

(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
03. Januar 2019 (03.01.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/002159 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01S 19/13 (2010.01) G01C 21/10 (2006.01)
G01S 19/52 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/066855

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Juni 2018 (25.06.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 211 143.7
30. Juni 2017 (30.06.2017) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München
(DE).

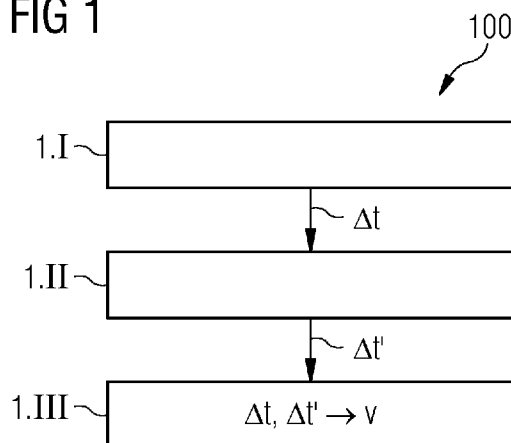
(72) Erfinder: CALDER, Steven Alexander; Hessische Str. 7,
10115 Berlin (DE). KETABDAR, Hamed; Brandenburg-
schestr. 32, 10707 Berlin (DE). NOURANI-VATANI, Na-
vid; Newtonstr. 3, 12489 Berlin (DE). PALMER, Andrew;
Katzbachstraße 22, 10965 Berlin (DE).

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

(54) Title: DETERMINING THE VELOCITY OF A VEHICLE ON THE BASIS OF THE OCCURRING TIME DILATION

(54) Bezeichnung: ERMITTLUNG DER GESCHWINDIGKEIT EINES FAHRZEUGS AUF BASIS DER AUFTRETENDEN
ZEITDILATATION

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the velocity (v) of a vehicle (2). In the method, a predetermined reference time difference (Δt) is measured by means of a time-measuring device ($U_0, U_1, 1$) moving relative to the vehicle (2). Furthermore, the predetermined time difference ($\Delta t'$) dilated because of relativistic effects is measured by means of a mobile time-measuring device ($U_2, 4$) moving along with the vehicle (2). Finally, the velocity (v) of the vehicle (2) is determined on the basis of a comparison of the two measured time differences ($\Delta t, \Delta t'$) and on the basis of reference times corrected by the transit time of a measured reference time signal. The invention further relates to a velocity-determining system (30).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Ermitteln der Geschwindigkeit (v) eines Fahrzeugs (2) beschrieben. Bei dem Verfahren wird eine Messung einer vorbestimmten Referenz-Zeitdifferenz (Δt) mit einer relativ zu dem Fahrzeug (2) bewegten Zeitmesseinrichtung ($U_0, U_1, 1$) durchgeführt. Weiterhin wird eine Messung der aufgrund von relativistischen Effekten dilatierten, vorbestimmten Zeitdifferenz ($\Delta t'$) mit einer mit dem Fahrzeug (2) mitbewegten, mobilen Zeitmesseinrichtung ($U_2, 4$) durchgeführt. Schließlich wird die Geschwindigkeit (v) des Fahrzeugs (2) auf



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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Beschreibung

5 Ermittlung der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs auf Basis der auftretenden Zeitdilatation

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs. Überdies betrifft die Erfindung ein Geschwindigkeitsermittlungssystem.

10

Messungen zur Ermittlung von Geschwindigkeiten von Fahrzeugen werden mit Hilfe technischer Einrichtungen, wie zum Beispiel Tachometer, Doppler-Radargeräte und GPS-Sensoren, ermittelt.

15 Es gibt jedoch Situationen, bei denen mit Hilfe derartiger Sensoren keine genauen Angaben zur Geschwindigkeit eines Fahrzeugs gemacht werden können. Dies kann zum Beispiel dann passieren, wenn das Fahrzeug ins Rutschen kommt, Eis und Schnee zu schwachen Signalen bei Radargeräten führt, oder
20 kein GPS-Signal in Tunneln erfasst werden kann.

Die meisten Fahrzeuge haben mindestens einen der vorgenannten Sensoren, um die Geschwindigkeit des Fahrzeugs während der Fahrt zu messen. Der Nachteil der genannten Sensoren besteht
25 darin, dass mit ihnen Größen, wie zum Beispiel die Anzahl der Umdrehungen eines Rades oder eine Dopplerverschiebung, gemessen werden können, die direkt durch die externe Umwelt beeinflusst werden können. Durch die externen Einflüsse kann es daher zu Abweichungen der ermittelten Geschwindigkeit kommen.

30

In Gerthsen, C., Vogel. H.: Gerthsen Physik, 19. Auflage, Springer, 1997, Seite 878 wird das Phänomen der relativistischen Zeitdilatation anhand eines konkreten Beispiels beschrieben.

35

In DE 31 41 674 A1 werden Bordinstrumente für Raumschiffe mit Erdzeitangaben und Flugzeiten beschrieben.

In Serway, R. A.; Moses, C.J; Moyer, C.A.: Modern Physics, Third Edition, Brooks/ Cole-Thomson Learning, 2005, Seiten 3-18 und Seite 37 werden auf der speziellen Relativitätstheorie beruhende physikalische Phänomene beschrieben.

5

In US 5 696 514 A wird eine Geschwindigkeitsmessung mit Hilfe einer bewegten und einer stationären hochpräzisen Atomuhr beschrieben.

10 Es besteht also die Aufgabe, ein Verfahren und eine Einrichtung zur Ermittlung der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs zu entwickeln, welche weitestgehend unabhängig von Umwelteinflüssen sind.

15 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs gemäß Patentanspruch 1 und ein Geschwindigkeitsermittlungssystem gemäß Patentanspruch 7 gelöst.

20 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs wird eine Messung einer Referenz-Zeitdifferenz mit einer relativ zu dem Fahrzeug bewegten Referenz-Zeitmesseinrichtung durchgeführt.

25 Die Referenz-Zeitdifferenz kann zum Beispiel eine vorbestimmte Zeitdifferenz, beispielsweise eine Zeitdifferenz von einer Sekunde sein. Die Länge der Referenz-Zeitdifferenz hängt von der zeitlichen Auflösung ab, mit der die Geschwindigkeit des Fahrzeugs ermittelt werden soll. Weiterhin wird eine Messung
30 der aufgrund von relativistischen Effekten dilatierten Referenz-Zeitdifferenz mit einer mit dem Fahrzeug mitbewegten, mobilen Zeitmesseinrichtung durchgeführt. Der Wert der gemessenen dilatierten Referenz-Zeitdifferenz ist aufgrund der Relativbewegung zwischen den beiden Bezugssystemen in dem Be-
35 zugssystem der mitbewegten, mobilen Zeitmesseinrichtung größer. Schließlich wird die Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf Basis eines Vergleichs der beiden gemessenen Zeitdifferenzen ermittelt, wobei die Ermittlung der Geschwindigkeit auf Basis

von um die Laufzeit eines gemessenen Referenzzeitsignals korrigierten Referenzzeiten erfolgt. Vorteilhaft ist die Geschwindigkeitsmessung des Fahrzeugs weniger von äußeren Umweltfaktoren abhängig als bei herkömmlichen Arten der Geschwindigkeitsmessung.

Das erfindungsgemäße Geschwindigkeitsermittlungssystem für ein Fahrzeug weist eine relativ zu dem Fahrzeug bewegte Referenz-Zeitmesseinrichtung zum Durchführen einer Messung einer Referenz-Zeitdifferenz auf. Teil des erfindungsgemäßen Geschwindigkeitsermittlungssystems ist zudem eine mit dem Fahrzeug mitbewegte, mobile Zeitmesseinrichtung zum Durchführen einer Messung der aufgrund von relativistischen Effekten dilatierten Referenz-Zeitdifferenz.

Dabei ist die Referenz-Zeitmesseinrichtung mit der mobilen Zeitmesseinrichtung synchronisiert. Anders ausgedrückt wird ein Zeitabschnitt, beispielsweise 1s, in relativ zueinander bewegten Bezugssystemen gemessen, und dann werden die unterschiedlichen Messwerte in dem Bezugssystem des Fahrzeugs miteinander verglichen. Hierzu weist das erfindungsgemäße Geschwindigkeitsermittlungssystem eine Auswerteeinrichtung auf, welche dazu eingerichtet ist, die Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf Basis eines Vergleichs der beiden gemessenen Zeitdifferenzen und auf Basis von um die Laufzeit eines gemessenen Referenzzeitsignals korrigierten Referenzzeiten zu ermitteln.

Teile des erfindungsgemäßen Geschwindigkeitsermittlungssystems können zum überwiegenden Teil in Form von Softwarekomponenten ausgebildet sein. Dies betrifft insbesondere Teile der Auswerteeinrichtung. Grundsätzlich können diese Komponenten aber auch zum Teil, insbesondere wenn es um besonders schnelle Berechnungen geht, in Form von softwareunterstützter Hardware, beispielsweise FPGAs oder dergleichen, realisiert sein. Ebenso können die benötigten Schnittstellen, beispielsweise wenn es nur um eine Übernahme von Daten aus anderen Softwarekomponenten geht, als Softwareschnittstellen ausgebildet

sein. Sie können aber auch als hardwaremäßig aufgebaute Schnittstellen ausgebildet sein, die durch geeignete Software angesteuert werden.

5 Eine teilweise softwaremäßige Realisierung hat den Vorteil, dass auch schon bisher für in einem Fahrzeug genutzte verwendete Rechnersysteme nach einer Ergänzung durch zusätzliche Hardwareelemente, wie zum Beispiel eine mobile, mit dem Fahrzeug mitbewegte Zeitmesseinrichtung, auf einfache Weise durch
10 ein Software-Update nachgerüstet werden können, um auf die erfindungsgemäße Weise in dem Geschwindigkeitsermittlungssystem zu arbeiten. Insofern wird die Aufgabe auch durch ein entsprechendes Computerprogrammprodukt mit einem Computerprogramm gelöst, welches direkt in eine Speichereinrichtung eines solchen Rechnersystems ladbar ist, mit Programmabschnitten,
15 um alle Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens auszuführen, wenn das Computerprogramm in einem Rechnersystem ausgeführt wird.

20 Ein solches Computerprogrammprodukt kann neben dem Computerprogramm gegebenenfalls zusätzliche Bestandteile, wie z.B. eine Dokumentation und/oder zusätzliche Komponenten, auch Hardware-Komponenten, wie z.B. Hardware-Schlüssel (Dongles etc.) zur Nutzung der Software, umfassen

25 Zum Transport zur Speichereinrichtung des Rechnersystems und/oder zur Speicherung an dem Rechnersystem kann ein computerlesbares Medium, beispielsweise ein Memorystick, eine Festplatte oder ein sonstiger transportabler oder fest eingebauter Datenträger dienen, auf welchem die von einer Rechnereinheit einlesbaren und ausführbaren Programmabschnitte
30 des Computerprogramms gespeichert sind. Die Rechnereinheit kann z.B. hierzu einen oder mehrere zusammenarbeitende Mikroprozessoren oder dergleichen aufweisen.

35 Die abhängigen Ansprüche sowie die nachfolgende Beschreibung enthalten jeweils besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung. Dabei können insbesondere die

Ansprüche einer Anspruchskategorie auch analog zu den abhängigen Ansprüchen einer anderen Anspruchskategorie und deren Beschreibungsteilen weitergebildet sein. Zudem können im Rahmen der Erfindung auch die verschiedenen Merkmale unterschiedlicher Ausführungsbeispiele und Ansprüche auch zu neuen Ausführungsbeispielen kombiniert werden.

Vorzugsweise ist die relativ zu dem Fahrzeug bewegte Zeitmesseinrichtung stationär. Stationär soll in diesem Zusammenhang bedeuten, dass diese Zeitmesseinrichtung relativ zur Erdoberfläche ruht oder näherungsweise ruht. Vorteilhaft kann eine ermittelte Relativgeschwindigkeit zu der stationären Zeitmesseinrichtung als Geschwindigkeit des Fahrzeugs interpretiert werden.

In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs umfasst der Vergleich die Ermittlung eines Lorentzfaktors auf Basis der beiden gemessenen Zeitdifferenzen und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs wird auf Basis des ermittelten Lorentzfaktors ermittelt. Vorteilhaft wird dabei genutzt, dass die Relativgeschwindigkeit zwischen zwei Bezugssystemen mit dem Lorentzfaktor zusammenhängt, welcher wiederum aus den gemessenen Zeitdifferenzen der relativ zueinander bewegten Bezugssysteme ermittelt werden kann. Der Lorentzfaktor kann zum Beispiel auf Basis des Quotienten aus den beiden gemessenen Zeitdifferenzen ermittelt werden.

In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs wird zur Übertragung der Referenzzeit ein durch einen mit dem Fahrzeug mitbewegten Empfänger eines globalen satellitenbasierten Navigationssystems empfangenes Referenz-Zeitsignal verwendet. Vorteilhaft weist ein Navigationssatellit eine besonders präzise Zeitmessung, beispielsweise mit Hilfe einer optischen Atomuhr auf. Das von einem Satelliten ausgesandte Referenz-Zeitsignal kann nun von verschiedenen Fahrzeugen empfangen und zur Geschwindigkeitsmessung eingesetzt werden. Gegebenen-

falls können Positionsangaben des Satelliten zur Präzisierung der Ermittlung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs genutzt werden, wenn die Bewegung des Satelliten zwischen zwei Zeitmessungen einen relevanten Effekt auf die ermittelte Geschwindigkeit hat. Die Bewegung des Satelliten kann mit Hilfe eines Korrekturfaktors bei der Ermittlung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs berücksichtigt werden.

Bei der Ermittlung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf Basis von Referenz-Zeitsignalen kann auch die Laufzeit der gemessenen Referenz-Zeitsignale mitberücksichtigt werden. In diesem Fall werden um diese Laufzeit korrigierte Referenzzeiten $t_{\text{kor}}r$ ermittelt.

Dabei sind die Länge des Übertragungswegs und die Art des Mediums, durch das das Referenz-Zeitsignal übertragen wird, sowie die Geschwindigkeit des Übertragungssignals bei der Ermittlung einer Referenz-Zeitdifferenz relevant.

Die korrigierte Referenzzeit $t_{\text{kor}}r$, welche für die Berechnung der Fahrzeuggeschwindigkeit verwendet werden sollte, ergibt sich dann wie folgt:

$$t_{\text{kor}}r = t_{\text{ref}} + \frac{nd}{c}, \quad (1)$$

Wobei t_{ref} die Referenzzeit, n der Brechungsindex des Mediums, durch das das Referenz-Zeitsignal übertragen wird, d der Abstand zwischen Sender und Empfänger und c die Lichtgeschwindigkeit bzw. die Übertragungsgeschwindigkeit des Referenz-Zeitsignals ist. Variiert zum Beispiel der Abstand zwischen dem Sender und dem Empfänger, so ergibt sich bei der Ermittlung einer korrigierten Referenz-Zeitdifferenz auf Basis der Formel (1) eine von der direkt gemessenen Referenz-Zeitdifferenz abweichende, korrekte Referenz-Zeitdifferenz.

Besonders bevorzugt ist es, wenn zur Messung der Zeitdifferenzen jeweils eine Hochpräzisionsuhr, vorzugsweise eine

Atomuhr, besonders bevorzugt eine optische Atomuhr, verwendet wird. D.h., auch die Zeitmessung in dem Fahrzeug soll mit Hilfe einer darin angeordneten Hochpräzisionsuhr ausgeführt werden, um eine ausreichende Präzision der Messung der Zeitdifferenzen zu erzielen. Optische Atomuhren, basieren auf spinpolarisierten ⁸⁷Strontium-Atomen, welche in einem Gitter aus Laserlicht gefangen sind, und weisen eine besonders hohe Präzision bei der Zeitmessung auf. Alternativ ist für eine präzise Zeitmessung auch eine hochpräzise Atomkern-Uhr einsetzbar.

Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand von Ausführungsbeispielen noch einmal näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 ein Flussdiagramm, welches ein Verfahren zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht,
FIG 2 ein Schaubild, mit dem das Grundprinzip des Verfahren zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs veranschaulicht wird,
FIG 3 ein Blockdiagramm, welches ein Geschwindigkeitsermittlungssystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst.

In FIG 1 ist ein Verfahren zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs in einem Flussdiagramm 100 veranschaulicht. Bei dem Schritt 1.I wird zunächst eine Messung einer vorbestimmten Zeitdifferenz Δt mit einer relativ zu dem Fahrzeug bewegten bzw. gegebenenfalls auch stationären Zeitmeseinrichtung durchgeführt. Weiterhin wird bei dem Schritt 1.II eine mit der Zeitmessung bei dem Schritt 1.I synchronisierte Zeitmessung der vorbestimmten Zeitdifferenz mit einer mit dem Fahrzeug mitbewegten Zeitmeseinrichtung durchgeführt. Dabei wird eine aufgrund von relativistischen Effekten bzw. der dadurch verursachten Zeitdilatation in dem relativ zur Zeitmeseinrichtung bewegten Bezugssystem erhöhte Zeitdifferenz $\Delta t'$ ermittelt. Bei dem Schritt 1.III wird die Geschwindigkeit

v des Fahrzeugs auf Basis der beiden gemessenen Zeitdifferenzen Δt , $\Delta t'$ berechnet. Die Geschwindigkeit v ergibt sich aus der Gleichung:

$$\frac{\Delta t'}{\Delta t} = \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (2)$$

wobei γ der Lorentzfaktor ist und c die Lichtgeschwindigkeit ist. Die Geschwindigkeit v ergibt sich mithin wie folgt:

$$v = c \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} = c \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{\left(\frac{\Delta t'}{\Delta t}\right)^2}}. \quad (3)$$

In FIG 2 ist das Grundprinzip des in FIG 1 veranschaulichten Verfahrens zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs veranschaulicht. Im oberen Teil von FIG 2 ist eine Wegstrecke S gezeigt, welche einen Startpunkt X_0 und einen Endpunkt X_1 umfasst. Bei dem Startpunkt X_0 ist eine ruhende Uhr U_0 positioniert. Ebenso ist auch bei dem Endpunkt X_1 eine ruhende Uhr U_1 angeordnet. Die beiden stationären Uhren U_0 , U_1 sind miteinander synchronisiert. Eine dritte Uhr U_2 bewegt sich mit einem Fahrzeug (nicht gezeigt) mit einer Geschwindigkeit v entlang der Strecke S. Kommt das Fahrzeug mit der mitbewegten Uhr U_2 an dem Startpunkt X_0 vorbei, wird die mitbewegte Uhr U_2 mit der ruhenden Uhr U_0 synchronisiert. Erreicht das Fahrzeug bei dem Zeitpunkt t_1 (im ruhenden Bezugssystem gemessen) den Endpunkt X_1 , so wird die seit dem Passieren des Startpunkts X_0 verstrichene Zeit $\Delta t' = t_1' - t_0$, welche von der mitbewegten Uhr U_2 gemessen wurde, mit der von der ruhenden Uhr U_1 ermittelten Zeit $\Delta t = t_1 - t_0$ verglichen bzw. es wird nach Formel (3) die Geschwindigkeit v des Fahrzeugs berechnet.

In FIG 3 ist ein Geschwindigkeitsermittlungssystem 30 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht. Teil des Geschwindigkeitsermittlungssystems 30 ist ein Navigationsatellit 1, welcher eine Atomuhr (nicht gezeigt) als Referenz

renz-Zeitmesseinrichtung umfasst. Der Navigationssatellit 1 sendet Zeitsignale S_t aus, welche als Referenz-Zeitangaben genutzt werden. Beispielsweise werden die Zeitsignale S_t in Zeitabständen von $\Delta t = 1s$, aus dem Bezugssystem des Navigationssatelliten betrachtet, ausgesendet. Das Geschwindigkeitsermittlungssystem 30 umfasst auch ein Fahrzeug 2, dessen Geschwindigkeit gemessen werden soll. Das Fahrzeug 2 weist eine Empfangseinheit 3 auf, mit der die von dem Navigationssatellit 1 emittierten Zeitsignale S_t empfangen werden. Außerdem umfasst das Fahrzeug 2 eine mobile Zeitmesseinrichtung 4, welche eine Zeitdifferenz $\Delta t'$ zwischen den beiden empfangenen Zeitsignalen S_t misst. Dafür kann die Zeitmessung zum Beispiel bei Eintreffen eines ersten Zeitsignals S_t in der Empfangseinheit 3 gestartet werden. Weiterhin wird von der Empfangseinheit 3 ein der verstrichenen Zeit von $1s$ entsprechendes Zeitsignal S_t von dem Satelliten 1 nach der Zeit $\Delta t' = 1,0000000000000139 s$ empfangen. Die beiden Daten Δt , $\Delta t'$ werden dann an eine Auswerteeinheit 5 übermittelt, welche auf Basis der empfangenen Daten Δt , $\Delta t'$ nach Formel (3) die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 2 berechnet. Verändern sich die Übertragungszeiten der Zeitsignale S_t des Satelliten 1 aufgrund einer Positionsänderung des Satelliten 1, so können zusätzliche Korrekturen der Zeitmessungen auf Basis von Informationen, welche die aktuelle Position des Navigationssatelliten 1 betreffen, vorgenommen werden. Auf diese Weise kann die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 2 mit erhöhter Genauigkeit ermittelt werden.

Es wird abschließend noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den vorbeschriebenen Verfahren und Vorrichtungen lediglich um bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung handelt und dass die Erfindung vom Fachmann variiert werden kann, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen, soweit er durch die Ansprüche vorgegeben ist. Es wird der Vollständigkeit halber auch darauf hingewiesen, dass die Verwendung der unbestimmten Artikel „ein“ bzw. „eine“ nicht ausschließt, dass die betreffenden Merkmale auch mehrfach vorhanden sein können. Ebenso schließt der Begriff „Einheit“ nicht aus, dass

diese aus mehreren Komponenten besteht, die gegebenenfalls auch räumlich verteilt sein können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln der Geschwindigkeit (v) eines Fahrzeugs (2), aufweisend die Schritte:

- 5 - Durchführen einer Messung einer Referenz-Zeitdifferenz (Δt) mit einer relativ zu dem Fahrzeug (2) bewegten Referenz-Zeitmesseinrichtung ($U_0, U_1, 1$),
- Durchführen einer Messung der aufgrund von relativistischen Effekten dilatierten Referenz-Zeitdifferenz ($\Delta t'$) mit einer
10 mit dem Fahrzeug (2) mitbewegten, mobilen Zeitmesseinrichtung ($U_2, 4$),
- Ermitteln der Geschwindigkeit (v) des Fahrzeugs (2) auf Basis eines Vergleichs der beiden gemessenen Zeitdifferenzen ($\Delta t, \Delta t'$), wobei die Geschwindigkeit (v) auf Basis von um
15 die Laufzeit eines gemessenen Referenzzeitsignals korrigierten Referenzzeiten (t_{korrr}) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die relativ zu dem Fahrzeug bewegte Zeitmesseinrichtung ($U_0, U_1, 1$) stationär ist.

20

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Vergleich die Ermittlung eines Lorentzfaktors (γ) auf Basis der beiden gemessenen Zeitdifferenzen ($\Delta t, \Delta t'$) umfasst und die Geschwindigkeit (v) des Fahrzeugs (2) auf Basis des ermittelten Lorentzfaktors (γ) ermittelt wird.

25

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Lorentzfaktor (γ) auf Basis des Quotienten aus den beiden gemessenen Zeitdifferenzen ($\Delta t, \Delta t'$) ermittelt wird.

30

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zur Messung der vorbestimmten Referenz-Zeitdifferenz (Δt) ein durch einen mit dem Fahrzeug (2) mitbewegten Empfänger (3) empfangenes Referenz-Zeitsignal (S_t) eines globalen satellitenbasierten Navigationssystems verwendet wird.

35

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zur Messung der Zeitdifferenzen (Δt , $\Delta t'$) jeweils eine Hochpräzisionsuhr, vorzugsweise eine optische Atomuhr, verwendet wird.

- 5 7. Geschwindigkeitsermittlungssystem (30) für ein Fahrzeug (2), aufweisend:
- eine relativ zu dem Fahrzeug (2) bewegte Referenz-Zeitmesseinrichtung (U_0 , U_1 , 1) zum Durchführen einer Messung einer Referenz-Zeitdifferenz (Δt),
 - 10 - eine mit dem Fahrzeug (2) mitbewegte, mobile Zeitmesseinrichtung (U_2 , 4) zum Durchführen einer Messung der aufgrund von relativistischen Effekten dilatierten Referenz-Zeitdifferenz ($\Delta t'$),
 - eine Auswerteeinrichtung (5) zum Ermitteln der Geschwindigkeit (v) des Fahrzeugs (2) auf Basis eines Vergleichs der
 - 15 beiden gemessenen Zeitdifferenzen (Δt , $\Delta t'$) und auf Basis von um die Laufzeit eines gemessenen Referenzzeitsignals korrigierten Referenzzeiten (t_{kor}).
- 20 8. Computerprogrammprodukt mit einem Computerprogramm, welches direkt in eine Speichereinheit eines Geschwindigkeitsermittlungssystems (30) ladbar ist, mit Programmabschnitten, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 auszuführen, wenn das Computerprogramm in der Rechneinheit
- 25 ausgeführt wird.
9. Computerlesbares Medium, auf welchem von einer Rechneinheit ausführbare Programmabschnitte gespeichert sind, um alle Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 aus-
- 30 zuführen, wenn die Programmabschnitte von der Rechneinheit ausgeführt werden.

FIG 1

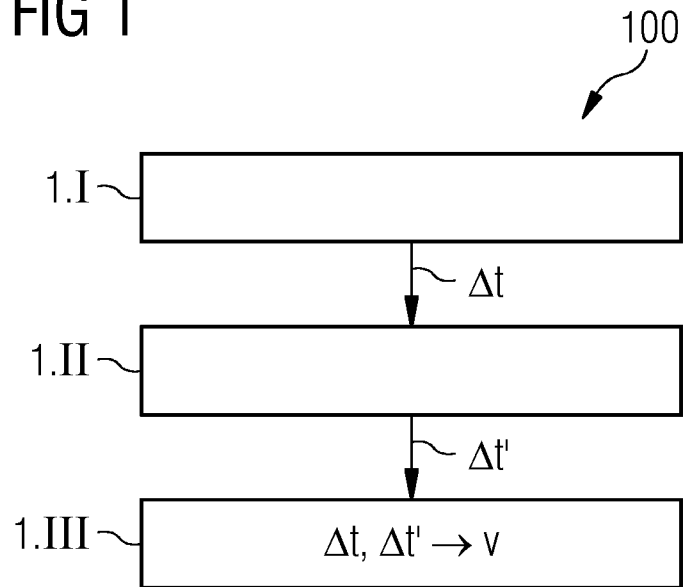


FIG 2

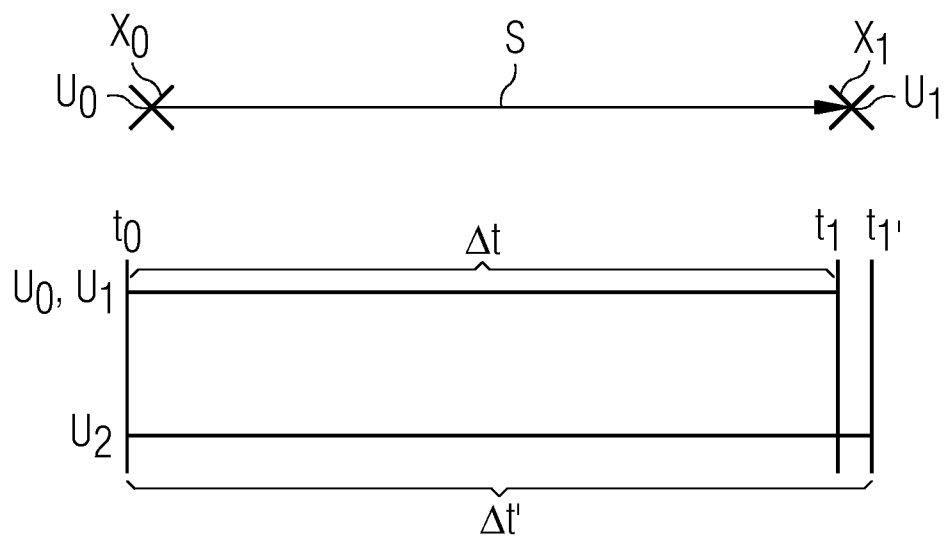
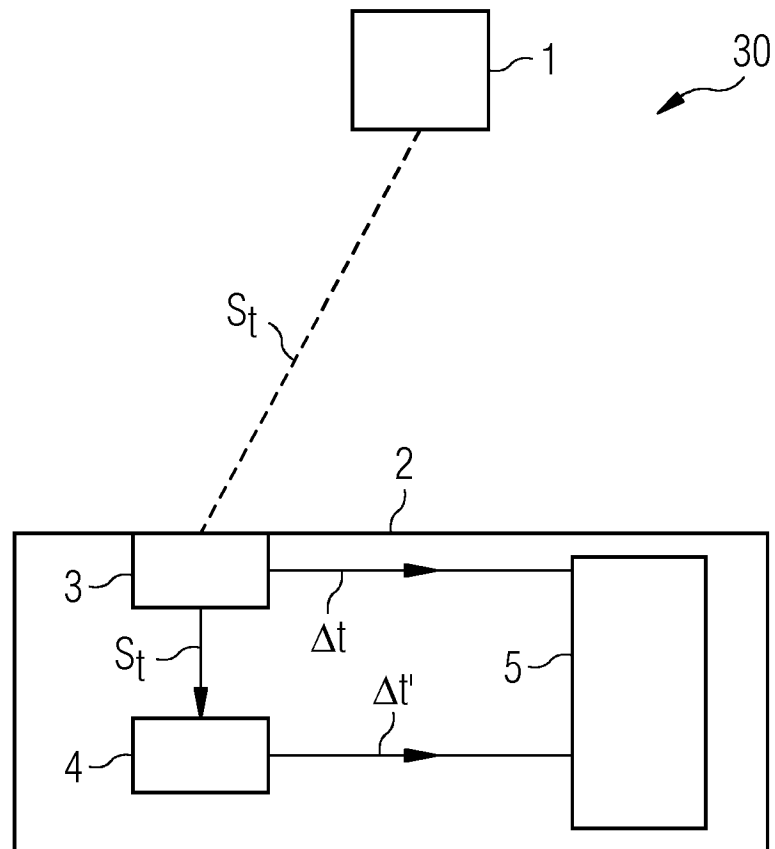


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/066855

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G01S 19/13</i> (2010.01)i; <i>G01S 19/52</i> (2010.01)i; <i>G01C 21/10</i> (2006.01)i 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; G01C Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	A Mueller ET AL. "Anhang 4: Reifeprüfungsaufgaben zur Relativitätstheorie" In: MUELLER ET AL. ELEKTROMAGNETISCHE SCHWINGUNGEN UND WELLEN WELLENOPTIK RELATIVITAETSTHEORIE - PHYSIK LEISTUNGSKURS 2. SEMESTER, München, : Ehrenwirth , pages 333-350, 1990, ISBN: 978-3-431-02988-8. XP009507476 High School Graduation 1981, VI, Assignment 1.a; page 335	1-9
T	A Mueller ET AL. "Zeit- und Längenmessung in gegeneinander bewegten Bezugssystemen" In: MUELLER ET AL. ELEKTROMAGNETISCHE SCHWINGUNGEN UND WELLEN WELLENOPTIK RELATIVITAETSTHEORIE - PHYSIK LEISTUNGSKURS 2. SEMESTER, München, : Ehrenwirth , pages 202-217, 1990, ISBN: 978-3-431-02988-8. XP055511633 the whole document	1-9
A	US 2014195152 A1 (NEISWANDER ROBERT S [US]) 10 July 2014 (2014-07-10) the whole document	1-9
☐ 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 04 October 2018		Date of mailing of the international search report 15 October 2018
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Knoll, Bernhard Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/066855

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2014195152	A1	10 July 2014	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01S19/13 G01S19/52 G01C21/10 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01S G01C		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	A Mueller ET AL: "Anhang 4: Reifeprüfungsaufgaben zur Relativitätstheorie" In: MUELLER ET AL: "ELEKTROMAGNETISCHE SCHWINGUNGEN UND WELLEN WELLENOPTIK RELATIVITAETSTHEORIE - PHYSIK LEISTUNGSKURS 2. SEMESTER", 1990, Ehrenwirth, München, XP009507476, ISBN: 978-3-431-02988-8 Seiten 333-350, Leistungsabitur 1981, VI, Aufgabe 1.a; Seite 335 ----- -/--	1-9
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
4. Oktober 2018		15/10/2018
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 Knoll, Bernhard

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
T	A Mueller ET AL: "Zeit- und Längenmessung in gegeneinander bewegten Bezugssystemen" In: MUELLER ET AL: "ELEKTROMAGNETISCHE SCHWINGUNGEN UND WELLEN WELLENOPTIK RELATIVITAETSTHEORIE - PHYSIK LEISTUNGSKURS 2. SEMESTER", 1990, Ehrenwirth, München, XP055511633, ISBN: 978-3-431-02988-8 Seiten 202-217, das ganze Dokument -----	1-9
A	US 2014/195152 A1 (NEISWANDER ROBERT S [US]) 10. Juli 2014 (2014-07-10) das ganze Dokument -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/066855

Im Recherchenbericht
angeführtes Patentdokument

Datum der
Veröffentlichung

Mitglied(er) der
Patentfamilie

Datum der
Veröffentlichung

US 2014195152 A1 10-07-2014 KEINE
