergeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs und einem anhand der Bilddaten ermittelten Kurvenradius einer von dem Kraftfahrzeug befahrenen Fahrspur ermittelt wird.
20

In dieser Ausgestaltung wird der Berechnung der Referenzquergeschwindigkeit mit Vorteil ein Kurvenradius zugrunde
gelegt, der dem Kurvenradius der von dem Kraftfahrzeug befahrenen Fahrspur entspricht. Die Fahrspur wird dabei vorteilhaft
25 anhand der Bilddaten erkannt und analysiert.

Eine Weiterbildung des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems beinhaltet, dass die ermittelte Quergeschwindigkeit
30 zur Bestimmung eines Schwimmwinkels des Kraftfahrzeugs herangezogen wird, und dass der Fahrzustand des Kraftfahr-

zeugs in Abhängigkeit von dem Schwimmwinkel beeinflusst wird.

Vorteilhaft wird bei dieser Weiterbildung aus der Querge-
5 schwindigkeit ein Schwimmwinkel ermittelt, der als Regel-
größe für eine Schwimmwinkelregelung herangezogen wird. Im
Gegensatz zu dem Vorgehen bei bekannten Fahrdynamikregelun-
gen, bei denen in der Regel modellbasierte Verfahren zum
Schätzen des Schwimmwinkels vorgesehen sind, wird der
10 Schwimmwinkel hier ebenfalls modellunabhängig ermittelt.

Weiterhin ist eine Weiterbildung des Verfahrens und des
Fahrdynamikregelsystems dadurch gekennzeichnet, dass der
Schwimmwinkel zur Bestimmung eines Schräglaufwinkels we-
15 nigstens eines Rades des Kraftfahrzeugs herangezogen wird.

Bekanntermaßen bewirkt der Schräglaufwinkel eines Rades ei-
ne auf das Rad wirkende Seitenführungskraft, die das Kraft-
fahrzeug bei einer Kurvenfahrt auf seiner Bahn hält. Ab ei-
20 nem bestimmten Maximumwert des Schräglaufwinkels beginnen
die Räder jedoch zu gleiten. Die Seitenführungskraft kann
dann nicht mehr erhöht werden, sondern nimmt sogar mit wei-
ter steigendem Schräglaufwinkel leicht ab. Dadurch wird das
Kraftfahrzeug instabil und gerät möglicherweise ins Schleu-
25 dem.

Eine Ausgestaltung des Verfahrens und des Fahrdynamikregel-
systems beinhaltet daher, dass der Schräglaufwinkel mit ei-
nem Maximumwert verglichen wird, und dass die Geschwindig-
30 keit des Kraftfahrzeugs reduziert wird, wenn der Schräg-
laufwinkel betragsmäßig größer als der Maximumwert ist.

Die maximale aufbaubare Seitenführungskraft wird wesentlich von dem vorliegenden Fahrbahnreibungwert beeinflusst.

Daher ist es bei einer Ausführungsform des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems vorgesehen, dass Maximumwert in
5 Abhängigkeit von einem Fahrbahnreibungwert bestimmt wird.

Zudem sieht eine Ausführungsform des Verfahrens und des Fahrdynamikregelsystems vor, dass der Maximumwert einem
10 Schräglaufwinkel entspricht, bei dem eine Seitenführungskraft des Rades nahezu maximal ist.

Vorteilhaft ist der Maximumwert in dieser Ausführungsform wenig kleiner als der Schräglaufwinkel, bei dem die maximale
15 Seitenführungskraft aufgebaut werden kann, so dass das Seitenführungskraftpotenzial nicht voll ausgeschöpft wird und jederzeit eine Sicherheitsreserve zur Verfügung steht.

Darüber hinaus wird ein Computerprogrammprodukt bereitgestellt, das einen Algorithmus definiert, der ein Verfahren
20 der zuvor beschriebenen Art umfasst.

Die Erfindung beinhaltet die Idee, für eine Fahrdynamikregelung Größen heranzuziehen, welche aus Bilddaten ermittelt
25 werden, die mittels eines optischen Sensors erfasst werden. Insbesondere ist dabei die Ermittlung einer Quergeschwindigkeit sowie einer Gierwinkeländerung bzw. einer Gierrate des Kraftfahrzeugs vorgesehen. Ferner kann auch die mittels eines Gierratensensor erfasste Gierrate des Fahrzeugs herangezogen
30 werden, um anhand der Bilddaten die Quergeschwindigkeit des Fahrzeugs zu ermitteln. Die Erfindung ermöglicht es optische Sensoren, die eine wachsende Ausrüs-

tungsrate bei Kraftfahrzeugen zeigen, vorteilhaft auch im Rahmen einer Fahrdynamikregelung verwendet werden. Die Funktionen der Fahrdynamikregelung können hierdurch verbessert und erweitert werden. Insbesondere wird die Quergeschwindigkeit modellunabhängig bestimmt, was mögliche Fehler bei der Bestimmung reduziert. Die Quergeschwindigkeit kann insbesondere dazu herangezogen werden, eine Querdrift eines Kraftfahrzeugs bei einer Kurvenfahrt auch dann zu ermitteln, wenn die Gierrate des Kraftfahrzeugs konstant ist.

10 Bekannte Fahrdynamikregelungen erlauben in derartigen Situationen in der Regel keine zuverlässige Ermittlung der Querdrift. Bei einer erkannten Querdrift wird die Fahrzeuggeschwindigkeit reduziert, um das Kraftfahrzeug zu stabilisieren. Ferner kann aus der Quergeschwindigkeit modellunabhängig ein Schwimmwinkel berechnet werden, der insbesondere zur Ermittlung eines Schräglaufwinkels wenigstens eines Rades herangezogen werden kann. Anhand des Schräglaufwinkels kann ermittelt werden, ob an dem Rad ein ausreichendes Seitenführungskraftpotenzial zur Verfügung steht. Ist dies

15 nicht der Fall, kann die Fahrzeuggeschwindigkeit reduziert werden.

Diese und andere Gesichtspunkte der Erfindung werden anhand der Ausführungsbeispiele weiter verdeutlicht und im Hinblick auf die Ausführungsbeispiele nachfolgend anhand der

25 Figuren beschrieben.

Kurze Beschreibung der Figuren

30 Von den Figuren zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kraftfahrzeugs mit einem optischen Sensor,

- Fig. 2a ein Blockdiagramm eines Fahrdynamikregelsystems mit einem optischen Sensor in einer ersten Ausführungsform,
- 5
- Fig. 2b ein Blockdiagramm eines Fahrdynamikregelsystems mit einem optischen Sensor in einer zweiten Ausführungsform,
- 10
- Fig. 3 eine Skizze zur Veranschaulichung der Ermittlung der Quergeschwindigkeit in einem Fall, in dem das Fahrzeug keine Gierbewegung ausführt,
- Fig. 4 eine Skizze zur Veranschaulichung der Ermittlung der Quergeschwindigkeit in einem Fall, in dem das Fahrzeug eine Gierbewegung ausführt,
- 15
- Fig. 5 ein Seitenkraft-Schräglaufwinkel-Diagramm für verschiedene Fahrbahnreibwerte,
- 20

Darstellung von Ausführungsbeispielen

In Figur 1 ist in schematischer Darstellung ein vierrädriges Fahrzeug 101 mit zwei lenkbaren Vorderrädern 102 und zwei Hinterrädern 103 dargestellt. Das Fahrzeug 101 verfügt über einen in fester Ausrichtung mit dem Fahrzeug 101 verbundenen optischen Sensor 104, der Bilddaten eines Bildes des Teils des Fahrzeugaußenraums erfasst, der innerhalb eines Erfassungsbereichs 105 liegt. Der optische Sensor 104 ist beispielsweise so angeordnet, dass der Erfassungsbereich 105 in Fahrzeuglängsrichtung nach vorne gerichtet ist und einen Raumwinkelbereich umfasst, der symmetrisch zur Mittellängsachse des Fahrzeugs 101 ist. Somit erfasst der

25

30

optische Sensor 104 insbesondere die bei Vorwärtsfahrt vor dem Fahrzeug 101 liegende Fahrbahn. Gleichfalls sind jedoch auch andere Anordnungen des optischen Sensors 104 möglich. Der optische Sensor 104 ist in einer dem Fachmann grundsätzlich bekannten Art ausgeführt und umfasst beispielsweise eine oder zwei CCD-Kameras (CCD: Charged Coupled Device) .

In Figur 2a ist anhand eines schematischen Blockdiagramms ein den optischen Sensor 104 umfassendes Fahrdynamikregelsystem in einer ersten Ausführungsform dargestellt. Die von dem optischen Sensor 104 erfassten Bilddaten werden innerhalb des Systems an eine Auswerteinrichtung 201 übermittelt, die aus den Bilddaten eine Quergeschwindigkeit v_y des Fahrzeugs 101 sowie eine Gierwinkeländerung $\Delta\psi$ des Fahrzeugs 101 ermittelt. Darüber hinaus wird in einer Ausführungsform des Systems in der Auswerteinrichtung 201 mittels einer Spurerkennungssoftware der im Erfassungsbereich 105 liegende Verlauf einer Fahrbahn ermittelt, auf der sich das Fahrzeug 101 bewegt. Insbesondere wird dabei die Krümmung bzw. der Radius R einer von dem Fahrzeug 101 durchfahrenen oder zu durchfahrenden Kurve ermittelt. Die in der Auswerteinrichtung 201 ermittelten Daten stellen Eingangssignale einer Regeleinrichtung 202 dar, die anhand der Daten eine Bewertung des Fahrzustands des Fahrzeugs 101 vornimmt. Ergibt die Bewertung, dass der Fahrzustand des Fahrzeugs 101 eine Instabilität aufweist, werden Stellgrößen zur Ansteuerung einer Aktuatorik 203 des Fahrzeugs 101 ermittelt, um den Fahrzustand des Fahrzeugs 101 zu stabilisieren. Neben den aus den Bilddaten gewonnenen Eingangsgrößen werden der Regeleinrichtung 202 zudem Signale einer Sensorik 204 zugeführt, die ebenfalls zur Fahrzustandsregelung herangezogen

werden. Die Sensorik 204 umfasst beispielsweise Radrehzahl-
sensoren, Beschleunigungssensoren und einen Lenkwinkelsen-
sor. Ferner kann zusätzlich ein Gierratensensor eingesetzt
werden, dessen Signale der Regeleinrichtung 202 ebenfalls
5 zugeführt werden. Die Aktuatorik 203 umfasst einen dem
Fachmann bekannten Bremsenaktuator, mit dem radindividuelle
Bremsdrücke in den Radbremsen des Fahrzeugs 101 aufgebaut
werden können. Ferner kann mittels eines Aktuators in die
Motorsteuerung eines Antriebsmotors des Fahrzeugs 101 ein-
10 gegriffen werden. Darüber hinaus sind dem Fachmann weitere
Aktuatoren, wie beispielsweise Lenkungsaktuatoren und e-
lektronisch regelbare Differenzialsperren bekannt, mit de-
nen der Fahrzustand des Fahrzeugs 101 stabilisiert werden
kann und die von der Regeleinrichtung 202 angesteuert wer-
15 den können. Bei der Ausführungsform des Fahrdynamikregel-
systems, die in Figur 2b anhand eines schematischen Block-
diagramms dargestellt ist, wird bei der Ermittlung der
Quergeschwindigkeit v_y des Fahrzeugs 101 eine mittels eines
Gierratensensors 205 erfasste Gierrate $\dot{\psi}$ des Fahrzeugs 101
20 herangezogen, um den Rechenaufwand für die Auswertung der
Bilddaten zu reduzieren. Die Gierratensignale können dabei
ebenfalls der Regelungseinrichtung 202 zugeführt.

In der Auswerteeinrichtung 201 werden eine Konturerken-
25 nung und eine Mustererkennung in den von dem optischen Sen-
sor 104 erfassten Bilddaten vorgenommen. Durch einen Ver-
gleich von Bilddaten, die in aufeinanderfolgenden Zeitpunk-
ten bzw. Zeitschritten erfasst worden sind, wird der opti-
sche Fluss von ruhenden Objektpunkten innerhalb der Bilder
30 ermittelt. Hierunter werden Veränderungen der Koordinaten
der Objektpunkte innerhalb der Bilder, d.h. die Bewegung
der Objektpunkte in der Bildebene verstanden. Da der opti-

sehe Sensor 104 relativ zu dem Fahrzeug 101 nicht bewegt wird, wird der optische Fluss durch die Bewegung des Fahrzeugs 101 bewirkt. Aufgrund translatorischer und rotatorischer Bewegungen des Fahrzeugs 101 wandern die Objektpunkte in unterschiedlicher Weise aus dem vom optischen Sensor 104 erfassten Bildausschnitt. Aufgrund einer Querbewegung des Fahrzeugs 101 wandern die Objektpunkte im Nahbereich des Fahrzeugs 101 mit einer höheren Geschwindigkeit seitlich aus dem Bild als die Objektpunkte im Fernbereich. Aufgrund einer Gierbewegung des Fahrzeugs 101 wandern hingegen Objektpunkte im Nahbereich und im Fernbereich mit gleichen Geschwindigkeiten seitlich aus dem Bild. Anhand des optischen Flusses von ruhenden Objektpunkten kann somit der Bewegungszustand des Fahrzeugs 101 insbesondere hinsichtlich von Quer- und Gierbewegungen ermittelt werden. Beide Bewegungsarten müssen dabei in Kombination betrachtet werden. Eine isolierte Ermittlung der Gierbewegung und der Querbewegung ist nicht möglich. Die ruhenden Objektpunkte sind hier Punkte, die zu einem Muster gehören, das einem ruhenden Objekt zugeordnet ist. Anhand der Kontrast- und Mustererkennung können ruhende Objekte wie beispielsweise Fahrbahnmarkierungen, Fahrbahnrisse, bauliche Fahrbahnbegrenzungen, Bäume, Gebäude oder Straßenschilder von bewegten Objekten, wie beispielsweise weiteren Fahrzeugen oder Fußgängern unterschieden werden. Grundsätzlich kann anhand des optischen Flusses von ruhenden Objektpunkten mittels einer Bildverarbeitung eine dreidimensionale Darstellung des Fahrzeugaußenraums ermittelt werden und die Bewegung des Fahrzeugs durch den Außenraum bestimmt werden. Hierzu kann beispielsweise ein modellbasiertes Kaiman-Filter verwendet werden, dem der optische Fluss als Eingangsgröße zugeführt wird. Anhand des mittels des Filters bestimmten Bewegungs-

zustands können dann insbesondere die Quergeschwindigkeit und oder Gierwinkeländerungen des Fahrzeugs 101 ermittelt werden. Zusätzlich kann auch der optische Fluss von Objektpunkten nicht ruhender Objekte ausgewertet werden, um deren
5 Bewegung durch den Fahrzeugaußenraum zu ermitteln. Dies kann beispielsweise innerhalb eines großen Kaiman-Filters erfolgen, in dem sowohl die Bewegung des Fahrzeugs 101 als die Bewegung von nicht ruhenden Objekten im Fahrzeugaußenraum bestimmt wird. Die Bewegung dieser Objekte, bei denen
10 es sich insbesondere um weitere Fahrzeuge im Außenraum des Fahrzeugs 101 handeln kann, kann beispielsweise im Rahmen der Primärnutzung des optischen Sensors ausgewertet werden.

Zur Ermittlung der Quergeschwindigkeit v_y des Fahrzeugs 101
15 und von Gierwinkeländerungen $\Delta\psi$ muss für die Objektpunkte, deren optischer Fluss untersucht wird, ein Abstand zu dem Fahrzeug 101 bestimmt werden. Bei Verwendung eines optischen Sensors 104 in Form einer Stereokamera oder eines PMD-Sensoren (Photonic Mixing Device) ist dies in einfacher
20 Weise möglich, da anhand der Bilddaten ein dreidimensionales Bild des Fahrzeugaußenraums gemessen oder rekonstruiert werden kann. Auch die Kombination oder Fusion mit einem Abstandssensor wie Radar oder Lidar bringt ein ähnliches Ergebnis. Wird hingegen ein optischer Sensor 104 mit einer
25 einzelnen Kamera ohne weitere Abstandssensorik genutzt, so muss der Abstand auf andere Weise geschätzt werden. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass jeder Bildzeile ein Abstandswert zugeordnet wird, der anhand des Winkels der optischen Achse des Sensors 104 zur Fahrbahnebene und
30 anhand der Höhe des optischen Sensors 104 über der Fahrbahnebene rechnerisch ermittelt wird. Aus der Bildzeile oder Bildregion, in der ein bestimmter Objektpunkt enthalten

ist, ist damit der Abstand von in der Fahrbahnebene liegenden Objektpunkten zu dem Fahrzeug 101 ermittelbar. Voraussetzung hierfür ist, dass sich das Fahrzeug 101 auf einer ebenen Fahrbahn bewegt. Insbesondere bei einer Fahrt auf
5 Autobahnen bzw. Kraftfahrstraßen ist diese Bedingung jedoch in den meisten Fällen zumindest näherungsweise erfüllt. Alternativ oder zusätzlich können weitere Verfahren zur Bestimmung des Abstands von Objektpunkten zu dem Fahrzeug 101 genutzt werden. So kann es vorgesehen sein, anhand der Mustererkennung Objekte innerhalb der Bilder zu identifizieren,
10 die eine zumindest näherungsweise bekannte reale Ausdehnung haben. Anhand ihrer Ausdehnung innerhalb der Bilder lässt sich dann unter Berücksichtigung der Eigenschaften der Kameraoptik ein Abstandswert für einen Zeilenbereich des Bildes angeben. Ferner können in regelmäßigen, bekannten
15 Abständen auf oder an der Fahrbahn angeordnete Objekte, wie beispielsweise Elemente des unterbrochenen Mittelstreifens einer Fahrbahn, zur Abstandsbestimmung herangezogen werden, wobei diese Objekte anhand der Mustererkennung
20 identifiziert werden.

Bei der in Figur 2a dargestellten Ausführungsform werden sowohl die Quergeschwindigkeit v_y als auch Gierwinkeländerungen $\Delta\psi$ des Fahrzeugs 101 anhand der Bilddaten ermittelt.
25 Hierfür wird, wie vorangehend dargestellt, der optische Fluss für Objektpunkte im Nahbereich und im Fernbereich untersucht. Bei der in der Figur 2b gezeigten Ausführungsform des Fahrdynamikregelsystems wird anhand des optischen Flusses innerhalb der Bilddaten lediglich die Quergeschwindigkeit v_y des Fahrzeugs 101 ermittelt. Die Gierwinkeländerung $\Delta\psi$ wird in dieser Ausführungsform anhand der
30 Signale des Gierratensensors 205 bestimmt und bei der Er-

mittlung der Quergeschwindigkeit v_y berücksichtigt, wodurch
 der Rechenaufwand bei der Auswertung der Bilddaten erheb-
 lich reduziert wird. Dies ergibt sich insbesondere dadurch,
 dass der optische Fluss nur für Objektpunkte im Nahbereich
 5 des Fahrzeugs 101 untersucht werden muss. Die Ausführungs-
 form sieht insbesondere vor, eine aufgrund der mittels des
 Gierratensensors 205 erfassten Gierrate $\dot{\psi}$ erwartete Verän-
 derung der Bildkoordinaten eines Objektpunktes mit der tat-
 sächlichen Veränderung der Bildkoordinaten des Objektpunk-
 10 tes zu vergleichen. Eine Abweichung zwischen den Verände-
 rungen wird auf eine Querbewegung des Fahrzeugs 101 zurück-
 geführt. Die Quergeschwindigkeit v_y kann dabei aus der an-
 hand der Bilddaten ermittelten Veränderung der relativen
 Position des Objektpunktes in Bezug auf das Fahrzeug 101
 15 sowie aus der erfassten Gierrate $\dot{\psi}$ berechnet werden.

In Figur 3 ist zunächst für den Spezialfall, in dem das
 Fahrzeug 101 keine Gierbewegung ausführt, skizziert, in
 welcher Weise die Quergeschwindigkeit v_y des Fahrzeugs 101
 20 bestimmt wird. In der Figur ist beispielhaft ein von dem
 optischen Sensor 104 erfasster ruhender Objektpunkt 301 ge-
 zeigt, der in einem ersten Zeitpunkt t_1 in einem Abstand
 $r(t_1)$ vor dem Fahrzeug 101 auf dessen Mittellängsachse
 liegt. In einem späteren Zeitpunkt t_2 hat der Objektpunkt
 25 301 einen Abstand $r(t_2)$ von dem Fahrzeug 101. Die Fahrzeug-
 querachse und die Verbindungsgerade zwischen dem Objekt-
 punkt 301 und dem Fahrzeug 101 schließen in dem Zeitpunkt
 t_2 den Winkel θ ein. Der Weg, den das Fahrzeug 101 in der
 Zeitspanne $\Delta t = t_2 - t_1$ in Querrichtung zurückgelegt hat, kann
 30 mit

$$c = r(t_2) \cdot \cos(\theta)$$

angegeben werden. Die mittlere Quergeschwindigkeit v_y während des Zeitraums Δt ergibt sich hieraus zu

$$v_y = \frac{l(t_2) \cdot \cos(\theta)}{\Delta t}$$

Die Winkeländerung θ wird anhand eines Vergleichs der Bildkoordinaten des Objektpunktes 301 in einem im Zeitpunkt t_1 erfassten Bild mit den Bildkoordinaten desselben Objektpunktes in einem im Zeitpunkt t_2 erfassten Bild ermittelt. Im Allgemeinen wobei bei der Ermittlung auch die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 101 (in Längsrichtung) berücksichtigt wird, die anhand der Signale der Raddrehzahlsensoren ermittelt wird. Der Abstand $l(t_2)$ zwischen dem Objektpunkt 301 und dem Fahrzeug 101 wird anhand der in dem Zeitpunkt t_2 erfassten Bilddaten ermittelt.

In Figur 4 ist anhand einer Skizze veranschaulicht, wie die Quergeschwindigkeit v_y des Fahrzeugs 101 ermittelt wird, wenn die in Figur 2 veranschaulichte translatorische Bewegung des Fahrzeugs 101 von einer Gierbewegung überlagert wird, bei der sich das Fahrzeug 101 zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 um den Winkel $\Delta\psi$ um seine Hochachse dreht. Der Winkel θ enthält in diesem Fall einen Anteil, der nicht auf die Querbewegung des Fahrzeugs 101, sondern auf die Gierbewegung zurückzuführen ist. Der durch die Querbewegung bewirkte Anteil ist dabei durch $\theta - \Delta\psi$ gegeben. Wie aus der Skizze ersichtlich, gilt hier für den bei der Querbewegung zurückgelegten Weg

$$c = l(t_2) \cdot \cos(\theta - \Delta\psi)$$

und für die Quergeschwindigkeit gilt

$$v_y = \frac{l(t_2) \cdot \cos(\theta - \Delta\psi)}{\Delta t}$$

Die Quergeschwindigkeit v_y hängt somit von einer Abweichung zwischen dem aufgrund der Gierwinkeländerung $\Delta\psi$ erwarteten optischen Fluss des Objektpunktes 301 und dem tatsächlichen optischen Fluss des Objektpunktes 301 ab, was sich in der vorherigen Gleichung an der Winkeldifferenz im Argument der Kosinusfunktion zeigt. Der Winkel θ wird hier wiederum aus den Bilddaten anhand des optischen Flusses des Objektpunktes 301 ermittelt. Die Gierwinkeländerung $\Delta\psi$ wird bei der in Figur 2a dargestellten Ausführungsform des Fahrdynamikregelsystems ebenfalls anhand der Bilddaten ermittelt. Insbesondere wird hierzu der Unterschied des optischen Flusses von Objektpunkten im Nah- und Fernbereich miteinander verglichen. Bei der in der Figur 2b dargestellten Ausführungsform wird die Gierwinkeländerung $\Delta\psi$ anhand der Signale des Gierratensensors 205 ermittelt. Dies geschieht beispielsweise durch eine Integration der gemessenen Gierraten $\dot{\psi}$ über den Zeitraum Δt . Insbesondere kann dabei aus der gemessenen Gierrate $\dot{\psi}_1$ in dem Zeitpunkt t_1 und der gemessenen Gierrate $\dot{\psi}_2$ im Zeitpunkt t_2 eine mittlere Gierrate

$$\bar{\dot{\psi}} = \frac{\dot{\psi}_1 + \dot{\psi}_2}{2}$$

gebildet werden. Die Gierwinkeländerung wird dann durch

$$\Delta\psi = \bar{\dot{\psi}} \cdot \Delta t$$

aus der mittleren Gierrate $\bar{\dot{\psi}}$ berechnet werden.

25

Anhand der Skizzen in den Figuren 3 und 4 wurde erläutert, wie die Quergeschwindigkeit des Fahrzeugs 101 aus den Bilddaten ermittelt werden kann, wenn der Objektpunkt 301 sich in einem Zeitpunkt auf der Fahrzeuglängsachse befindet. Ist dies nicht der Fall, kann die Quergeschwindigkeit gleichfalls in einfacher Weise anhand von geometrischen Überle-

30

gungen bestimmt werden. Hierbei gehen dann auch der Winkel ein, der in dem Zeitpunkt t zwischen der Fahrzeugquerachse und der Verbindungsgerade zwischen dem Fahrzeug 101 und dem Objektpunkt 301 besteht, sowie der Abstand, der im Zeitpunkt t zwischen dem Fahrzeug 101 und dem Objektpunkt 301 besteht .

Die in einer Ausführungsform des Fahrdynamikregelsystems anhand der Bilddaten ermittelte Gierwinkeländerung $\Delta\psi$ kann innerhalb der Regeleinrichtung 202 beispielsweise zur Bestimmung der Gierrate $\dot{\psi}$ des Fahrzeugs 101 verwendet werden, um eine Gierratenregelung in einer dem Fachmann an sich bekannten Weise vorzunehmen. Üblicherweise wird dabei anhand des von dem Fahrer an den lenkbaren Rädern 102 eingestellten Lenkwinkels und anhand der aus den Signalen der Radrehzahlsensoren ermittelten Fahrzeuggeschwindigkeit innerhalb eines Fahrzeugmodells eine Referenzgierrate berechnet. Diese wird dann mit der ermittelten Gierrate $\dot{\psi}$ des Fahrzeugs 101 verglichen. Überschreitet die Abweichung zwischen der Referenzgierrate und der Gierrate $\dot{\psi}$ des Fahrzeugs 101 einen vorgegebenen Schwellenwert, so wird die Abweichung mittels der Regeleinrichtung 202 durch eine Ansteuerung der Aktuatorik 203 ausgeregelt. Dies kann beispielsweise durch radindividuelle Bremseneingriffe oder durch Lenkeingriffe geschehen. Ein Gierratensensor kann bei der in der Figur 2a dargestellten Ausführungsform des Fahrdynamikregelsystems grundsätzlich entfallen. Falls zusätzlich ein Gierratensensor vorgesehen ist, kann aufgrund einer redundanten Ermittlung der Gierrate $\dot{\psi}$ mittels des Sensors und anhand der Bilddaten eine Plausibilisierung des Gierratensignals vorgenommen werden, durch die insbesondere

Fehler bei der Ermittlung der Gierrate $\dot{\psi}$ mittels des Gierratensensors oder anhand der Bilddaten feststellbar sind.

Die anhand der Bilddaten bestimmte Quergeschwindigkeit v_y kann innerhalb der Regeleinrichtung 202 insbesondere verwendet werden um den Schwimmwinkel β des Fahrzeugs 101 zu berechnen, der durch

$$\beta = \arctan\left(\frac{v_y}{v_x}\right)$$

gegeben ist. Hierbei bezeichnet v_x die Längsgeschwindigkeit des Fahrzeugs 101, die aus den Signalen der Raddrehzahlsensoren bestimmt werden kann. Der Schwimmwinkel β kann zur Durchführung einer dem Fachmann bekannten Schwimmwinkelregelung herangezogen werden, mit der die Gierratenregelung in Fahrdynamikregelsystemen üblicherweise kombiniert wird. Dabei werden Regeleingriffe beispielsweise dann vorgenommen, wenn der Schwimmwinkel β und/oder die Schwimmwinkeländerungsrate betragsmäßig einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet. Ein Beispiel für eine kombinierte Gierraten- und Schwimmwinkelregelung ist etwa in der deutschen Offenlegungsschrift DE 195 15 051 A1 beschrieben, auf die in diesem Zusammenhang Bezug genommen wird.

Darüber hinaus sind weitere Funktionsmodule der Regeleinrichtung 202 vorgesehen, die insbesondere die anhand der Bilddaten ermittelte Quergeschwindigkeit v_y nutzen, um den Fahrzustand des Fahrzeugs 101 zu bewerten und gegebenenfalls stabilisierende Eingriffe in das Fahrverhalten vorzunehmen. In einem ersten derartigen Funktionsmodul wird die Quergeschwindigkeit v_y dazu herangezogen, eine Querdrift des Fahrzeugs 101 in einer Kurve zu erkennen und auszuregeln. Insbesondere, wenn das Fahrzeug 101 mit einer nahezu

konstanten Gierrate $\dot{\psi}$ und einem kleinem Schwimmwinkel β in der Kurve nach außen driftet, wird das Driften im Rahmen der Gierraten- und Schwimmwinkelregelung nicht zuverlässig erkannt. In dem Funktionsmodul wird daher zur Erkennung einer derartigen Situation in Abhängigkeit von dem Kurvenradius und der Geschwindigkeit des Fahrzeugs 101 eine Referenzquergeschwindigkeit v_{yref} berechnet. Diese entspricht der Quergeschwindigkeit des Fahrzeugs 101, die auftritt, wenn das Fahrzeug 101 die Kurve stabil durchfährt. Der Kurvenradius wird in einer Ausgestaltung aus dem Lenkwinkel berechnet, den der Fahrer an den lenkbaren Rädern 102 des Fahrzeugs 101 eingestellt hat und der mittels eines Lenkwinkelsensors gemessen wird. In einer weiteren Ausführungsform ist es vorgesehen, den Radius anhand der aufgenommenen Bilddaten aus dem Fahrspurverlauf zu bestimmen. Die Fahrzeuggeschwindigkeit wird anhand der Signale von Raddrehzahlsensoren ermittelt. In Abhängigkeit von der anhand der Bilddaten ermittelten Quergeschwindigkeit v_y und der berechneten Referenzquergeschwindigkeit v_{yref} wird vorzugsweise ein Seitenschlupf λ_y bestimmt, der durch

$$\lambda_y = \frac{v_y - v_{yref}}{v_{yref}}$$

gegeben ist. Innerhalb des Funktionsmoduls wird der Seitenschlupf λ_y mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen. Wenn der Betrag des Seitenschlupfs λ_y den Schwellenwert überschreitet, wird die Fahrzeuggeschwindigkeit reduziert. Hierzu werden Steuerbefehle an die Motorsteuerung und/oder an den Bremsaktuator gesendet. Die Reduzierung der Fahrzeuggeschwindigkeit wird durch eine Reduzierung des von dem Antriebsmotor bereitgestellten Motormoments oder durch einen Bremseneingriff erreicht. Vorzugsweise wird die Fahr-

Zeuggeschwindigkeit reduziert, bis der Seitenschlupf unter einen vorgegebenen Schwellenwert sinkt.

Ferner ist ein Funktionsmodul vorgesehen, in dem aus dem
 5 anhand der ermittelten Quergeschwindigkeit v_y berechneten Schwimmwinkel β die Schräglaufwinkel der Vorder- und Hinterräder des Fahrzeugs 101 berechnet. Für den Schräglaufwinkel α_r der Vorderräder gilt:

$$\alpha_v = \delta - \beta - \frac{\dot{\psi}}{v}$$

10 Der Schräglaufwinkel α_H wird anhand der Gleichung

$$\alpha_H = \beta - l_H \cdot \frac{\dot{\psi}}{v}$$

berechnet. Die Gierrate $\dot{\psi}$ wird ebenfalls aus den Bilddaten ermittelt oder durch den Gierratensensor 204 erfasst. Mit δ ist der an den Vorderrädern 102 eingestellte Lenkwinkel
 15 bezeichnet, der mit dem von der Sensorik 204 umfassten Lenkwinkelsensor erfasst wird. Bei den Größen l_r bzw. l_H handelt es sich um den in Fahrzeuginnenrichtung gemessenen Abstand zwischen den Mittelpunkten der Vorderräder 102 bzw. der Hinterräder 103 und dem Fahrzeugschwerpunkt. Dies sind
 20 im Wesentlichen konstante Größen, die in einem Speicher der Regeleinrichtung 202 hinterlegt werden können. Ein von null verschiedener Schräglaufwinkel α an einem Rad führt dazu, dass an dem Rad eine Seitenführungskraft F_y aufgebaut wird. Der Zusammenhang zwischen der Seitenführungskraft F_y
 25 und dem Schräglaufwinkel α ist in Figur 5 anhand eines Seitenführungskraft-Schräglaufwinkel-Diagramms dargestellt. Wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, steigt die Seitenführungskraft F_y zunächst mit dem Schräglaufwinkel α auf ein Maximum an. Bei sich weiter erhöhendem Schräglaufwinkel
 30 kann die Seitenführungskraft F_y nicht weiter erhöht werden

bzw. sinkt bei großen Schräglaufwinkeln α_{oc} wieder leicht ab. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Reifen bei großen Schräglaufwinkeln α_{oc} ins Gleiten gerät. Der Zusammenhang zwischen dem Schräglaufwinkel α_{oc} und der Seitenführungskraft F_y hängt zudem stark von dem vorliegenden Fahr-
5 bahnreibwert μ ab, wobei die Seitenführungskraft F_y bei gleichbleibendem Schräglaufwinkel α_{oc} mit sinkendem Fahr- bahnreibwert μ abnimmt.

10 In dem Funktionsmodul werden die ermittelten Schräglaufwinkel α_{Lr} , α_{LH} der Vorderräder 102 und der Hinterräder 103 mit einem Maximumwert a_{Max} verglichen, der in Abhängigkeit von dem Fahrbahnreibwert μ bestimmt wird, der anhand eines geeigneten Schätzverfahrens ermittelt wird. Wie in Figur 5
15 dargestellt entspricht der Maximumwert α_{LMax} einem Wert der Schräglaufwinkel α_{Lr} , α_H , bei dem nahezu die maximale Seitenführungskraft F_y aufgebaut ist. Vorteilhaft ist der Maximumwert in dieser Ausführungsform wenig kleiner als der Schräglaufwinkel, bei dem die maximale Seitenführungskraft
20 aufgebaut werden kann, so dass das Seitenführungskraftpotenzial nicht voll ausgeschöpft wird und jederzeit eine Sicherheitsreserve zur Verfügung steht. Neben dem Fahrbahnreibwert μ beeinflussen ferner die Radaufstandskräfte sowie die Beschaffenheit der Reifen den Zusammenhang zwischen
25 der Seitenführungskraft F_y und dem Schräglaufwinkel α_{oc} . Diese Daten werden in einer Ausführungsform als konstant angenommen, wobei in der Regeleinrichtung 202 reibwertabhängige Maximumwerte a_{Max} für die Schräglaufwinkel α_{Lr} , α_H für typische Gegebenheiten im Hinblick auf die Reifenbeschaffenheit und die Radaufstandskräfte gespeichert werden.
30 In einer weiteren Ausführungsform können jedoch auch veränderte Reifeneigenschaften bei der Bestimmung der Maximum-

werte a_{Max} für die Schräglaufwinkel a_v , a_H berücksichtigt werden, wobei die Reifenbeschaffenheit über bekannte Verfahren eingelernt oder anhand von gespeicherten Reifenidentifikationsdaten bestimmt werden kann. Gleichfalls können

5 Veränderungen der Radaufstandskräfte beispielsweise anhand von Sensoren ermittelt und bei der Bestimmung der Maximumwerte berücksichtigt werden. Falls der Schräglaufwinkel a_r an den Vorderrädern 102 oder der Schräglaufwinkel a_H an den Hinterrädern 103 betragsmäßig den Maximumwert a_{Max} ü-

10 berschreitet, wird von dem Funktionsmodul eine Reduzierung der Fahrzeuggeschwindigkeit vorgenommen, um das Seitenführungskraftpotenzial zu erhöhen und das Fahrzeug 101 damit zu stabilisieren. Die Reduzierung der Fahrzeuggeschwindigkeit kann dabei wiederum durch eine Reduzierung des An-

15 triebsmoments des Antriebsmotors oder durch eine Betätigung der Fahrzeugbremsanlage erreicht werden. Vorzugsweise wird die Fahrzeuggeschwindigkeit solange reduziert, bis der entsprechende Schräglaufwinkel a_r , φ_{11}^L den Maximumwert φ_{Max}^L wieder unterschritten hat.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Stabilisieren eines Kraftfahrzeugs mit den folgenden Schritten:

- Erfassen von Bilddaten eines Bildes eines wenigstens einen ruhenden Objektpunkt (301) aufweisenden Außenraums des Kraftfahrzeugs (101) mittels eines in fester Ausrichtung mit dem Kraftfahrzeug (101) verbundenen optischen Sensors (104) in einem ersten Zeitpunkt und in wenigstens einem zweiten Zeitpunkt,
- Ermitteln einer Quergeschwindigkeit (v_y) und/oder einer Gierwinkeländerung ($\Delta\psi$) des Kraftfahrzeugs (101) anhand eines Vergleichs der in dem ersten Zeitpunkt erfassten Bilddaten mit den in dem zweiten Zeitpunkt erfassten Bilddaten,
- Bewerten eines Fahrzustandes des Kraftfahrzeugs (101) anhand der Quergeschwindigkeit (v_y) und/oder der Gierwinkeländerung ($\Delta\psi$) und
- Beeinflussen des Fahrzustandes des Kraftfahrzeugs (101) in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Bewertung des Fahrzustands .

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass Bildkoordinaten des Objektpunktes (301) in dem im ersten Zeitpunkt erfassten Bild mit Bildkoordinaten des Objektpunktes (301) in dem im zweiten Zeitpunkt erfassten Bild miteinander verglichen werden und dass die Querge-

schwindigkeit (v_y) und/oder die Gierwinkeländerung ($\Delta\psi$) anhand Veränderung der Bildkoordinaten des Objektpunktes (301) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass ein Abstand zwischen dem Objektpunkt (301) und dem Kraftfahrzeug (101) in wenigstens einem der Zeitpunkte ermittelt wird und zur Ermittlung der Quergeschwindigkeit (v_y) und/oder der Gierwinkeländerung ($\Delta\psi$) herangezogen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Abstand mittels einer zusätzlichen Abstandssensorik ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Abstand aus den Bilddaten des in dem ersten und/oder zweiten Zeitpunkt erfassten Bildes ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Bilder mehrere Bildzeilen oder Bildregionen umfassen, denen jeweils ein Abstandswert zugeordnet ist und dass der Abstand zwischen einem Objektpunkt (301) und dem Kraftfahrzeug (101) anhand der Bildzeile oder Bildregionen ermittelt wird, in welcher der Objektpunkt (301) abgebildet ist.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass anhand von Veränderungen von Bildkoordinaten mehrerer Objektpunkte (301) ein optischer Fluss innerhalb der Bilder bestimmt wird, dass der optische Fluss als Eingangsgröße für ein Kaiman-Filter dient, wobei mittels des Kaiman-Filters anhand des optischen Flusses ein Bewegungszustand des Kraftfahrzeugs (101) geschätzt wird und wobei die Quergeschwindigkeit (v_y) und/oder die Gierwinkeländerung ($\Delta\psi$) anhand des geschätzten Bewegungszustands des Kraftfahrzeugs (101) ermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass mittels des Kaiman-Filters anhand des optischen Flusses zusätzlich der Bewegungszustand wenigstens eines nicht ruhenden Objekts im Außenraum des Fahrzeugs bestimmt wird, dessen Objektpunkte in den Bildern abgebildet sind.

9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass aus der ermittelten Gierwinkeländerung ($\Delta\psi$) eine Gierrate ($\dot{\psi}$) des Kraftfahrzeugs (101) ermittelt wird, und dass die Beeinflussung des Fahrverhaltens in Abhängigkeit von der Gierrate ($\dot{\psi}$) erfolgt.

10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die Quergeschwindigkeit (v_y) aus einer Abweichung zwischen der ermittelten Veränderung der Bildkoordinaten des Objektpunktes (301) und einer aufgrund einer Gierrate des Kraftfahrzeugs (101) erwarteten Veränderung der Bildkoordi-

naten des ruhenden Objektpunktes (301) bestimmt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die Gierrate ($\dot{\psi}$) des Kraftfahrzeugs (101) unabhängig von Bilddaten mittels eines Gierratensensors (205) erfasst wird.

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass eine Referenzquergeschwindigkeit (v_{yref}) für eine Kurvenfahrt berechnet wird, dass die Referenzquergeschwindigkeit (v_{yref}) mit der ermittelten Quergeschwindigkeit (v_y) verglichen wird und dass die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs reduziert wird, wenn die ermittelte Quergeschwindigkeit (v_y) die Referenzquergeschwindigkeit (v_{yref}) betragsmäßig übersteigt.

13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass aus der Referenzquergeschwindigkeit (v_{yref}) und der ermittelten Quergeschwindigkeit (v_y) ein Seitenschlupf des Kraftfahrzeugs (101) ermittelt wird, und dass die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs (101) reduziert wird, wenn der Betrag des Seitenschlupfs größer als ein vorgegebener Schwellenwert ist.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass der Seitenschlupf λ_y durch

$$\lambda_y = \frac{v_y - v_{y,ref}}{v_{y,ref}}$$

gegeben ist, wobei mit v_y die ermittelte Quergeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs (101) und mit v_{yref} die Referenzquergeschwindigkeit bezeichnet ist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Referenzquergeschwindigkeit (v_{yref}) in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs (101) und einem Kurvenradius bestimmt wird, wobei der Kurvenradius nach Maßgabe eines von dem Fahrer an wenigstens einem lenkbaren Rad (102) des Kraftfahrzeugs (101) eingestellten Lenkwinkels berechnet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 12 bis 15,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Referenzquergeschwindigkeit (v_{yref}) in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs (101) und einem anhand der Bilddaten ermittelten Kurvenradius (R) einer von dem Kraftfahrzeug (101) befahrenen Fahrspur ermittelt wird.

17. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die ermittelte Quergeschwindigkeit (v_y) zur Bestimmung eines Schwimmwinkels des Kraftfahrzeugs (101) herangezogen wird, und dass der Fahrzustand des Kraftfahrzeugs (101) in Abhängigkeit von dem Schwimmwinkel beeinflusst wird.

18. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die ermittelte Quergeschwindigkeit (v_y) zur Bestimmung eines Schräglaufwinkels (α) wenigstens eines Rades (102);

103) des Kraftfahrzeugs (101) herangezogen wird.

19. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Schräglaufwinkel (α) mit einem Maximumwert (OL_{Max}) verglichen wird, und dass die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs (101) mittels eines Aktuators (203) reduziert wird, wenn der Schräglaufwinkel (α) betragsmäßig größer als der Maximumwert (OL_{Max}) ist.
20. Verfahren nach Anspruch 19,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Maximumwert (OL_{Max}) in Abhängigkeit von einem Fahrbahnreibwert (μ) bestimmt wird.
21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Maximumwert einem Schräglaufwinkel entspricht, bei dem eine Seitenführungskraft (F_y) des Rades (102; 103) nahezu maximal ist.
22. Computerprogrammprodukt,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass es einen Algorithmus definiert, der ein Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche umfasst.
23. Fahrdynamikregelsystem zum Stabilisieren eines Kraftfahrzeugs, umfassend
- einen in fester Ausrichtung mit dem Kraftfahrzeug (101) verbundenen optischen Sensor (104), mit dem Bilddaten eines Bildes eines wenigstens einen Objektpunkt aufweisen-

- den Außenraums des Kraftfahrzeugs (101) in einem ersten und in einem zweiten Zeitpunkt erfassbar sind,
- eine Auswerteeinrichtung (201), mit der aufgrund eines Vergleichs der in dem ersten Zeitpunkt erfassten Bilddaten mit den in dem zweiten Zeitpunkt erfassten Bilddaten eine Quergeschwindigkeit (v_y) und/oder eine Gierwinkeländerung ($\Delta\psi$) des Kraftfahrzeugs (101) ermittelbar ist, und
 - eine Regeleinrichtung (202), in der eine Bewertung eines Fahrzustands des Kraftfahrzeugs (101) anhand der Quergeschwindigkeit (v_y) und/oder der Gierwinkeländerung ($\Delta\psi$) vorgenommen werden kann, wobei in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Bewertung des Fahrzustands wenigstens eine Stellgröße zur Ansteuerung eines Aktuators (203) ermittelbar ist, mit dem das Fahrverhalten des Kraftfahrzeugs (101) beeinflussbar ist.

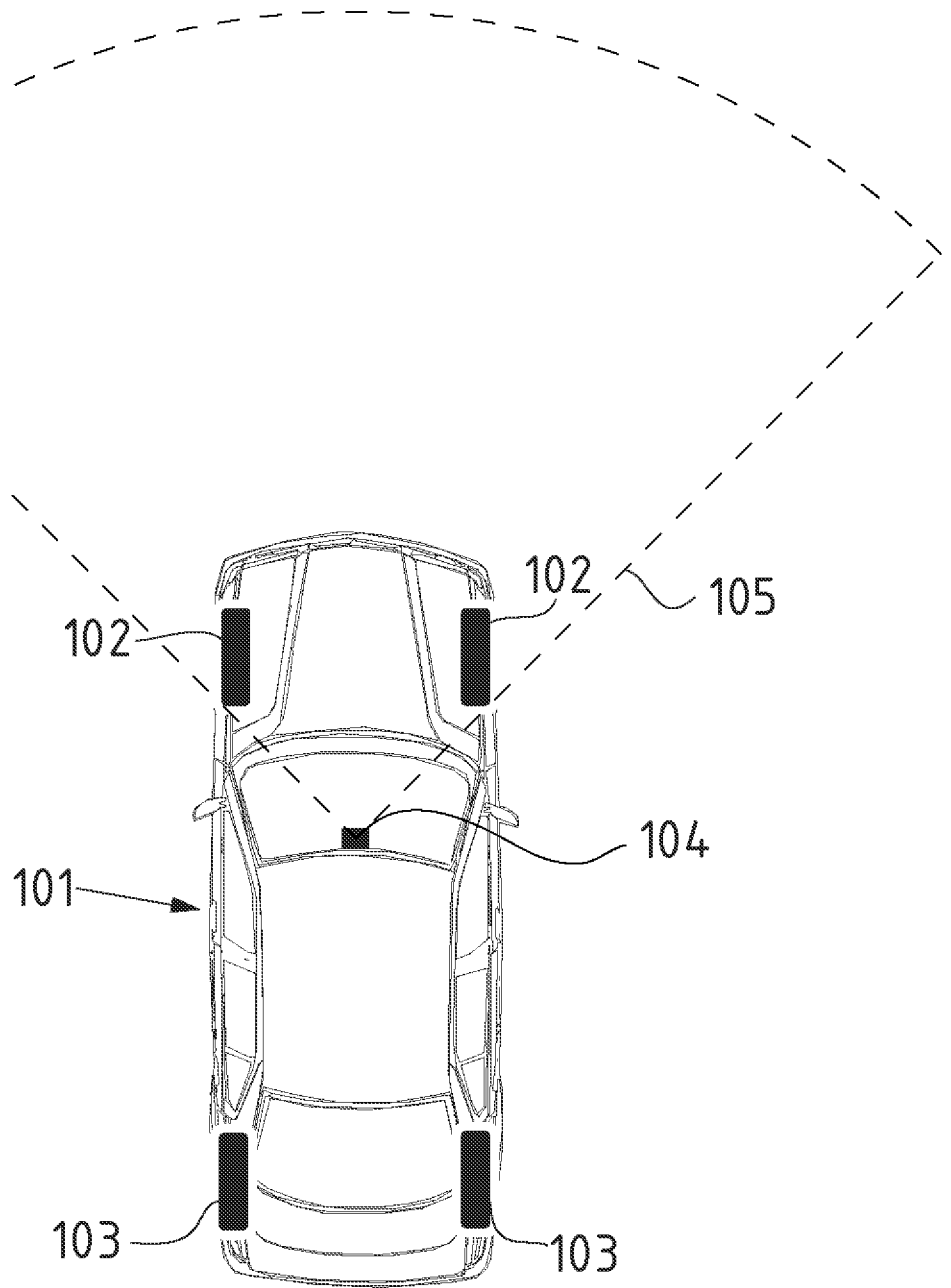


Fig. 1

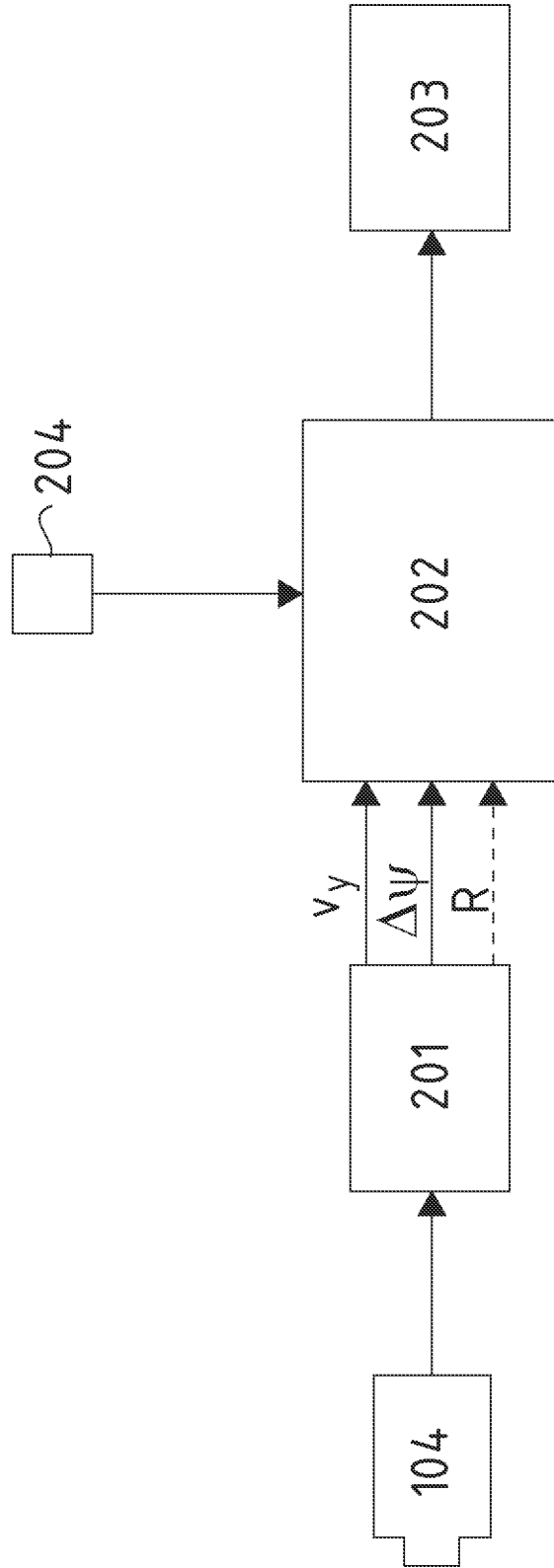


Fig. 2a

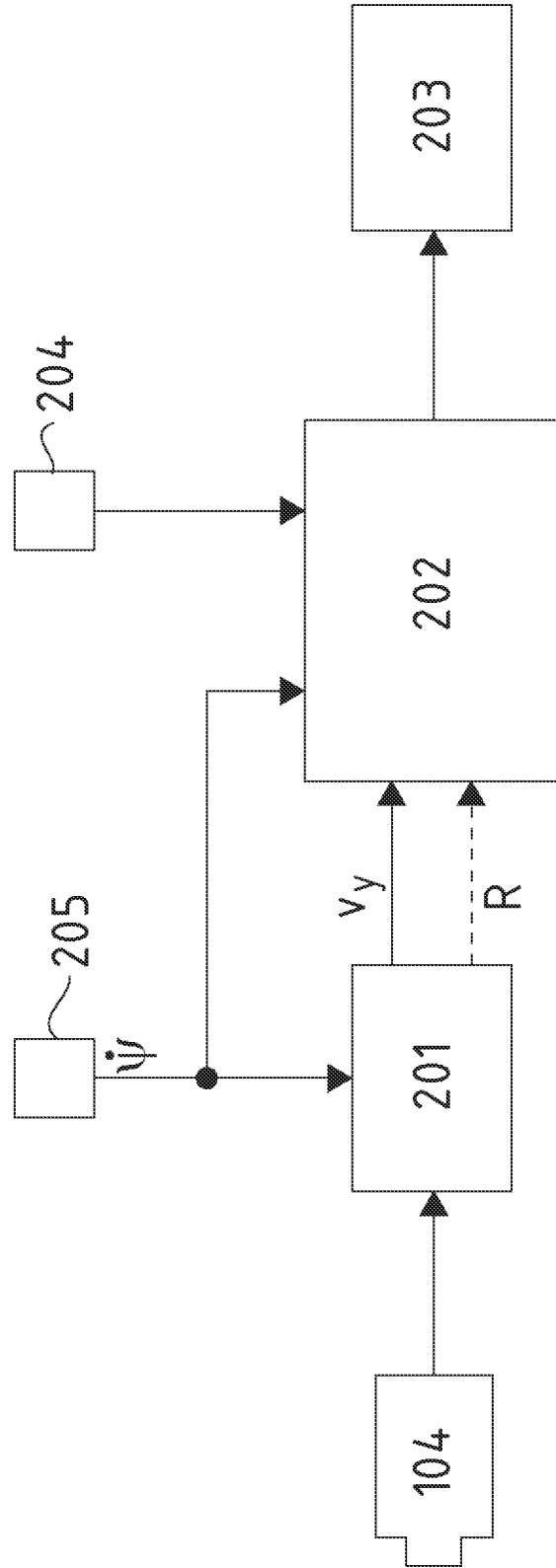


Fig. 2b

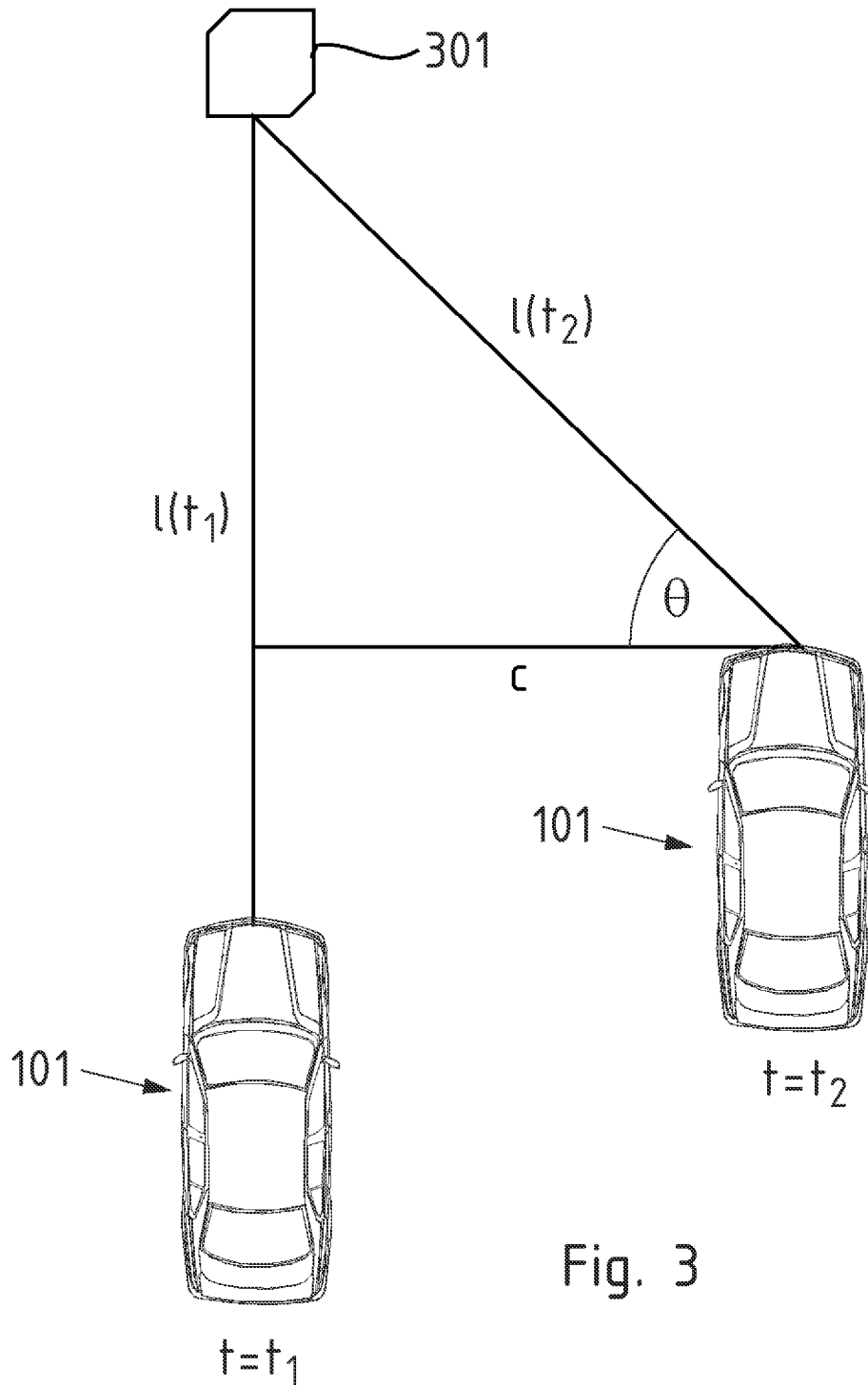


Fig. 3

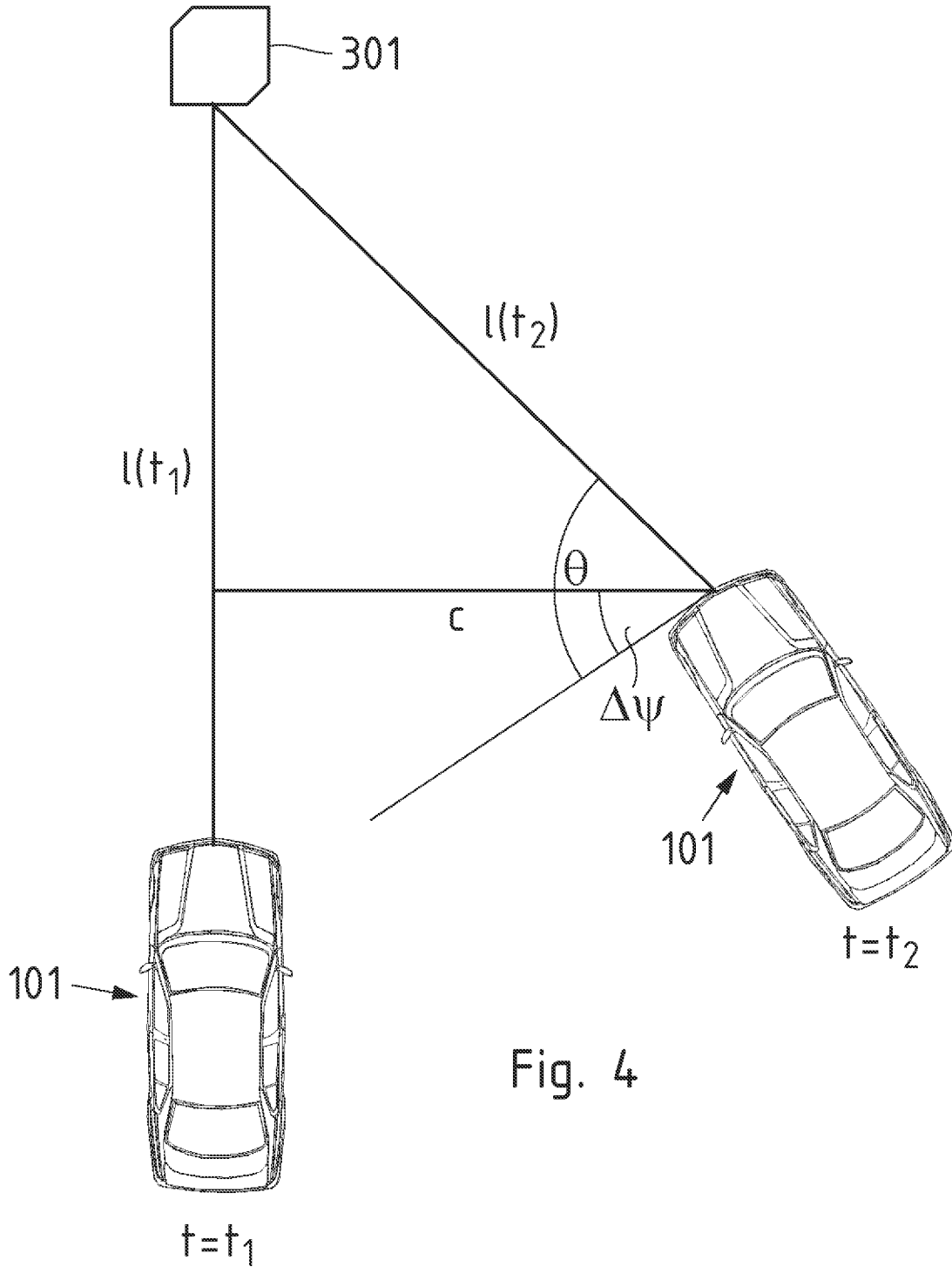


Fig. 4

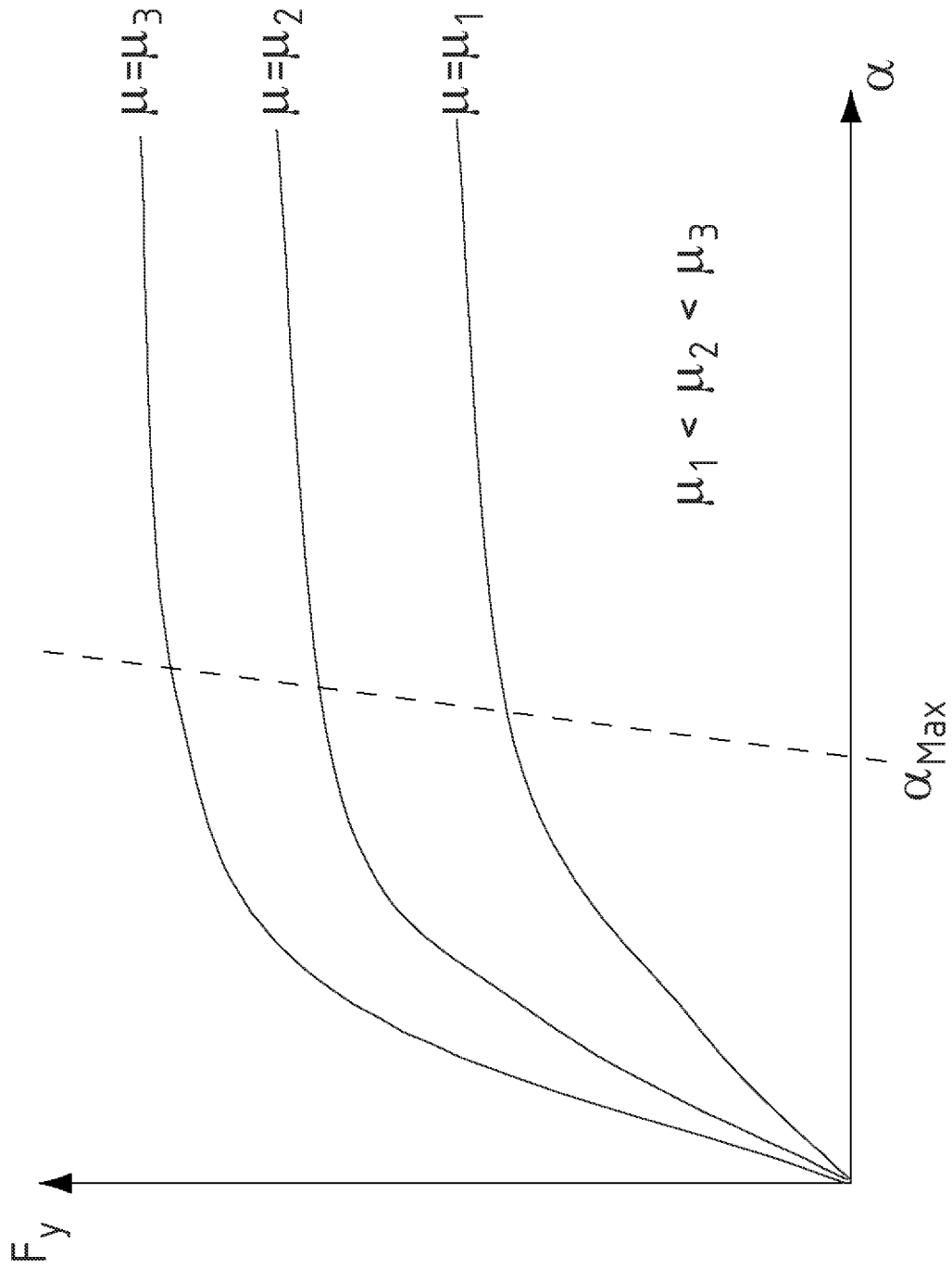


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/065085

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B60W40/10 B60W30/02 B60T8/171 G01P3/36

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 B60T G01P B60G B62D

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 |
|-----------|--|------------------------------------|
| P, X | EP 1 588 910 A (AUDI) 26 October 2005 (2005-10-26) the whole document ----- | 1, 12, 17 |
| X | DE 103 27 695 A (BOSCH) 5 January 2005 (2005-01-05) paragraphs [0002], [0016] ----- | 1-3, 5, 9-11, 17, 18, 22, 23 |
| X | WO 2004/041611 A (BOSCH) 21 May 2004 (2004-05-21) Claims 1-6; figure 4 ----- | 1, 2, 9, 10, 22, 23 |
| X | EP 0 945 319 A (LUCENT TECHNOLOGIES) 29 September 1999 (1999-09-29) paragraphs [0004], [0030] ----- | 1, 2, 17, 22, 23 |
| | -/-- | |

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 document 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

3 November 2006

Date of mailing of the international search report

21/11/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P B 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Krieger, Philippe

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International application No
 PCT/EP2006/065085

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 2004/246463 A1 (MILINUSIC) 9 December 2004 (2004-12-09) abstract; figure 3 ----- | 1, 2, 7 |
| X | EP 1 159 638 B (BOSCH) 30 June 2004 (2004-06-30) paragraphs [0019] - [0023] ----- | 1-3, 5, 9-11 |
| X | DE 22 56 885 A (LEITZ) 22 May 1974 (1974-05-22) the whole document ----- | 1, 12, 13, 15 |
| A | DE 10 2004 013906 A (NISSAN) 7 October 2004 (2004-10-07) paragraphs [0023], [0024]; figures ----- | 1, 12, 15, 16 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/065085

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|----|------------------|--|--|
| EP 1588910 | A | 26-10-2005 | DE 102004019832 B3 | 03-11-2005 |
| DE 10327695 | A | 05-01-2005 | NONE | |
| WO 2004041611 | A | 21-05-2004 | DE 10251949 A1 EP 1562807 A1 | 19-05-2004 17-08-2005 |
| EP 0945319 | A | 29-09-1999 | AU 2133599 A CA 2261483 A1 DE 69900126 D1 DE 69900126 T2 JP 11344334 A US 6130706 A | 07-10-1999 25-09-1999 05-07-2001 29-11-2001 14-12-1999 10-10-2000 |
| US 2004246463 | A1 | 09-12-2004 | NONE | |
| EP 1159638 | B | 30-06-2004 | WO 0150154 A1 DE 19964020 A1 EP 1159638 A1 JP 2003519387 T US 2002165650 A1 | 12-07-2001 05-07-2001 05-12-2001 17-06-2003 07-11-2002 |
| DE 2256885 | A | 22-05-1974 | NONE | |
| DE 102004013906 | A | 07-10-2004 | CN 1532101 A JP 2004284484 A US 2004186651 A1 | 29-09-2004 14-10-2004 23-09-2004 |

| | | |
|---|--|--|
| A KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES | | |
| INV. | B60W40/10 | B60W30/02 B60T8/171 G01P3/36 |
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC | | |
| B. RECHERCHIERTE GEBIETE | | |
| Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B60W B60T G01P B60G B62D | | |
| 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 |
| P, X | EP 1 588 910 A (AUDI) 26. Oktober 2005 (2005-10-26) das ganze Dokument | 1, 12, 17 |
| X | DE 103 27 695 A (BOSCH) 5. Januar 2005 (2005-01-05) Absätze [0002], [0016] | 1-3, 5, 9-11, 17, 18, 22, 23 |
| X | WO 2004/041611 A (BOSCH) 21. Mai 2004 (2004-05-21) Ansprüche 1-6; Abbildung 4 | 1, 2, 9, 10, 22, 23 |
| X | EP 0 945 319 A (LUCENT TECHNOLOGIES) 29. September 1999 (1999-09-29) Absätze [0004], [0030] | 1, 2, 17, 22, 23 |
| -/- | | |
| <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" 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 "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche | | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts |
| 3. November 2006 | | 21/11/2006 |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P B 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016 | | Bevollmächtigter Bediensteter Krieger, Philippe |

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr Anspruch Nr |
|------------|--|------------------|
| X | US 2004/246463 A1 (MILINUSIC) 9. Dezember 2004 (2004-12-09) Zusammenfassung; Abbildung 3 ----- | 1, 2, 7 |
| X | EP 1 159 638 B (BOSCH) 30. Juni 2004 (2004-06-30) Absätze [0019] - [0023] ----- | 1-3, 5, 9-11 |
| X | DE 22 56 885 A (LEITZ) 22. Mai 1974 (1974-05-22) das ganze Dokument ----- | 1, 12, 13, 15 |
| A | DE 10 2004 013906 A (NISSAN) 7. Oktober 2004 (2004-10-07) Absätze [0023], [0024]; Abbildungen ----- | 1, 12, 15, 16 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/065085

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|----|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 1588910 | A | 26-10-2005 | DE 102004019832 B3 | 03-11-2005 |
| DE 10327695 | A | 05-01-2005 | KEINE | |
| WO 2004041611 | A | 21-05-2004 | DE 10251949 A1 | 19-05-2004 |
| | | | EP 1562807 A1 | 17-08-2005 |
| EP 0945319 | A | 29-09-1999 | AU 2133599 A | 07-10-1999 |
| | | | CA 2261483 A1 | 25-09-1999 |
| | | | DE 69900126 D1 | 05-07-2001 |
| | | | DE 69900126 T2 | 29-11-2001 |
| | | | JP 11344334 A | 14-12-1999 |
| | | | US 6130706 A | 10-10-2000 |
| US 2004246463 | A1 | 09-12-2004 | KEINE | |
| EP 1159638 | B | 30-06-2004 | WO 0150154 A1 | 12-07-2001 |
| | | | DE 19964020 A1 | 05-07-2001 |
| | | | EP 1159638 A1 | 05-12-2001 |
| | | | JP 2003519387 T | 17-06-2003 |
| | | | US 2002165650 A1 | 07-11-2002 |
| DE 2256885 | A | 22-05-1974 | KEINE | |
| DE 102004013906 | A | 07-10-2004 | CN 1532101 A | 29-09-2004 |
| | | | JP 2004284484 A | 14-10-2004 |
| | | | US 2004186651 A1 | 23-09-2004 |