

(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
11. Oktober 2012 (11.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/136494 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01S 7/40 (2006.01) G01S 13/93 (2006.01)
G01S 13/44 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/055207

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. März 2012 (23.03.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102011015935.5 2. April 2011 (02.04.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): VALEO SCHALTER UND SENSOREN
GMBH [DE/DE]; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-
Bissingen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LUEBBERT, Urs
[DE/DE]; Turmstr. 103, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE).
GOERNER, Stefan [DE/DE]; Floesserstr. 60/3, 74321
Bietigheim-Bissingen (DE). HABERLAND, Udo
[DE/DE]; Buehlenstr. 126, 71088 Holzgerlingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A CORRECTION VALUE FOR THE MEASUREMENT OF A TARGET ANGLE
WITH A RADAR DEVICE, DRIVER ASSISTANCE SYSTEM AND MOTOR VEHICLE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES KORREKTURWERTS FÜR DIE MESSUNG EINES
ZIELWINKELS MIT EINEM RADARGERÄT, FAHRERASSISTENZSYSTEM UND KRAFTFAHRZEUG

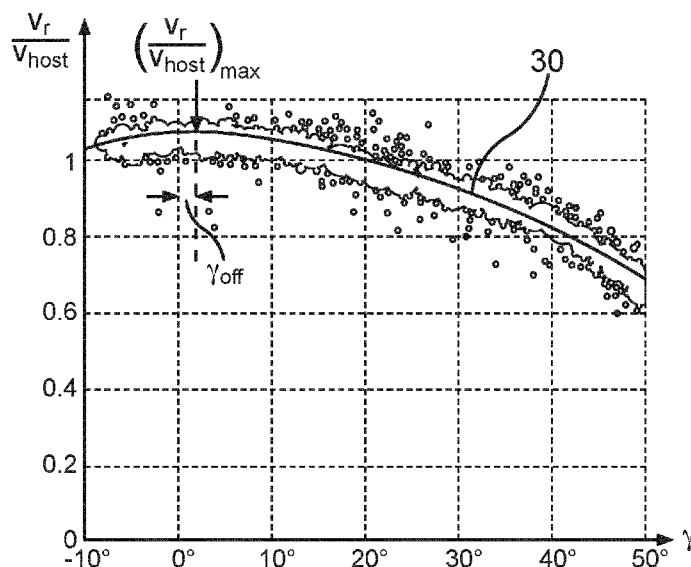


Fig.4

(57) Abstract: The aim of the invention is to determine
a correction value (γ_{off}) for the measurement of a target
angle (γ) by means of a radar device (3, 4) in a motor
vehicle (1) in a particularly reliable and precise manner
during the operation of the motor vehicle (1). Said aim
is achieved in that, in a method according to the
invention, the radar device (3, 4) emits a transmission
signal (S_0) and receives a reception signal (S_1, S_2). The
target angle (γ) is determined on the basis of the
reception signal (S_1, S_2) in accordance with a
predetermined measuring method, such as the phase
monopulse method. On the basis of the reception signal
(S_1, S_2), an object (29) that is immovable relative to the
environment of the motor vehicle (1) is detected, and a
radial speed (v_r) of the motor vehicle (1) relative to the
immovable object (29) is measured. The ratio (v_r/v_{host}) of
the current radial speed (v_r) to a current intrinsic speed
(v_{host}) of the vehicle (1) is created. The correction value
(γ) is determined in accordance with the ratio (v_r/v_{host}).
The invention further relates to a driver assistance
system (2) and to a motor vehicle (1).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Es soll eine Lösung aufgezeigt werden, wie ein Korrekturwert (γ_{off}) für die Messung eines Zielwinkels (γ) mittels eines Radargerätes (3, 4) in einem Kraftfahrzeug (1) besonders zuverlässig und präzise beim Betrieb des Kraftfahrzeugs (1) bestimmt werden kann. Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren sendet das Radargerät (3, 4) ein Sendesignal (S_0) aus und empfängt ein Empfangssignal (S_1 , S_2). Der Zielwinkel (γ) wird anhand des Empfangssignals (S_1 , S_2) gemäß einem vorbestimmten Messverfahren bestimmt, etwa dem Phasen-Monopuls-Verfahren. Es wird ein bezüglich einer Umgebung des Kraftfahrzeugs (1) unbewegliches Objekt (29) anhand des Empfangssignals (S_1 , S_2) detektiert, und eine Radialgeschwindigkeit (v_r) des Kraftfahrzeugs (1) bezüglich des beweglichen Objekts (29) wird gemessen. Die aktuelle Radialgeschwindigkeit (v_r) und eine aktuelle Eigengeschwindigkeit (v_{host}) des Kraftfahrzeugs (1) werden ins Verhältnis (v_r/v_{host}) gesetzt. Der Korrekturwert (γ) wird in Abhängigkeit von dem Verhältnis (v_r/v_{host}) bestimmt. Es wird auch ein Fahrerassistenzsystem (2), wie auch ein Kraftfahrzeug (1) bereitgestellt.

Verfahren zum Bestimmen eines Korrekturwerts für die Messung eines Zielwinkels mit einem Radargerät, Fahrerassistenzsystem und Kraftfahrzeug

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Korrekturwerts für die Messung eines Zielwinkels mittels eines Radargerätes in einem Kraftfahrzeug. Das Radargerät sendet ein Sendesignal aus und empfängt ein Empfangssignal, welches das von einem Objekt reflektierte Sendesignal ist. Der Zielwinkel wird anhand des Empfangssignals gemäß einem vorbestimmten Messverfahren (etwa Phasen-Monopuls-Verfahren) bestimmt. Die Erfindung betrifft außerdem ein Fahrerassistenzsystem für ein Kraftfahrzeug, wie auch ein Kraftfahrzeug mit einem Fahrerassistenzsystem.

Vorliegend gilt das Interesse insbesondere der Phasen-Monopuls-Messung mithilfe eines Automobilradargerätes. Dieses Verfahren dient zum Bestimmen des Zielwinkels eines Objektes und stellt in der Radartechnik eine bekannte Methode dar. Zur Bestimmung des Zielwinkels – Winkel zwischen einer durch das Radargerät verlaufenden Referenzachse und einer durch das Radargerät und das Objekt verlaufenden Verbindungslinie – nach dem Phasen-Monopuls-Verfahren bedarf es zumindest zweier Empfangsantenneneinheiten, welche zwei einzelne Empfangsantennen oder aber zwei Empfangsantennengruppen (Arrays) sein können. Die durch die Empfangsantenneneinheiten empfangenen Signale werden in zwei separaten Empfangskanälen aufbereitet und als digitale Signale mithilfe einer Recheneinrichtung verarbeitet. Der Zielwinkel wird abhängig von der Phasenverschiebung zwischen den empfangenen Signalen der beiden Empfangskanäle bestimmt. Es wird zu diesem Zwecke der Zusammenhang des Zielwinkels und der Phasendifferenz zwischen den Phasen der empfangenen Signale in der Recheneinrichtung modelliert, nämlich durch eine Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie (auch unter der Bezeichnung „Phasenmonopulscharakteristik“ bekannt).

Ein derartiges Radargerät kann für ein Fahrerassistenzsystem eingesetzt werden, welches einerseits zur Überwachung des Totwinkelbereiches des Kraftfahrzeugs dient und andererseits auch als ein Spurwechselassistent verwendet wird. Ein solches Fahrerassistenzsystem warnt den Fahrer vor der Anwesenheit von anderen Kraftfahrzeugen im Totwinkelbereich des Kraftfahrzeugs; auf der anderen Seite warnt

das System auch vor Fahrzeugen, die bis zu 70 m entfernt hinter dem eigenen Kraftfahrzeug auf der Nachbarspur fahren und das eigene Kraftfahrzeug bald überholen werden. Für diese Anwendungen muss das Fahrerassistenzsystem Fahrzeuge erfassen können, die sich neben und hinter dem eigenen Kraftfahrzeug befinden. Dazu werden im Stand der Technik zwei Radargeräte hinter dem hinteren Stoßfänger verbaut, nämlich ein Radargerät an der rechten Ecke und ein Radargerät an der linken Ecke des hinteren Stoßfängers. Mit den beiden Radargeräten werden die Fahrzeuge in der Umgebung detektiert, es werden Entfernung, relative Geschwindigkeit, wie auch der Zielwinkel – Azimutwinkel – gemessen. Anhand all dieser Informationen können die anderen Fahrzeuge verfolgt werden beziehungsweise es kann die jeweils augenblickliche Position dieser Fahrzeuge bezüglich des eigenen Kraftfahrzeugs bestimmt werden. Daraus wird ermittelt, ob sich die Fahrzeuge innerhalb des Totwinkelbereiches oder aber des Spurwechselbereiches befinden.

Die Spurzuordnung entfernter Fahrzeuge erfordert eine besonders hohe Winkelmessgenauigkeit von weniger als 1°. Dafür muss der Einbauwinkel des Radargerätes genau bekannt sein. Die Einbautoleranzen in der Serienproduktion können jedoch so groß sein, dass die Einbau-Winkeltoleranz größer als die geforderte Winkelmessgenauigkeit ist. Einbautoleranzen, hochfrequente Eigenschaften und die Form des Stoßfängers beeinflussen außerdem die Richtcharakteristik der Antennen und verfälschen auch die Messung des Zielwinkels. Außerdem kann sich die tatsächliche Zielwinkel-Phasendifferenz-Abhängigkeit über die Lebensdauer des Kraftfahrzeugs verändern, nämlich beispielsweise aufgrund einer Deformation des Stoßfängers durch leichte Kollisionen, die häufig beim Einparken des Kraftfahrzeugs in Längsparklücken verursacht werden. Es besteht somit eine besondere Herausforderung darin, systematische Fehler, also zum Beispiel solche, die durch Einbautoleranzen oder aber durch Alterung der Bauteile verursacht werden, bei der Messung des Zielwinkels zu korrigieren.

Der tatsächliche Einbauwinkel des Radargerätes soll dem Fahrerassistenzsystem bekannt sein, damit es aus dem gemessenen Zielwinkel und der gemessenen Entfernung relativ zum Sensorkoordinatensystem die Zielposition relativ zum eigenen Kraftfahrzeug bestimmen kann. Bei der Endmontage des Radargerätes am Kraftfahrzeug kann der tatsächliche Einbauwinkel mithilfe einer Kalibrierung ermittelt werden. Der tatsächliche Einbauwinkel kann dann in einem nicht-flüchtigen Speicher des Fahrerassistenzsystems abgelegt werden. Eine derartige Kalibrierung ist jedoch relativ

teuer und beansprucht verhältnismäßig viel Zeit. Des Weiteren kann eine Veränderung des Einbauwinkels über die Lebensdauer des Kraftfahrzeugs nicht erkannt werden.

Es sind aus dem Stand der Technik bereits Verfahren bekannt, welche zur Kalibrierung der Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie beim Betrieb des Kraftfahrzeugs – also während der Fahrt – dienen. Die Druckschrift DE 10 2009 024 064 A1 beschreibt ein Fahrerassistenzsystem sowie ein Verfahren aus dem Hause der Anmelderin, bei denen eine Entfernung eines Objektes zu dem Radargerät sowie eine Entfernung desselben Objektes zu einem separaten Sensor gemessen werden. Der Zielwinkel wird aus diesen Messwerten nach dem Trilaterationsverfahren berechnet, und die Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie wird dann abhängig vom Ergebnis dieser Berechnung korrigiert.

Aus dem Dokument EP 1 159 638 B1 ist ein Verfahren zur Justageerkennung bei einem Kraftfahrzeug-Sensorsystem bekannt, bei welchem von einem stehenden Objekt reflektierte elektromagnetische Wellen empfangen werden. Anhand der ausgesendeten und der empfangenen Signale wird ein relativer Winkel und ein relativer Abstand zwischen dem detektierten Objekt und einer Bezugsachse des Kraftfahrzeugs sowie eine Relativgeschwindigkeit des Objektes bezüglich des Kraftfahrzeugs bestimmt. Anhand des relativen Winkels, des relativen Abstands und einer Fahrzeug-Eigengeschwindigkeit wird ein Korrekturwert für den relativen Winkel bestimmt. Des Weiteren wird anhand des relativen Winkels, des Korrekturwerts, des relativen Abstands, der Relativgeschwindigkeit, der Fahrzeug-Eigengeschwindigkeit und einer Gierrate ein Korrekturwert für die Gierrate bestimmt.

Die Druckschrift DE 196 10 351 C2 beschreibt eine Radarvorrichtung für ein Kraftfahrzeug, bei welcher eine Strahlemissionsachse entsprechend einem Korrekturwert korrigiert wird, um einen Fehler der Strahlemissionsachse gegenüber einer geradlinigen Bahn des Kraftfahrzeugs in horizontaler Richtung auf ein Minimum zu reduzieren. Zur Bestimmung dieses Korrekturwertes sendet die Radarvorrichtung ein Sendesignal, um ein entferntes Objekt in horizontaler Richtung abzutasten.

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Weg aufzuzeigen, wie bei einem Verfahren der eingangs genannten Gattung der Korrekturwert beim Betrieb des Kraftfahrzeugs ohne viel Aufwand bestimmt werden kann, so dass der Zielwinkel mit höchster Präzision bestimmt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1, durch ein Fahrerassistenzsystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 14, wie auch durch ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 15 gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche und der Beschreibung.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient zum Bestimmen eines Korrekturoffsets bzw. Korrekturwertes für die Messung eines Zielwinkels mittels eines Radargerätes in einem Kraftfahrzeug. Das Radargerät sendet ein Sendesignal aus und empfängt ein Empfangssignal. Das Empfangssignal ist das von einem Ziel beziehungsweise fahrzeugexternen Objekt reflektierte Sendesignal. Der Zielwinkel wird anhand des Empfangssignals gemäß einem vorbestimmten Messverfahren (etwa dem Phasen-Monopuls-Verfahren) bestimmt. Es wird ein bezüglich einer Umgebung des Kraftfahrzeugs unbewegliches – also relativ zur Straße feststehendes – Objekt anhand des Empfangssignals detektiert. Es wird eine radiale Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs bezüglich des unbeweglichen Objektes anhand des Empfangssignals des Radargerätes gemessen, und die aktuelle Radialgeschwindigkeit und eine aktuelle Eigengeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs werden ins Verhältnis gesetzt. Der Korrekturwert für die Messung des Zielwinkels wird dann in Abhängigkeit von diesem Verhältnis bestimmt.

Ein Grundgedanke der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, zur Bestimmung des Korrekturwerts eine Radialgeschwindigkeit eines unbeweglichen, feststehenden Objektes – etwa eines Infrastrukturobjektes – bezüglich des Kraftfahrzeugs zu messen und diese Radialgeschwindigkeit mit der Eigengeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs – diese ist die tatsächliche Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs bezüglich der Straße und kann beispielsweise mithilfe eines Raddrehzahlsensors gemessen werden – ins Verhältnis zu setzen. Die Erfindung macht sich die Tatsache zunutze, dass der Zielwinkel auch von der Radialgeschwindigkeit des unbeweglichen Objektes sowie von der Eigengeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs abhängig ist. Es gilt nämlich folgende Beziehung: $v_{\text{host}} = v_r \cdot \cos(\gamma)$, wobei v_{host} die Eigengeschwindigkeit, v_r die Radialgeschwindigkeit und γ den Zielwinkel bezeichnen. Anhand dieser Beziehung kann der Zielwinkel also unabhängig von dem tatsächlichen Einbauwinkel des Radargerätes bestimmt werden, so dass ein daraus ermittelter Zielwinkel zur Bestimmung des Korrekturwerts herangezogen werden kann. Es gelingt somit, den Korrekturwert auch während des Betriebs des Kraftfahrzeugs beziehungsweise während der Fahrt automatisch zu bestimmen und das Radargerät zu kalibrieren. Durch die Alterung der

Bauteile sowie durch Einbautoleranzen bedingte systematische Fehler können somit korrigiert werden, und es wird eine präzise Bestimmung des Zielwinkels gewährleistet.

Die Erfindung beruht auch auf der Erkenntnis, dass die Bestimmung des Zielwinkels gemäß dem vorbestimmten Messverfahren – etwa dem Phasen-Monopuls-Verfahren – mithilfe einer abgelegten Zielwinkel-Parameter-Kennlinie eine geringe Varianz beziehungsweise geringes Messrauschen aufweist, jedoch mit einem systematischen Fehler behaftet ist, nämlich aufgrund der Alterung der Bauteile oder auch aufgrund der Einbautoleranzen. Demgegenüber weisen die abhängig von der Radialgeschwindigkeit berechneten Zielwinkelwerte eine hohe Varianz auf, können jedoch insgesamt als erwartungstreu angesehen werden. Der Fehler bei der Berechnung des Zielwinkels abhängig von der Radialgeschwindigkeit ist somit ein zufälliger Fehler – bedingt durch die Genauigkeit der Messung der Radialgeschwindigkeit – und kein systematischer Fehler. Dieser Fehler kann näherungsweise als mittelwertfrei angesehen werden. Es ist somit möglich, mithilfe einer Filterung – beispielsweise einer Mittelung – des Verhältnisses der Radialgeschwindigkeit zur Eigengeschwindigkeit über eine bestimmte Zeit sehr präzise Korrekturwerte zu erreichen und die Zielwinkel-Parameter-Kennlinie korrigieren bzw. auf eine gemittelte, aus den Werten des Verhältnisses gewonnene Kosinus-Funktion anzupassen. Es werden hier keine weiteren Parameter des Kraftfahrzeugs benötigt, wie zum Beispiel die aktuelle Gierrate.

Nach dem vorbestimmten Messverfahren kann der Zielwinkel also in Abhängigkeit von einem Parameter des Empfangssignals anhand einer abgelegten Zielwinkel-Parameter-Kennlinie bestimmt werden, und die Zielwinkel-Parameter-Kennlinie kann anhand des Korrekturwerts korrigiert werden. Diese Ausführungsform kann ohne viel Aufwand implementiert werden und ermöglicht außerdem eine präzise Messung des Zielwinkels in unterschiedlichen Winkelbereichen.

Prinzipiell kann vorgesehen sein, dass das Radargerät über eine einzige Empfangsantenneneinheit verfügt und zumindest zwei Sendeantenneneinheiten – zumindest zwei einzelne Sendeantennen oder zumindest zwei Gruppen von Sendeantennen (Arrays) – eingesetzt werden. In diesem Falle kann der Zielwinkel nach dem vorbestimmten Messverfahren durch Auswertung der empfangenen Signale bestimmt werden, die durch zwei unabhängige Sendeantenneneinheiten gesendet werden.

Es hat sich jedoch als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn das Radargerät zumindest zwei Empfangsantenneneinheiten umfasst. Dann kann für jede Empfangsantenneneinheit jeweils ein separater Empfangskanal bereitgestellt sein, in welchem die durch die zugeordnete Empfangsantenneneinheit empfangenen Signale aufbereitet werden. Für die Bestimmung des Zielwinkels stehen dann Signale in zwei unabhängigen Empfangskanälen zur Verfügung, und es kann das Phasen-Monopuls-Verfahren oder auch das Amplituden-Monopuls-Verfahren zur Bestimmung des Zielwinkels verwendet werden. Dann ist die Zielwinkel-Parameter-Kennlinie eine Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie oder eine Zielwinkel-Amplitudendifferenz-Kennlinie. Das Radargerät kann in dieser Ausführungsform mit lediglich einer Sendeantenneneinheit auskommen. Das vorbestimmte Messverfahren ist also bevorzugt das Phasen-Monopuls-Verfahren, bei welchem der Zielwinkel in Abhängigkeit von der Phasendifferenz zwischen den Empfangssignalen unterschiedlicher Empfangsantenneneinheiten anhand einer abgelegten Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie gemessen wird. Dann kann diese Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie anhand des Korrekturwerts korrigiert werden. Gerade dieses Messverfahren besitzt ein geringes Messrauschen und sorgt somit für eine sehr präzise Messung des Zielwinkels, und zwar insbesondere dann, wenn der systematische Fehler aufgrund der Alterung der Bauteile sowie der Einbautoleranzen anhand des Korrekturwerts korrigiert wird.

Also wird die Radialgeschwindigkeit in Bezug auf ein unbewegliches beziehungsweise feststehendes Objekt gemessen. Dieses unbewegliche Objekt kann ein Infrastrukturobjekt sein, welches sich neben einer Straße befindet. Ein Objekt kann dann als unbewegliches Objekts klassifiziert werden, wenn mit einer vorbestimmten Genauigkeit – etwa ± 1 km/h oder ± 2 km/h oder ± 3 km/h oder ± 4 km/h oder ± 5 km/h – die aktuelle gemessene Radialgeschwindigkeit gleich einer aktuellen Referenzradialgeschwindigkeit ist, welche aus der aktuellen Eigengeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs und aus dem aktuellen, nach dem bestimmten Messverfahren gemessenen Zielwinkel errechnet wird. Stimmt also die Eigengeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs mit der mithilfe des Radargerätes gemessenen relativen Geschwindigkeit des Objektes überein, so wird dieses Objekt als ein unbewegliches Objekt klassifiziert. Dies ist eine sehr robuste und zuverlässige Methode zur Klassifizierung von Objekten. Diese Klassifizierungsmethode verwendet also den nach dem vorbestimmten Messverfahren (z.B. Phasen-Monopuls-Messung) ermittelten Zielwinkel. Dies hat folgende Vorteile: Einerseits ist der Rechenaufwand auf ein Minimum reduziert, denn das Verhältnis der Radialgeschwindigkeit zur Eigengeschwindigkeit muss nicht für jede einzelne Messung beziehungsweise jedes einzelne Objekt in den aktuellen Zielwinkel

umgerechnet werden. Auf der anderen Seite ist die Varianz des genannten Verhältnisses verhältnismäßig hoch und die Umrechnung in den Zielwinkel wesentlich stabiler, wenn das genannte Verhältnis über lange Zeit gemittelt wird.

In einer Ausführungsform wird für eine Vielzahl von Zielwinkelintervallen jeweils zumindest ein Wert des Verhältnisses bestimmt. Das Verhältnis kann also als eine (Kosinus-)Funktion in Abhängigkeit von dem Zielwinkel bestimmt werden. Somit kann auch der Korrekturwert – in diesem Fall eine Korrekturgröße – als eine von dem Zielwinkel abhängige Funktion ermittelt werden, und eine gesamte Zielwinkel-Parameter-Kennlinie kann korrigiert werden.

Wird ein unbewegliches Objekt detektiert, so tastet das Radargerät während der Fahrt kontinuierlich dieses unbewegliche Objekt ab, so dass die Radialgeschwindigkeit und das Verhältnis der Radialgeschwindigkeit zur Eigengeschwindigkeit jeweils für eine Vielzahl von Zielwinkelwerten gewonnen werden. Es stehen also bei einem einzelnen unbeweglichen Objekt eine Vielzahl von Werten des Verhältnisses zur Verfügung, die jeweils einem anderen Zielwinkelintervall zugeordnet sind. Die Zuordnung eines aktuellen Wertes des Verhältnisses zu einem Zielwinkelintervall kann derart aussehen, dass zu diesem aktuellen Verhältniswert ein korrespondierender, nach dem vorbestimmten, zu kalibrierenden Messverfahren gemessener Wert des Zielwinkels bestimmt wird. Der aktuelle Verhältniswert wird dann demjenigen Zielwinkelintervall zugeordnet, in welches auch der korrespondierende aktuelle Wert des Zielwinkels fällt. Also erfolgt die Zuordnung des aktuellen Wertes des Verhältnisses zu einem Zielwinkelintervall anhand des aktuellen, nach dem vorbestimmten Messverfahren gemessenen Werts des Zielwinkels. Diese Ausführungsform hat auch die bereits oben beschriebenen Vorteile: Einerseits kann der Rechenaufwand auf ein Minimum reduziert werden, denn der aktuelle Verhältniswert muss nicht in aufwendiger Weise in den Winkelbereich transformiert werden; andererseits ist die Varianz bei der Messung des Verhältnisses relativ hoch, und diese Transformation ist dann wesentlich stabiler, wenn die Verhältniswerte über lange Zeit gemittelt werden. Somit kann die Zuordnung der Verhältniswerte sehr präzise und fehlerfrei vorgenommen werden.

Für eine Vielzahl von Zielwinkelintervallen steht also jeweils zumindest ein Wert des Verhältnisses für die Bestimmung des Korrekturwerts zur Verfügung. Nun sind prinzipiell zwei Vorgehensweisen sinnvoll möglich: Für eine Vielzahl von Zielwinkelintervallen können jeweils unterschiedliche Korrekturwerte für die Messung des Zielwinkels bestimmt werden. Alternativ kann vorgesehen sein, dass aus den jeweiligen Werten des

Verhältnisses ein für eine Vielzahl von Zielwinkelintervallen gemeinsamer Korrekturfaktor bestimmt wird. Letztere Ausführungsform kann beispielsweise so aussehen, dass die „alte“ Zielwinkel-Parameter-Kennlinie an die Kosinus-Funktion des Verhältnisses angepasst wird. Hier entspricht der Korrekturwert der Verschiebung beziehungsweise dem Versatz zwischen der „alten“ Kennlinie und der Kosinus-Funktion des Verhältnisses. Eine solche Vorgehensweise kann ohne viel Rechenaufwand durchgeführt werden.

Wie bereits ausgeführt, ist die Bestimmung des Verhältnisses mit einer relativ großen Messvarianz behaftet, da schon leichte Messfehler bei der Messung der Radialgeschwindigkeit große Fehler bei der Bestimmung des Verhältnisses verursachen. Die Messung der Radialgeschwindigkeit hat eine hohe Varianz, kann aber als Erwartungstreu angenommen werden. Gerade aus diesem Grund ist in einer Ausführungsform vorgesehen, dass das Verhältnis der Radialgeschwindigkeit zur Eigengeschwindigkeit über eine vorbestimmte Zeitdauer gemittelt wird. Für die Vielzahl der Zielwinkelintervalle können jeweils eine Mehrzahl von Werten des Verhältnisses gesammelt werden, und aus der jeweiligen Mehrzahl der Werte kann jeweils ein Mittelwert für das Verhältnis berechnet werden. Für die Vielzahl der Zielwinkelintervalle steht dann jeweils ein Mittelwert des Verhältnisses zur Verfügung, welcher aus einer Vielzahl von gesammelten Verhältniswerten bestimmt wurde. Auf diesem Wege gelingt es, den Korrekturoffset mit höchster Präzision zu bestimmen und insgesamt eine höchst genaue Ermittlung des Zielwinkels nach dem vorbestimmten Messverfahren zu gewährleisten.

Die Zielwinkelintervalle können jeweils beispielsweise eine Winkelbreite aus einem Wertebereich von $0,5^\circ$ bis 3° aufweisen. Beispielsweise kann jedes Zielwinkelintervall eine Winkelbreite von 1° aufweisen.

Die Mittelung des Verhältnisses kann beispielsweise derart erfolgen, dass zu jedem Zielwinkelintervall jeweils eine vorbestimmte Anzahl von Werten des Verhältnisses – insbesondere zwischen 10000 und 100000, beispielsweise 20000 oder 40000 oder 60000 oder 80000 Werte – gesammelt werden, und der Mittelwert aus dieser vorbestimmten Anzahl der Werte berechnet wird. Gemäß einer ersten Alternative können die gesammelten Werte nach der Berechnung des Mittelwertes gelöscht werden, und neue Werte können für einzelne Zielwinkelintervalle gesammelt werden. Gemäß einer zweiten Alternative kann vorgesehen sein, dass für jedes Zielwinkelintervall jeweils ein gleitendes Mittel aus jeweils der vorbestimmten Anzahl der Werte berechnet wird. Somit kann der Korrekturwert fortlaufend beziehungsweise kontinuierlich bestimmt werden, und

die Zielwinkel-Parameter-Kennlinie kann fortlaufend angepasst werden. Es steht somit stets eine genaue Kennlinie für die Messung des Zielwinkels zur Verfügung.

Durch Bestimmung des Korrekturwerts wird im Wesentlichen ein Einbauwinkel-Fehler und somit der tatsächliche Einbauwinkel des Radargerätes ermittelt. Allerdings kann der Stoßfänger die Richtcharakteristiken der Antennen auch winkelabhängig verzerren. In diesem Falle ist der gemessene Einbauwinkel-Fehler beispielsweise im seitlichen Erfassungsbereich (neben dem Kraftfahrzeug) ein wenig anders als im hinteren Erfassungsbereich (hinter dem Kraftfahrzeug). Aufgrund einer derartigen winkelabhängigen Verzerrung ist es sinnvoll, für die Bestimmung des Korrekturwerts ausschließlich Messungen an unbeweglichen Objekten aus einem Teilwinkelbereich auszuwerten, in dem die Bestimmung des Zielwinkels die größte Präzision benötigt. Es ist auch möglich, verschiedene Erfassungsbereiche getrennt voneinander zu bearbeiten und für jeden Bereich einen separaten Korrekturwert zu bestimmen.

Also kann vorgesehen sein, dass ausschließlich für einen vorbestimmten Teilwinkelbereich eines gesamten (azimutalen) Zielwinkelerfassungsbereiches des Radargerätes das Verhältnis der gemessenen Radialgeschwindigkeit zur aktuellen Eigengeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs bestimmt wird. Folglich kann auch der Korrekturwert ausschließlich für den vorbestimmten Winkelbereich des gesamten Zielwinkelerfassungsbereiches ermittelt werden.

Weil der Zielwinkel insbesondere für die Anwendung des Spurwechselassistenten besonders präzise gemessen werden soll und bei dieser Anwendung diejenigen Fahrzeuge besonders genau erfasst werden sollen, die sich auf einer Nachbarspur hinter dem eigenen Kraftfahrzeug befinden, kann das Verhältnis der Radialgeschwindigkeit zur Eigengeschwindigkeit ausschließlich für den folgenden Winkelbereich bestimmt werden: Ist das Radargerät in einem hinteren Eckbereich des Kraftfahrzeugs angeordnet, so kann bezüglich einer Referenzachse, die in Fahrzeuginnenrichtung durch das Radargerät verläuft, der genannte ausschließliche Teilwinkelbereich einerseits durch einen ersten Winkelgrenzwert aus einem Wertebereich von 0° bis 20° in Richtung zur Mittellängsachse des Kraftfahrzeugs hin und andererseits durch einen zweiten Winkelgrenzwert aus einem Wertebereich von 40° bis 60° in Richtung von der Mittellängsachse weg begrenzt sein. Gerade dann kann der Zielwinkel eines auf der Nachbarspur befindlichen Fahrzeugs mit höchster Präzision gemessen werden, und der Rechenaufwand ist außerdem auf ein Minimum reduziert.

Folgende Vorgehensweise erweist sich als besonders vorteilhaft: Ist der Korrekturwert kleiner als eine vorgegebene Schwelle, so wird der Zielwinkel – insbesondere die Zielwinkel-Parameter-Kennlinie – anhand des Korrekturwerts korrigiert. Wird hingegen festgestellt, dass der Korrekturwert größer als die vorgegebene Schwelle ist, so wird das Radargerät und insbesondere auch das gesamte Fahrerassistenzsystem deaktiviert. Auf diese Weise wird verhindert, dass das Radargerät auch bei einem unerwartet großen Fehler beziehungsweise einer zu großen Abweichung des tatsächlichen Einbauwinkels vom geplanten Einbauwinkel des Radargerätes aktiv ist.

In Abhängigkeit von dem Verhältnis der Radialgeschwindigkeit zur Eigengeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs kann auch ein Messfehler der Eigengeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs bestimmt werden. Diese – beispielsweise mithilfe eines Raddrehzahlsensors – gemessene Eigengeschwindigkeit kann dann anhand des ermittelten Messfehlers korrigiert werden, und es kann die korrekte Eigengeschwindigkeit dem Fahrer angezeigt und/oder durch das Fahrerassistenzsystem für interne Rechenvorgänge genutzt werden. Diese Ausführungsform beruht auf der Tatsache, dass das Verhältnis der Radialgeschwindigkeit zur Eigengeschwindigkeit im Prinzip eine Kosinus-Funktion ist, also eine Funktion mit einem Minimum von -1 und einem Maximum von 1. Überschreitet oder unterschreitet das tatsächliche Maximum des Verhältnisses den Wert von eins, so ist die Abweichung des tatsächlichen Maximums von dem idealen Maximum ein Maß für den Messfehler der Eigengeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs. Auf diese Weise kann die Messung der Eigengeschwindigkeit plausibilisiert werden.

Es wird bevorzugt ein Dauerstrichradar als Radargerät verwendet, welcher zum Abstrahlen einer frequenzmodulierten kontinuierlichen elektromagnetischen Welle ausgebildet ist (auch unter der Bezeichnung FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave)-Radar bekannt). Mit einem solchen Radargerät gelingt es, die Entfernung eines Objektes von selbigem Radargerät zu bestimmen, wie auch die relative Geschwindigkeit des Objektes bezüglich des Radargerätes sowie die relative Position beziehungsweise den Zielwinkel. Das Radargerät kann eine oder mehrere Sendeantenneneinheiten sowie eine oder mehrere Empfangsantenneneinheiten beinhalten. Das Radargerät kann einen Empfänger umfassen, mit welchem die zumindest eine Empfangsantenneneinheit gekoppelt ist. Ein solcher Empfänger kann zum Beispiel einen Mischer, einen Tiefpassfilter, einen Verstärker sowie einen Analog-Digital-Wandler umfassen. Die durch die zumindest eine Empfangsantenneneinheit empfangenen Signale werden dann im Empfänger in das Basisband herabgemischt, tiefpass-gefiltert und analog-digital-gewandelt. Das digitale Signal wird dann durch eine Recheneinrichtung verarbeitet, die

anhand des digitalen Signals die Entfernung, die relative Geschwindigkeit, wie auch den Zielwinkel anhand einer Zielwinkel-Parameter-Kennlinie berechnet.

Umfasst das Radargerät zumindest zwei Empfangsantenneneinheiten, so kann der Empfänger für jede Empfangsantenneneinheit jeweils einen Mischer, einen Tiefpassfilter, einen Verstärker sowie einen Analog-Digital-Wandler umfassen. Die durch die Empfangsantenneneinheiten empfangenen Signale werden dann im Empfänger in das Basisband herabgemischt, tiefpass-gefiltert und analog-digital-gewandelt. Die Recheneinrichtung kann an den empfangenen Signalen die Fourier-Transformation, insbesondere die FFT (Fast Fourier Transformation) durchführen, die Phasen oder die Amplituden der empfangenen Signale detektieren und miteinander vergleichen, um den Zielwinkel zu bestimmen.

Bei dem Radargerät wird bevorzugt eine separate Sendeantenneneinheit – sei diese eine einzelne Sendeantenne oder eine Sendeantennengruppe – verwendet, die mithilfe eines lokalen Oszillators zur Erzeugung eines Sendesignals gespeist wird. Das Sendesignal kann auch den jeweiligen Mixchern im Empfänger zugeführt werden, um die empfangenen Signale in das Basisband herabzumischen. Die Sendeantenneneinheit kann phasengesteuert werden, um so insgesamt einen relativ breiten Umgebungsbereich mit einer schmalen Hauptkeule der Richtcharakteristik erfassen zu können.

Erfindungsgemäß wird darüber hinaus ein Fahrerassistenzsystem für ein Kraftfahrzeug bereitgestellt. Das Fahrerassistenzsystem umfasst ein Radargerät, welches zumindest eine Empfangsantenneneinheit zum Empfangen eines Empfangssignals umfasst. Das Fahrerassistenzsystem umfasst auch eine Recheneinrichtung, welche zum Bestimmen eines Zielwinkels anhand des Empfangssignals gemäß einem vorbestimmten Messverfahren ausgebildet ist. Die Recheneinrichtung kann anhand des Empfangssignals ein unbewegliches Objekt detektieren, eine Radialgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs bezüglich des unbeweglichen Objektes messen und einen Korrekturwert für die Bestimmung des Zielwinkels in Abhängigkeit von einem Verhältnis der Radialgeschwindigkeit zu einer Eigengeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs bestimmen.

Ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug beinhaltet ein erfindungsgemäßes Fahrerassistenzsystem. Die mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren vorgestellten bevorzugten Ausführungsformen und deren Vorteile gelten entsprechend

für das erfindungsgemäße Fahrerassistenzsystem sowie das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Alle vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder aber in Alleinstellung verwendbar.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einzelner bevorzugter Ausführungsbeispiele, wie auch unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 in schematischer Darstellung eine Draufsicht auf ein Kraftfahrzeug gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 2 ein Blockschaltbild eines Radargerätes mit einer Recheneinrichtung;
- Fig. 3 in schematischer Darstellung eine Draufsicht auf das Kraftfahrzeug gemäß Fig. 1, wobei ein Verfahren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung näher erläutert wird;
- Fig. 4 eine Vielzahl von Messwerten eines Verhältnisses einer Radialgeschwindigkeit zur Eigengeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einem Zielwinkel;
- Fig. 5A einen idealen und einen verschobenen Verlauf einer Phasendifferenz zwischen den Phasen von Empfangssignalen unterschiedlicher Empfangsantenneneinheiten in Abhängigkeit von dem Zielwinkel;
- Fig. 5B einen idealen und einen verzerrten Verlauf der Phasendifferenz; und
- Fig. 6 in schematischer Darstellung das Kraftfahrzeug gemäß Fig. 1, wobei ein Verfahren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung näher erläutert wird.

Ein in Fig. 1 dargestelltes Kraftfahrzeug 1 kann beispielsweise ein Personenkraftwagen sein. Es umfasst ein Fahrerassistenzsystem 2, das den Fahrer beim Führen des Kraftfahrzeugs 1 unterstützt. Das Fahrerassistenzsystem 2 kann beispielsweise ein System zur Überwachung des Totwinkelbereiches des Kraftfahrzeugs 1 und/oder zum Unterstützen des Fahrers beim Wechseln der Spur sein. Das Fahrerassistenzsystem 2 umfasst ein erstes Radargerät 3 sowie ein zweites Radargerät 4. Das erste Radargerät 3 ist in einer linken Ecke eines hinteren Stoßfängers angeordnet, während das zweite Radargerät 4 in einer rechten Ecke desselben Stoßfängers angeordnet ist. Die Radargeräte 3, 4 sind hinter dem Stoßfänger verbaut.

Das erste Radargerät 3 erfasst einen Erfassungsbereich 7, der durch einen Azimutwinkel α definiert ist, welcher in Fig. 1 durch zwei Begrenzungslinien 7a, 7b begrenzt ist. Entsprechend weist das zweite Radargerät 4 einen Erfassungsbereich 8 auf, welcher durch einen entsprechenden Azimutwinkel α definiert ist. Der Azimutwinkel α ist durch zwei Linien 8a, 8b begrenzt.

Die Azimutwinkel α betragen im Ausführungsbeispiel jeweils etwa 170°. Die Erfassungsbereiche 7, 8 der Radargeräte 3, 4 überschneiden sich, so dass ein Überlappungsbereich 9 gegeben ist. Der Überlappungsbereich 9 ist durch die Linien 7b, 8b winkelig begrenzt. Im Ausführungsbeispiel beträgt ein Öffnungswinkel β des Überlappungsbereiches 9 etwa 70°.

Das erste und das zweite Radargerät 3, 4 sind mit einer Recheneinrichtung 5 elektrisch gekoppelt. Selbige Recheneinrichtung 5 kann zum Beispiel einen für das erste und das zweite Radargerät 3, 4 gemeinsamen Mikrocontroller 6 umfassen, wie auch einen in den Figuren nicht dargestellten digitalen Signalprozessor. Alternativ können auch zwei separate Mikrocontroller 6 und/oder zwei digitale Signalprozessoren vorgesehen sein, die zum Beispiel über einen im Kraftfahrzeug 1 vorhandenen Kommunikationsbus miteinander kommunizieren.

In ihren jeweiligen Erfassungsbereichen 7, 8 können die Radargeräte 3, 4 Objekte orten. Insbesondere können die Radargeräte 3, 4 eine Entfernung R eines Objektes 10 von dem jeweiligen Radargerät 3, 4, wie auch eine relative Geschwindigkeit dieses Objektes 10 bezüglich des Kraftfahrzeugs 1 sowie einen Zielwinkel γ bestimmen. Der Zielwinkel γ ist ein Winkel zwischen einer Referenzachse 11, die in Fahrzeuginnenrichtung durch das jeweilige Radargerät 3, 4 verläuft, und einer Verbindungslinie 12, welche das jeweilige Radargerät 3, 4 mit dem Objekt 10 verbindet.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild eines einzelnen Radargerätes 3, 4 einschließlich der Recheneinrichtung 5. Das Radargerät 3, 4 umfasst eine Sendeantenneneinheit 13, die eine Antennengruppe beziehungsweise Antennenmatrix (Array) sein kann und eine Vielzahl von Patch-Antennen umfassen kann. Die Sendeantenneneinheit 13 wird über eine Speiseschaltung 14 gespeist. Die Sendeantenneneinheit 13 wird mithilfe eines lokalen Oszillators 15 gespeist, welcher ein Sendesignal S_0 erzeugt. Dieses Sendesignal S_0 ist eine frequenzmodulierte elektromagnetische Welle, deren Frequenz im Ausführungsbeispiel einen sägezahnförmigen Verlauf aufweist. Also ist das Sendesignal S_0 frequenzmoduliert; seine Frequenz kann beispielsweise periodisch zwischen einem ersten Frequenzwert und einem zweiten Frequenzwert verlaufen. Die mittlere Frequenz des Sendesignals S_0 beträgt im Ausführungsbeispiel 24 GHz.

Der lokale Oszillator 15 wird durch die Recheneinrichtung 5 angesteuert. Der Oszillator 15 ist zum Beispiel ein spannungsgesteuerter Oszillator (Voltage Controlled Oscillator), welcher das Sendesignal S_0 mit einer solchen Frequenz erzeugt, die abhängig von der Amplitude einer von der Recheneinrichtung 5 an dem Oszillator 15 bereitgestellten Gleichspannung ist.

Das Radargerät 3, 4 umfasst im Ausführungsbeispiel zwei Empfangsantenneneinheiten 17, 18, die jeweils über eine Speiseschaltung 19, 20 mit einem Empfänger 16 gekoppelt sind. Die Empfangsantenneneinheit 17, 18 umfassen im Ausführungsbeispiel eine Vielzahl von Patch-Antennen und können zweidimensionale Antennenmatrizen (Arrays) sein. Die Speiseschaltungen 19, 20 stellen jeweils ein Empfangssignal S_1 , S_2 bereit. Die Empfangssignale S_1 , S_2 werden dann jeweils mithilfe eines rauscharmen Verstärkers 21, 22 (Low Noise Amplifier) verstärkt, mithilfe eines Mischers 23, 24 herabgemischt, mithilfe eines Tiefpassfilters 25, 26 tiefpassgefiltert und mittels eines Analog-Digital-Wandlers 27, 28 analog-digital-gewandelt. Zum Herabmischen der Empfangssignale S_1 , S_2 wird das Sendesignal S_0 verwendet; es wird an die Mischer 23, 24 geführt, nämlich beispielsweise mithilfe eines Richtkopplers. Die Empfangssignale S_1 , S_2 werden dann mithilfe der Recheneinrichtung 5 verarbeitet, welche aus den Empfangssignalen S_1 , S_2 dann die Entfernung R , den Zielwinkel γ , wie auch die relative Geschwindigkeit bestimmt.

Fig. 2 ist eine Prinzipdarstellung des Radargeräts 3, 4. Zum Beispiel kann das jeweilige Radargerät 3, 4 auch weitere Empfangsantenneneinheiten mit jeweils einem zusätzlichen Empfangskanal beinhalten; das Radargerät 3, 4 kann gleichfalls mehrere

Sendeantenneneinheiten beinhalten. Die Erfindung ist nicht auf das in Fig. 2 dargestellte Radargerät 3, 4 beschränkt.

Die Sendeantenneneinheit 13, und genauer gesagt die Speiseschaltung 14, kann so gesteuert werden, dass sie nacheinander verschiedene Teilbereiche A bis H des Erfassungsbereiches 7 beziehungsweise 8 beleuchtet (siehe Fig. 1). Zum Beispiel kann dazu eine Sendekeule der Sendeantenneneinheit 13 elektronisch in horizontaler Richtung geschwenkt werden, nämlich nach dem Phase-Array-Prinzip. Die Empfangsantenneneinheiten 17, 18 können in diesem Fall in horizontaler Richtung eine relativ breite Empfangscharakteristik aufweisen, mit der der gesamte Erfassungsbereich 7 beziehungsweise 8 abgedeckt wird. Andere Ausgestaltungen können alternativ oder ergänzend schmale Empfangswinkelbereiche in Verbindung mit breiten Sendekeulen realisieren.

In Fig. 1 sind der Übersichtlichkeit halber lediglich die Teilbereiche A bis H des Erfassungsbereiches 7 des ersten Radargeräts 3 dargestellt. Entsprechend ist hier auch der Erfassungsbereich 8 des Radargeräts 4 in mehrere Teilbereiche unterteilt, die durch das Radargerät 4 einer nach dem anderen beleuchtet werden. Auch die Anzahl der Teilbereiche A bis H ist in Fig. 1 lediglich beispielhaft dargestellt. Je nach Ausgestaltung der Antennencharakteristik kann diese Anzahl entsprechend variieren.

In einem einzelnen Messzyklus werden die Teilbereiche A bis H durch das Radargerät 3 beziehungsweise 4 nacheinander erfasst. Die Messzyklen werden fortlaufend wiederholt. In einem Messzyklus sendet das Radargerät 3 bzw. 4 für jeden Teilbereich A bis H (also pro Beam) separat jeweils eine vorbestimmte Folge von frequenzmodulierten Wellenimpulsen (chirps). Das Radargerät 3, 4 sendet also pro Messzyklus und pro Teilbereich A bis H jeweils eine Folge von frequenzmodulierten Wellenimpulsen. Diese Wellenimpulse werden dann von einem Objekt 10 reflektiert und durch die Empfangsantenneneinheiten 17, 18 empfangen.

Wie bereits ausgeführt, kann die Recheneinrichtung 5 anhand der Empfangssignale S_1 , S_2 den Zielwinkel γ des fahrzeugexternen Objektes 10 bestimmen, nämlich einen Winkel zwischen der Referenzachse 11 und der Verbindungslinie 12. Dazu ist in der Recheneinrichtung 5 eine Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie abgelegt, welche den Zusammenhang des Zielwinkels γ und einer Phasendifferenz zwischen den Phasen der Empfangssignale S_1 , S_2 wiedergibt. Die Recheneinrichtung 5 berechnet somit die

Phasendifferenz zwischen den Empfangssignalen S_1 , S_2 und bestimmt dann anhand der Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie den zugeordneten Wert des Zielwinkels γ .

Nachfolgend wird ein Verfahren zum Bestimmen eines Korrekturwerts γ_{off} für die Messung des Zielwinkels γ näher erläutert. Dabei wird die abgelegte Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie anhand des Korrekturwerts korrigiert.

Bezug nehmend auf Fig. 3 detektiert die Recheneinrichtung 5 zunächst ein unbewegliches beziehungsweise bezüglich der Straße feststehendes Objekt 29, welches beispielsweise ein Infrastrukturobjekt sein kann. Die Recheneinrichtung 5 misst anhand der Empfangssignale S_1 , S_2 eine Radialgeschwindigkeit v_r des unbeweglichen Objektes 29 bezüglich des Kraftfahrzeugs 1. Die Eigengeschwindigkeit v_{host} des Kraftfahrzeugs 1 ist bekannt; sie kann beispielsweise mithilfe eines Raddrehzahlsensors gemessen werden. Die Eigengeschwindigkeit v_{host} ist also die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs 1 bezüglich der Straße. Während einer Vorbeifahrt des Kraftfahrzeugs 1 an dem unbeweglichen Objekt 29 bestimmt die Recheneinrichtung 5 fortlaufend für eine Vielzahl von Zielwinkelwerten beziehungsweise Zielwinkelintervallen jeweils ein Verhältnis der momentanen Radialgeschwindigkeit v_r zur momentanen Eigengeschwindigkeit v_{host} des Kraftfahrzeugs 1. Dieses Verhältnis v_r/v_{host} stellt ein Maß für den aktuellen Zielwinkel γ , und es gilt die in Fig. 3 dargestellte Beziehung.

In Fig. 4 sind eine Vielzahl von Messwerten des Verhältnisses v_r/v_{host} in Abhängigkeit von dem mithilfe der Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie gemessenen Zielwinkel γ in einem Diagramm dargestellt. Diese Messwerte wurden für eine Vielzahl von unbeweglichen Objekten 29 für eine Vielzahl von Werten des Zielwinkels γ gewonnen. Wie aus Fig. 4 hervorgeht, weist das Verhältnis v_r/v_{host} insgesamt einen Verlauf der Kosinus-Funktion auf. Diese Methode der Bestimmung des Zielwinkels γ ist prinzipiell nicht geeignet für die Bestimmung des jeweils augenblicklichen Zielwinkels γ mit höchster Präzision. Wie aus Fig. 4 hervorgeht, ist das Verhältnis v_r/v_{host} nämlich mit einer relativ großen Varianz behaftet; die Standardabweichung ist relativ hoch. Mit anderen Worten weist diese Methode ein relativ hohes Messrauschen auf. Jedoch ist diese Methode im Prinzip als erwartungstreu anzusehen und – was von größtem Vorteil ist – sie kommt ohne Kenntnis über den tatsächlichen Einbauwinkel des Radargeräts 3, 4 aus und kann somit als eine Referenzmethode genutzt werden, um die abgelegte Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie zu korrigieren. Werden genügend Messwerte des Verhältnisses v_r/v_{host} über die Zeit gesammelt, so kann damit die abgelegte Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie korrigiert werden. Beispielsweise kann eine neue Kennlinie definiert werden, nämlich

eine solche, die an die in Fig. 4 dargestellten Messwerte des Verhältnisses v_r/v_{host} angepasst wird beziehungsweise durch eine Interpolation dieser Messpunkte gewonnen wird. Aus Fig. 4 geht beispielsweise eine Verschiebung der Kennlinie um etwa 2° hervor, was anhand des Maximalwertes des Verhältnisses $(v_r/v_{\text{host}})_{\text{max}}$ zu erkennen ist. Um diese 2° kann also die Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie korrigiert werden.

Eine Interpolation der Messpunkte ist in Fig. 4 mit einer durchgezogenen Linie 30 dargestellt.

Prinzipiell können alle Infrastrukturziele, die vom Radargerät 3, 4 detektiert werden, zur Bestimmung des Verhältnisses v_r/v_{host} und somit zur Schätzung des Einbauwinkels des Radargeräts 3, 4 benutzt werden. Allerdings kann der Stoßfänger die Antennencharakteristiken auch winkelabhängig verzerren. Dann ist der gemessene Offset – also der Korrekturwert – beispielsweise im seitlichen Erfassungsbereich anders im hinteren Erfassungsbereich des Radargeräts 3, 4. Es ist somit vorgesehen, dass die unbeweglichen Objekte 29 ausschließlich für einen Teilwinkelbereich ausgewertet werden, in dem die größte Präzision der Bestimmung des Zielwinkels γ benötigt wird.

Die Figuren 5A und 5B zeigen Verläufe der Phasendifferenz • zwischen den Phasen der Empfangssignale S_1 , S_2 in Abhängigkeit von dem Zielwinkel γ . In den Figuren 5A und 5B sind also die Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinien gezeigt. Fig. 5A zeigt einerseits eine ideale Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie 31, welche sich für die geplante Soll-Position des Radargeräts 3, 4 am Kraftfahrzeug 1 ergeben würde. Andererseits zeigt die Fig. 5A eine verschobene Kennlinie 32, die sich aus dem Einbauwinkelfehler beziehungsweise aus dem Korrekturwert ergibt. Die Darstellung gemäß Fig. 5A ergibt sich also für eine reine Verdrehung des Radargeräts 3, 4 in horizontaler Richtung. Wie bereits ausgeführt, kann der Stoßfänger auch die Antennencharakteristika beeinflussen, so dass die Kennlinie verzerrt wird. In Fig. 5B ist neben der idealen Kennlinie 31 auch eine verzerrte Kennlinie 33 dargestellt. Die Schätzung des Zielwinkels γ gemäß Fig. 4 und somit des Einbauwinkels des Radargeräts 3, 4 kompensiert lediglich eine reine Verschiebung der Kennlinie. Bei einer zusätzlichen Verzerrung – wie in Fig. 5B – ist diese Kompensation ausschließlich für einen kleinen Winkelbereich korrekt.

Im Falle des Spurwechselassistenten ist eine hohe Präzision im hinteren Bereich des Kraftfahrzeugs 1 gefordert. Es sollen also Detektionen am unbeweglichen Objekt 29 selektiert und ausgewertet werden, die sich in einem vorgegebenen Winkelbereich hinter dem Kraftfahrzeug 1 befinden. Diese Selektion der Detektionen kann dabei aus Gründen

der Einfachheit anhand der zu kalibrierenden Phasen-Monopuls-Messung gemacht werden.

In Fig. 6 ist ein Teilwinkelbereich 34 hinter dem Kraftfahrzeug 1 dargestellt, für welchen das Verhältnis v_r/v_{host} gemessen und ausgewertet wird. Dieser Teilwinkelbereich 34 ist ein Winkelbereich von -10° bis 50° bezüglich der Referenzachse 11. Dabei wird der Winkel im Uhrzeigersinn gemessen. Für das Radargerät 4 ist dieser Teilwinkelbereich entsprechend symmetrisch bezüglich einer Mittellängsachse 35 des Kraftfahrzeugs 1. Der Teilwinkelbereich 34 ist also durch einen ersten Winkelgrenzwert von 10° in Richtung zur Mittellängsachse 35 beschränkt; andererseits ist der Teilwinkelbereich 34 durch einen zweiten Winkelgrenzwert von 50° in Richtung von der Mittellängsachse 35 weg begrenzt.

Es kann beispielsweise der folgende Algorithmus implementiert werden:

Für eine Vielzahl von Zielwinkelintervallen können jeweils eine Mehrzahl von Werten des Verhältnisses v_r/v_{host} über die Zeit gesammelt werden. Alle Messwerte innerhalb eines Messzyklus werden daraufhin untersucht, ob sie von einem unbeweglichen Objekt 29 stammen oder nicht. Es werden ausschließlich solche Messwerte selektiert und ausgewertet, die in dem Teilwinkelbereich 34 gemäß Fig. 6 liegen. Um zu bestimmen, ob die Messwerte von einem unbeweglichen Objekt 29 stammen, wird die gemessene Radialgeschwindigkeit v_r mit einer aus der Eigengeschwindigkeit v_{host} und dem nach dem Phasen-Monopuls-Verfahren bestimmten Zielwinkel γ errechneten Schätzung der Radialgeschwindigkeit verglichen. Stimmen diese beiden Werte der Radialgeschwindigkeit überein – nämlich mit einer vorgegebenen Genauigkeit –, so wird das Objekt als ein unbewegliches Objekt klassifiziert. Die einzelnen Werte des Verhältnisses v_r/v_{host} werden für die Vielzahl der Zielwinkelintervalle gemäß der nachfolgenden Tabelle gespeichert:

Index i	0	1		N-2	N-1
Intervall	$\gamma_1 \dots \gamma_1 + d\gamma$	$\gamma_1 + d\gamma \dots \gamma_1 + 2d\gamma$	...	$\gamma_2 - 2d\gamma \dots \gamma_2 - d\gamma$	$\gamma_2 - d\gamma \dots \gamma_2$
S(i): Summe V_r/v_{host}					
nm(i): Anzahl Messunge					

n					
---	--	--	--	--	--

Der Teilwinkelbereich 34 ist durch die Winkelgrenzwerte γ_1 und γ_2 winkelig begrenzt, etwa wie in Fig. 6 dargestellt. Dieser Teilwinkelbereich 34 ist in gleich große Zielwinkelintervalle $d\gamma$ aufgeteilt. Die Größe der Zielwinkelintervalle $d\gamma$ kann beispielsweise auf 1° festgelegt werden.

In der ersten Reihe der Tabelle sind die einzelnen Zielwinkelintervalle $d\gamma$ fortlaufend nummeriert, nämlich von 0 bis N-1, wobei N die Anzahl der Zielwinkelintervalle $d\gamma$ bezeichnet. In der zweiten Reihe sind die Zielwinkelintervalle $d\gamma$ eindeutig definiert beziehungsweise die jeweiligen Begrenzungen sind angegeben.

Wird ein Wert des Verhältnisses v_r/v_{host} gemessen, so wird anhand des aktuellen, anhand der aktuellen Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie ermittelten Wertes des Zielwinkels γ überprüft, in welche Spalte beziehungsweise in welches Zielwinkelintervall das gemessene Verhältnis v_r/v_{host} fällt. Dies wird anhand des nach dem zu kalibrierenden Phasen-Monopuls-Verfahren gemessenen momentanen Zielwinkel γ vorgenommen. Wird festgestellt, in welches der Zielwinkelintervalle $d\gamma$ der jeweils momentane Wert des Verhältnisses v_r/v_{host} fällt, so wird in der dritten Reihe die Summe S(i) aus allen für dieses Intervall vorhandenen Werten des Verhältnisses v_r/v_{host} berechnet, und die Anzahl der Messungen wird in der vierten Reihe um eins erhöht beziehungsweise inkrementiert.

Also werden eine Vielzahl von Werten des Verhältnisses v_r/v_{host} für die Vielzahl der Zielwinkelintervalle $d\gamma$ gesammelt und gruppiert. Es können beispielsweise für jedes Zielwinkelintervall $d\gamma$ jeweils 20000 (40000 oder 60000) Werte des Verhältnisses v_r/v_{host} gesammelt werden. Dann steht für jedes Zielwinkelintervall eine Summe S(i) aus 20000 einzelnen Werten (40000 oder 60000) zur Verfügung, wie auch die jeweilige Anzahl nm(i) der Werte. Dann kann für jedes Zielwinkelintervall jeweils ein Mittelwert des Verhältnisses berechnet werden: $MV(i)=S(i)/nm(i)$. Die Mittelwerte MV(i) beschreiben im Idealfall eine Kosinus-Funktion:

$$MV(i) = \cos(\gamma(i) + \gamma_{\text{off}}),$$

wobei:

$$\gamma(i) = \gamma_1 + d\gamma/2 + i \cdot d\gamma.$$

γ_{off} bezeichnet hier den Korrekturwert für die Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie und entspricht prinzipiell dem unbekannten Winkelversatz des Einbauwinkels des Radargeräts 3, 4.

Der Korrekturwert γ_{off} kann nun auf verschiedene Art ausgewertet werden. Es kann beispielsweise für jedes Zielwinkelintervall $d\gamma$ oder für beliebige Gruppen von Zielwinkelintervallen $d\gamma$ jeweils ein eigener Korrekturwert γ_{off} berechnet werden. Alternativ kann für alle Zielwinkelintervalle ein gemeinsamer Korrekturwert γ_{off} berechnet werden. In diesem Falle kann eine Kosinus-Funktion an den Datenvektor MV angepasst werden. Die Kosinus-Funktion kann durch die Mean-Square-Optimierung an den Datensatz MV angepasst werden.

Patentansprüche

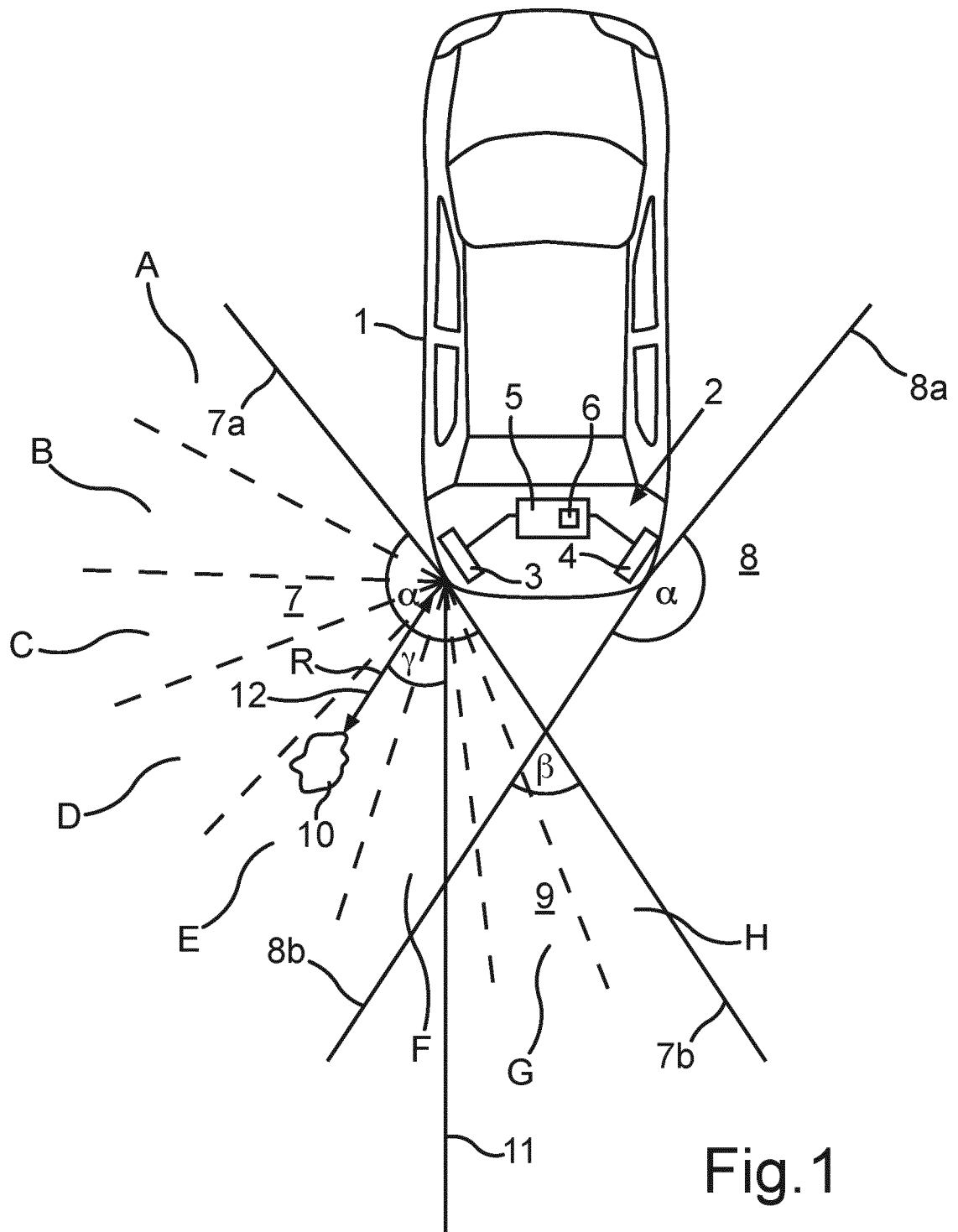
1. Verfahren zum Bestimmen eines Korrekturwertes (γ_{off}) für die Messung eines Zielwinkels (γ) mittels eines Radargerätes (3, 4) in einem Kraftfahrzeug (1), bei welchem:
 - das Radargerät (3, 4) ein Sendesignal (S_0) aussendet und ein Empfangssignal (S_1 , S_2) empfängt und
 - der Zielwinkel (γ) anhand des Empfangssignals (S_1 , S_2) gemäß einem vorbestimmten Messverfahren bestimmt wird,gekennzeichnet durch
 - Detektieren eines bezüglich einer Umgebung des Kraftfahrzeugs (1) unbeweglichen Objektes (29) anhand des Empfangssignals (S_1 , S_2),
 - Messen einer relativen Radialgeschwindigkeit (v_r) zwischen dem Kraftfahrzeug (1) und dem unbeweglichen Objekt (29) anhand des Empfangssignals (S_1 , S_2), wobei die aktuelle Radialgeschwindigkeit (v_r) und eine aktuelle Eigengeschwindigkeit (v_{host}) des Kraftfahrzeugs (1) ins Verhältnis (v_r/v_{host}) gesetzt werden, und
 - Bestimmen des Korrekturwertes (γ_{off}) in Abhängigkeit von dem Verhältnis (v_r/v_{host}).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem vorbestimmten Messverfahren der Zielwinkel (γ) in Abhängigkeit von einem Parameter des Empfangssignals (S_1 , S_2) anhand einer abgelegten Zielwinkel-Parameter-Kennlinie bestimmt wird, und die Zielwinkel-Parameter-Kennlinie anhand des Korrekturwertes (γ_{off}) korrigiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- zumindest zwei Empfangsantenneneinheiten (17, 18) des Radargeräts (3, 4) jeweils ein Empfangssignal (S_1 , S_2) empfangen,
 - nach dem vorbestimmten Messverfahren der Zielwinkel (γ) in Abhängigkeit von einer Phasendifferenz zwischen den Empfangssignalen (S_1 , S_2) anhand einer abgelegten Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie (31) gemessen wird, und
 - die Zielwinkel-Phasendifferenz-Kennlinie (31) anhand des Korrekturwertes (γ_{off}) korrigiert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Objekt (29) dann als unbewegliches Objekt (29) klassifiziert wird, wenn mit einer vorbestimmten Genauigkeit die aktuelle gemessene Radialgeschwindigkeit (v_r) gleich einer aktuellen Referenzradialgeschwindigkeit ist, welche aus der aktuellen Eigengeschwindigkeit (v_{host}) des Kraftfahrzeugs (1) und aus dem aktuellen, nach dem vorbestimmten Messverfahren gemessenen Zielwinkel (γ) errechnet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Vielzahl von Zielwinkelintervallen ($d\gamma$) jeweils zumindest ein Wert des Verhältnisses (v_r/v_{host}) bestimmt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuordnung eines aktuellen Wertes des Verhältnisses (v_r/v_{host}) zu einem Zielwinkelintervall ($d\gamma$) anhand eines aktuellen, nach dem vorbestimmten Messverfahren gemessenen Wert des Zielwinkels (γ) vorgenommen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Vielzahl von Zielwinkelintervallen ($d\gamma$) jeweils unterschiedliche Korrekturwerte (γ_{off}) für die Messung des Zielwinkels (γ) bestimmt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
aus den jeweiligen Werten des Verhältnisses (v_r/v_{host}) ein für eine Vielzahl von
Zielwinkelintervallen ($d\gamma$) gemeinsamer Korrekturwert (γ_{off}) bestimmt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
für die Vielzahl der Zielwinkelintervalle ($d\gamma$) jeweils eine Mehrzahl von Werten des
Verhältnisses (v_r/v_{host}) gesammelt werden und aus der jeweiligen Mehrzahl der
Werte ein Mittelwert (MV) für das Verhältnis (v_r/v_{host}) berechnet wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
ausschließlich für einen vorbestimmten Teilwinkelbereich (34) eines gesamten
Zielwinkelbereichs (7, 8) des Radargeräts (3, 4) das Verhältnis (v_r/v_{host})
der gemessenen Radialgeschwindigkeit (v_r) zur aktuellen Eigengeschwindigkeit
(v_{host}) des Kraftfahrzeugs (1) bestimmt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Radargerät (3, 4) in einem hinteren Eckbereich des Kraftfahrzeugs (1)
angeordnet ist, und dass bezüglich einer Referenzachse (11), die in
Fahrzeuglängsrichtung durch das Radargerät (3, 4) verläuft, das Verhältnis (v_r/v_{host})
ausschließlich für einen Teilwinkelbereich (34) von einem ersten Winkelgrenzwert
(γ_1) aus einem Wertebereich von 0° bis 20° in Richtung zur Mittellängsachse (35)
des Kraftfahrzeugs (1) hin bis zu einem zweiten Winkelgrenzwert (γ_2) aus einem
Wertebereich von 40° bis 60° in Richtung von der Mittellängsachse (35) weg
bestimmt wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
 - falls der Korrekturwert (γ_{off}) kleiner als eine vorgegebene Schwelle ist,
Korrigieren des Zielwinkels (γ) anhand des Korrekturwerts (γ_{off}), und

- falls der Korrekturwert (γ_{off}) größer als die vorgegebene Schwelle ist, Deaktivieren des Radargerätes (3, 4).
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von dem Verhältnis (v_r/v_{host}) auch ein Messfehler der Eigengeschwindigkeit (v_{host}) des Kraftfahrzeugs (1) bestimmt wird.
14. Fahrerassistenzsystem (2) für ein Kraftfahrzeug (1), mit:
- einem Radargerät (3, 4) mit zumindest einer Empfangsantenneneinheit (17, 18) zum Empfangen eines Empfangssignals (S_1 , S_2) und
 - einer Recheneinrichtung (5) zum Bestimmen eines Zielwinkels (γ) anhand des Empfangssignals (S_1 , S_2) gemäß einem vorbestimmten Messverfahren, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinrichtung (5) dazu ausgelegt ist, anhand des Empfangssignals (S_1 , S_2) ein unbewegliches Objekt (29) zu detektieren, eine Radialgeschwindigkeit (v_r) des Kraftfahrzeugs (1) bezüglich des unbeweglichen Objektes (29) zu messen und einen Korrekturwert (γ_{off}) für die Bestimmung des Zielwinkels (γ) in Abhängigkeit von einem Verhältnis (v_r/v_{host}) der Radialgeschwindigkeit (v_r) zu einer Eigengeschwindigkeit (v_{host}) des Kraftfahrzeugs (1) zu bestimmen.
15. Kraftfahrzeug (1) mit einem Fahrerassistenzsystem (2) nach Anspruch 14.

1/4



2/4

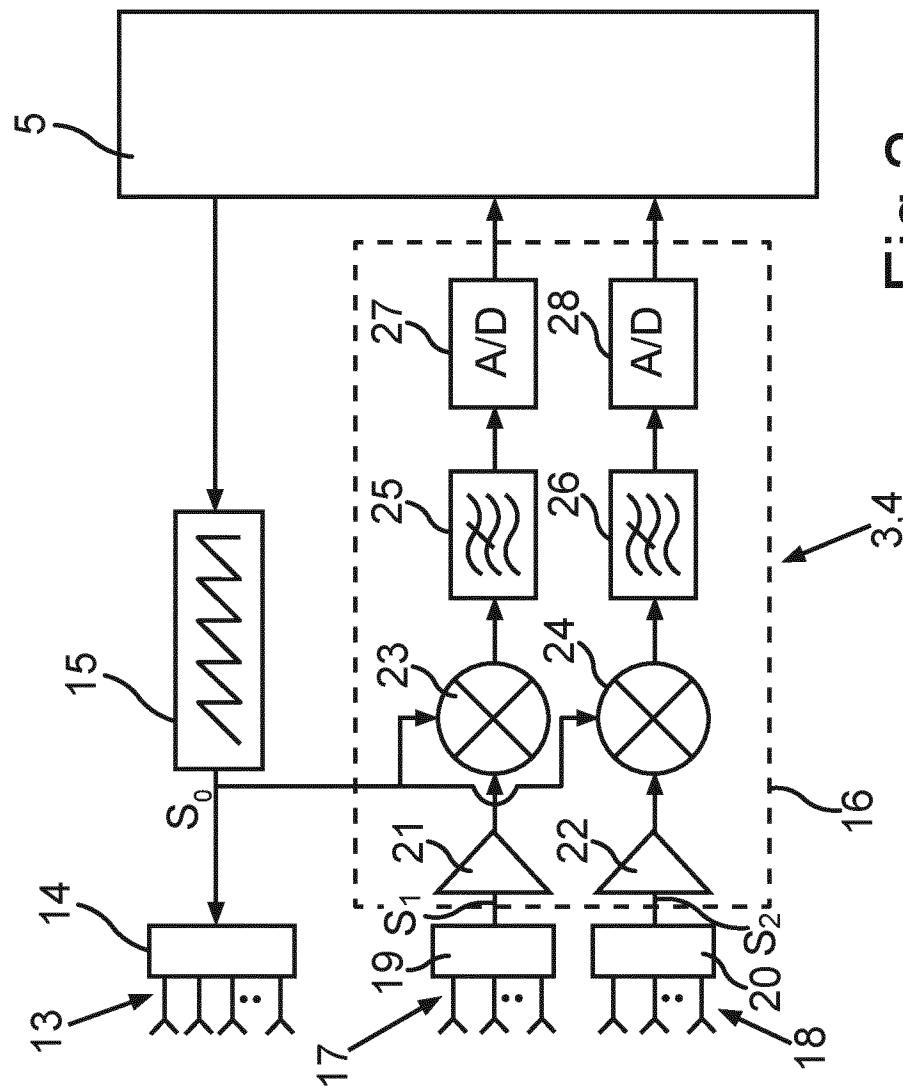


Fig. 2

3/4

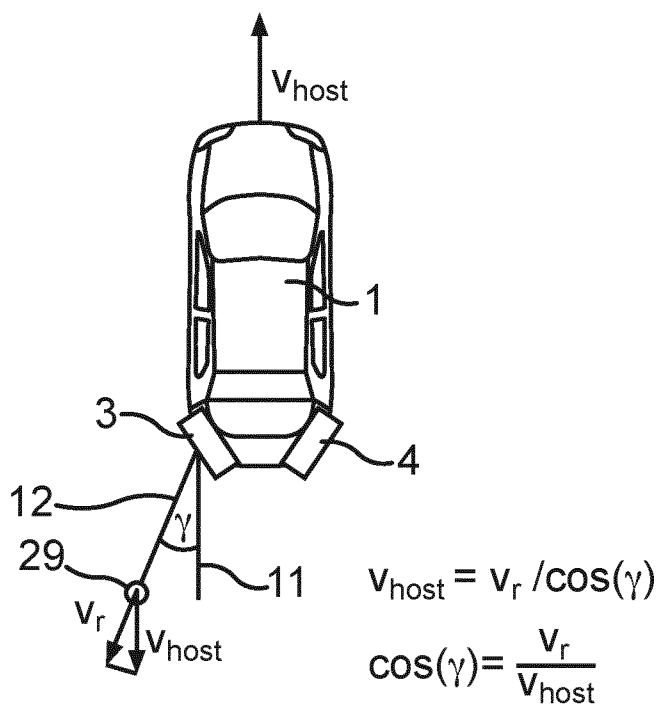


Fig.3

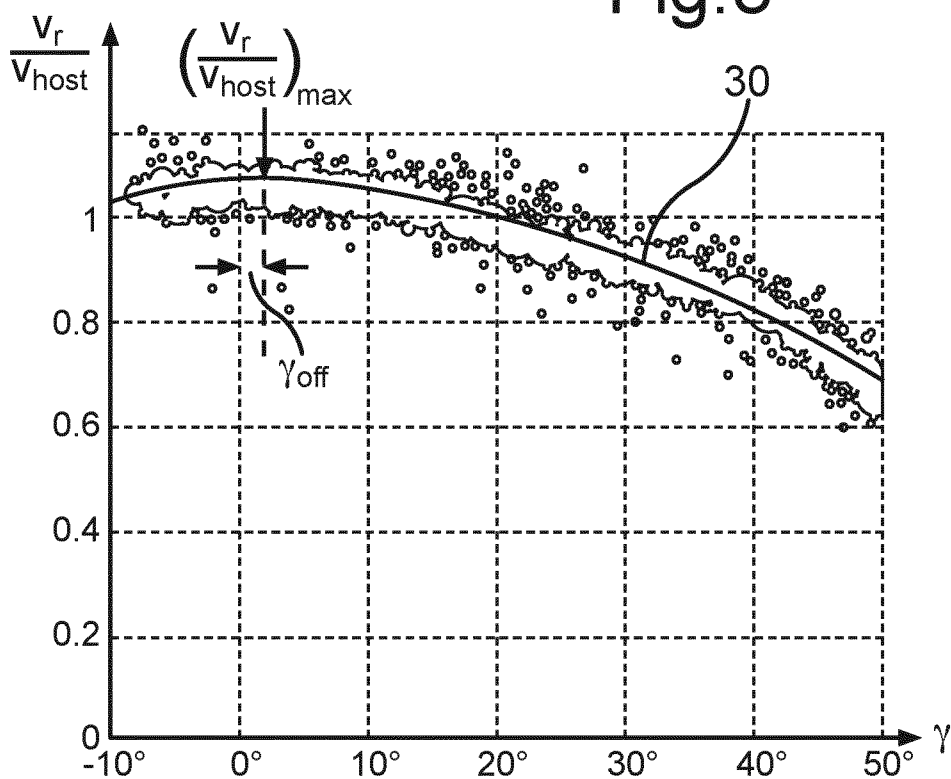


Fig.4

4/4

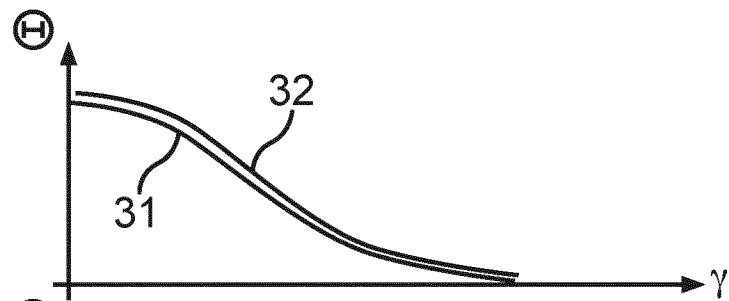


Fig.5A

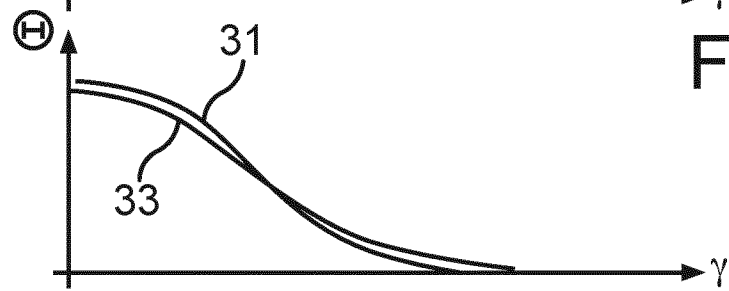


Fig.5B

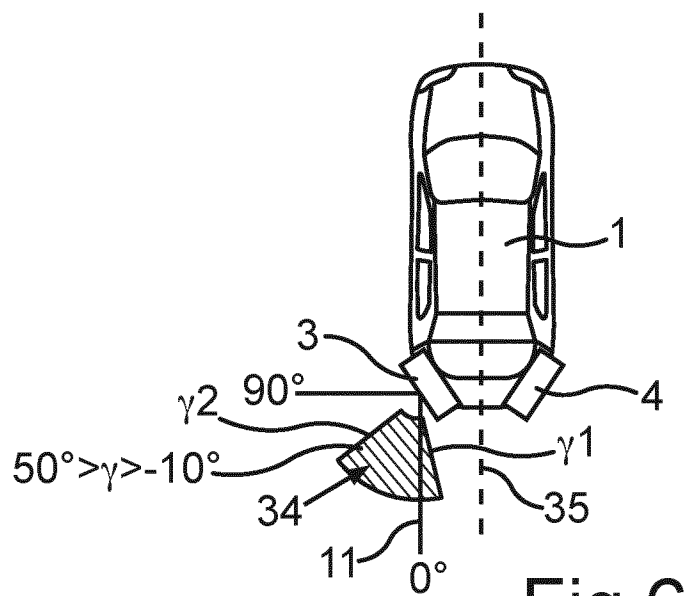


Fig.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/055207

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01S7/40 G01S13/44 G01S13/93
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)
G01S

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002 228749 A (HITACHI LTD) 14 August 2002 (2002-08-14)	1,4,5, 12-15
Y	paragraphs [0001], [0004] - [0011], [0017] - [0025], [0033]; figures 3-6 -----	2,3,6-11
X	DE 199 64 020 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 5 July 2001 (2001-07-05) cited in the application the whole document -----	1,14,15
Y	DE 10 2009 024064 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 9 December 2010 (2010-12-09) cited in the application the whole document -----	2,3,6-11



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

2 August 2012

Date of mailing of the international search report

09/08/2012

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

Schmelz, Christian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/055207

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2002228749 A	14-08-2002	JP 3733863 B2	11-01-2006
		JP 2002228749 A	14-08-2002

DE 19964020 A1	05-07-2001	DE 19964020 A1	05-07-2001
		EP 1159638 A1	05-12-2001
		JP 4713048 B2	29-06-2011
		JP 2003519387 A	17-06-2003
		US 2002165650 A1	07-11-2002
		WO 0150154 A1	12-07-2001

DE 102009024064 A1	09-12-2010	DE 102009024064 A1	09-12-2010
		EP 2438460 A1	11-04-2012
		WO 2010139446 A1	09-12-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/055207

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01S7/40 G01S13/44 G01S13/93
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01S

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2002 228749 A (HITACHI LTD) 14. August 2002 (2002-08-14)	1,4,5, 12-15
Y	Absätze [0001], [0004] - [0011], [0017] - [0025], [0033]; Abbildungen 3-6	2,3,6-11
X	DE 199 64 020 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 5. Juli 2001 (2001-07-05) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,14,15
Y	DE 10 2009 024064 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 9. Dezember 2010 (2010-12-09) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	2,3,6-11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. August 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/08/2012

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

Schmelz, Christian

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/055207

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2002228749 A	14-08-2002	JP 3733863 B2	11-01-2006
		JP 2002228749 A	14-08-2002

DE 19964020 A1	05-07-2001	DE 19964020 A1	05-07-2001
		EP 1159638 A1	05-12-2001
		JP 4713048 B2	29-06-2011
		JP 2003519387 A	17-06-2003
		US 2002165650 A1	07-11-2002
		WO 0150154 A1	12-07-2001

DE 102009024064 A1	09-12-2010	DE 102009024064 A1	09-12-2010
		EP 2438460 A1	11-04-2012
		WO 2010139446 A1	09-12-2010
