(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
29. März 2018 (29.03.2018)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/054579 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G05D 1/00 (2006.01) *G01S 19/47* (2010.01)
G01C 21/16 (2006.01) *G05D 1/02* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/068680

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Juli 2017 (24.07.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 218 232.3
22. September 2016 (22.09.2016) DE

(71) Anmelder: **VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Berliner Ring 2, 38440 Wolfsburg (DE).

(72) Erfinder: **ROTHHÄMEL, Malte**; Ängsbergsvägen 31, 14142 Huddinge (SE).

(81) **Bestimmungsstaaten** *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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:** POSITION-DETERMINING SYSTEM FOR A MOBILE UNIT, VEHICLE, AND METHOD FOR OPERATING A POSITION-DETERMINING SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** POSITIONSBESTIMMUNGSSYSTEM FÜR EINE MOBILE EINHEIT, FAHRZEUG UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES POSITIONSBESTIMMUNGSSYSTEMS

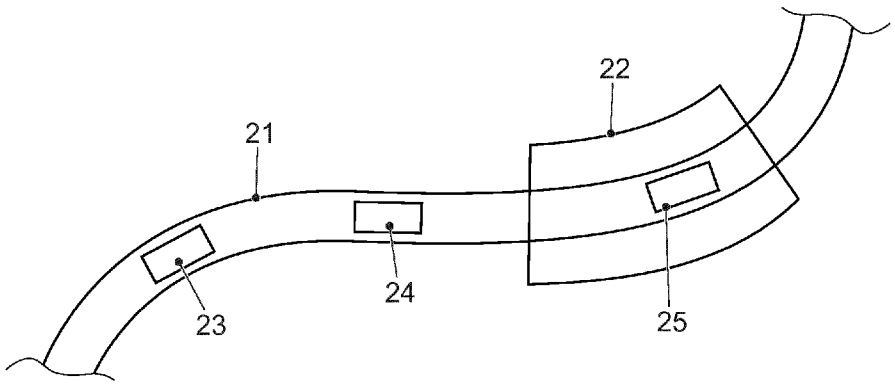


FIG. 2

(57) **Abstract:** The invention relates to a position-determining system for a mobile unit (1) having: a reference locating unit (2) with which a first reference position can be detected at a first point in time (T1) and a second reference position of the mobile unit (1) can be detected at a later, second point in time (T2); a detection unit (3) with which movement data of the mobile unit (1) can be detected; and a computing unit (4) with which a calculated second position of the mobile unit (1) can be determined at the second point in time (T2) by means of a neuronal network using the first reference position and the detected movement data. At least one parameter of the neuronal network can be adjusted using a comparison of the second reference position with the calculated second position. The invention also relates to a method for operating a position-determining system for a mobile unit (1), in which method a first reference position of the mobile unit (1) is detected at a first point in time (T1). Movement data of the mobile unit (1) are also detected, and a calculated second position of the mobile unit (1) is determined at a second point in time (T2) by means of a neuronal network using the first reference position and the detected movement data. A second reference position of the mobile unit (1) is detected at the second point in time (T2), wherein a parameter of the neuronal network is adjusted using a comparison of the second reference position with the calculated second position.

WO 2018/054579 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(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)*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Positionsbestimmungssystem für eine mobile Einheit (1) mit einer Referenz-Lokalisierungseinheit (2), durch die zu einem ersten Zeitpunkt (T1) eine erste Referenzposition und zu einem späteren zweiten Zeitpunkt (T2) eine zweite Referenzposition der mobilen Einheit (1) erfassbar ist; einer Erfassungseinheit (3), durch die Bewegungsdaten der mobilen Einheit (1) erfassbar sind; und einer Recheneinheit (4), durch die mittels eines neuronalen Netzes anhand der ersten Referenzposition und der erfassten Bewegungsdaten eine berechnete zweite Position der mobilen Einheit (1) zu dem zweiten Zeitpunkt (T2) bestimmbar ist. Dabei ist anhand eines Vergleichs der zweiten Referenzposition mit der berechneten zweiten Position zumindest ein Parameter des neuronalen Netzes anpassbar. Die Erfindung betrifft zudem ein Verfahren zum Betreiben eines Positionsbestimmungssystems für eine mobile Einheit (1), bei dem eine erste Referenzposition der mobilen Einheit (1) zu einem ersten Zeitpunkt (T1) erfasst wird. Ferner werden Bewegungsdaten der mobilen Einheit (1) erfasst und mittels eines neuronalen Netzes wird anhand der ersten Referenzposition und der erfassten Bewegungsdaten eine berechnete zweite Position der mobilen Einheit (1) zu einem zweiten Zeitpunkt (T2) bestimmt. Eine zweite Referenzposition der mobilen Einheit (1) wird zum zweiten Zeitpunkt (T2) erfasst, wobei anhand eines Vergleichs der zweiten Referenzposition mit der berechneten zweiten Position ein Parameter des neuronalen Netzes angepasst wird.

Beschreibung

Positionsbestimmungssystem für eine mobile Einheit, Fahrzeug und Verfahren zum Betreiben eines Positionsbestimmungssystems

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Positionsbestimmungssystem für eine mobile Einheit sowie ein Fahrzeug mit einem Positionsbestimmungssystem. Sie betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben eines Positionsbestimmungssystems für eine mobile Einheit.

Mobile Nutzergeräte, beispielsweise Mobiltelefone und Fahrzeuge mit entsprechenden Einrichtungen, bieten in zunehmendem Maße Funktionen, für die genaue Kenntnisse der Position der mobilen Einheit von hoher Wichtigkeit sind. Zum Beispiel können Navigationssysteme einem Nutzer Anweisungen zum Navigieren entlang einer bestimmten Route ausgeben sowie Informationen bereitstellen, die für eine teilweise oder vollständig autonome Steuerung etwa eines Fahrzeugs genutzt werden können.

Im Bereich der autonomen Steuerung von Fahrzeugen ist es beispielsweise aus der DE 40 01 493 A1 bekannt, dass ein Gerät selbstgesteuert einen vorgegebenen Bewegungsablaufzyklus ausführt, wobei Sensordaten gewonnen werden. Die Sensordaten werden in einer Lernphase einem neuronalen Netzwerk wiederholt eingegeben und der Bewegungsablaufzyklus wird wiederholt, bis ein vorgegebener globaler Fehler unterschritten und die Lernphase abgeschlossen wird. Es erfolgt ein Übergang in eine anschließende Kannphase, in welcher das Gerät anhand des neuronalen Netzwerks den gelernten Bewegungsablaufzyklus autonom ausführt oder fehlerhaftes Fahrverhalten korrigiert.

Ferner beschreibt Dean A. Pomerlau (NIPS-3 Proceedings of the 1990 conference on Advances in neural information processing systems 3; Seiten 429-435) ein Verfahren, bei dem während einer Lernphase eines neuronalen Netzes ein Fahrzeug manuell gesteuert wird. Dabei werden durch eine Kamera Daten erfasst. Anhand der erfassten Daten werden durch seitliches Verschieben weitere virtuelle Beispiele der Fahrt erzeugt, durch die das neuronale Netz trainiert wird.

Zudem ist aus der DE 101 49 206 A1 ein Verfahren zum Kartographieren einer Straße bekannt, bei dem mittels eines neuronalen Fuzzy-Logik-Systems eine Reaktion erfasst und Systeme eines Fahrzeugs gesteuert werden können.

Die US 2013/0231824 A1 beschreibt schließlich ein System, bei dem ein neuronales Netz genutzt wird, um einer Kollision mit einem Objekt auszuweichen oder eine andere Reaktion einzuleiten.

Von besonderer Bedeutung für eine (teil-)autonome Fahrt ist, dass die Position der mobilen Einheit möglichst präzise bekannt ist. Die bekannten Systeme sind allerdings häufig anfällig für Störungen, die beispielsweise auftreten können, wenn die Position der mobilen Einheit nicht oder nicht ausreichend genau bestimmt werden kann. Dies kann etwa der Fall sein, wenn der Empfang von Signalen, die für die Positionsbestimmung notwendig sind, aufgrund ungünstiger Bedingungen in der Umgebung eingeschränkt ist oder wenn einzelne Systemkomponenten ausfallen.

Zudem können Marker verwendet werden, beispielsweise magnetische Marker in der Fahrbahn oder besondere optische Marker in der Umgebung der Fahrbahn, die durch entsprechende Sensoren erkannt und für eine Lokalisierung genutzt werden können.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Positionsbestimmungssystem, ein Fahrzeug und ein Verfahren zum Betreiben eines Positionsbestimmungssystems bereitzustellen, die eine besonders sichere und robuste Bestimmung der Position der mobilen Einheit erlauben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Positionsbestimmungssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Fahrzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 9 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Das erfindungsgemäße Positionsbestimmungssystem für eine mobile Einheit umfasst eine Referenz-Lokalisierungseinheit, durch die zu einem ersten Zeitpunkt eine erste Referenzposition und zu einem späteren zweiten Zeitpunkt eine zweite Referenzposition der mobilen Einheit erfassbar ist. Es umfasst ferner eine Erfassungseinheit, durch die Bewegungsdaten der mobilen Einheit erfassbar sind, sowie eine Recheneinheit, durch die mittels eines neuronalen Netzes anhand der ersten Referenzposition und der erfassten

Bewegungsdaten eine berechnete zweite Position der mobilen Einheit zu dem zweiten Zeitpunkt bestimmbar ist. Dabei ist anhand eines Vergleichs der zweiten Referenzposition mit der berechneten zweiten Position zumindest ein Parameter des neuronalen Netzes anpassbar.

Dadurch kann vorteilhafterweise eine besonders gute Lokalisierung bereitgestellt werden, wobei insbesondere eine verbesserte Redundanz des System zur Verfügung gestellt werden kann, um einen vollständigen oder teilweisen Ausfall einer Lokalisierungseinheit ausgleichen zu können. Insbesondere ist dies für eine vollständig oder teilweise autonome Bewegungssteuerung der mobilen Einheit von Vorteil.

Unter der „Position“ der mobilen Einheit wird eine Lokalisierung in einem Koordinatensystem verstanden. Das Koordinatensystem kann dabei absolut nach Art eines Weltkoordinatensystems gebildet sein, etwa als globales Koordinatensystem. Es kann ferner relativ zu einem Referenzpunkt bestimmt sein, beispielsweise relativ zu einer Landmarke. Im weiteren Sinne umfasst die Position ferner eine Richtungsinformation, insbesondere eine Ausrichtung der mobilen Einheit innerhalb des Koordinatensystems.

Bei einer Ausbildung des erfindungsgemäßen Positionsbestimmungssystems sind die Referenzpositionen durch die Referenz-Lokalisierungseinheit anhand eines Navigationssatellitensystems erfassbar. Dadurch kann vorteilhafterweise ein weithin verfügbares System zum Erfassen der Referenzpositionen verwendet werden.

Die erste und zweite Referenzposition kann dabei auf an sich bekannte Weise bestimmt werden, beispielsweise mittels GPS, gegebenenfalls unterstützt durch Korrekturverfahren (zum Beispiel DGPS), oder anhand eines vergleichbaren Systems. Alternativ oder zusätzlich können weitere Verfahren zur Bestimmung der Referenzpositionen verwendet werden, beispielsweise anhand von Landmarken. Dabei umfasst die Referenz-Lokalisierungseinheit an sich bekannte Sensoren, beispielsweise einen GPS-Sensor sowie alternativ oder zusätzlich optische Sensoren, Radarsensoren und/oder andere Sensoren.

Sämtliche Positionen, das heißt die erste und zweite Referenzposition sowie die zweite berechnete Position, können dabei relativ zu verschiedenen Koordinatensystem bestimmt werden, beispielsweise einem globalen Koordinatensystem, wie es etwa für an sich bekannte GPS-Verfahren gebräuchlich ist. Ferner kann ein relatives Koordinatensystem verwendet werden, wobei die Positionen insbesondere relativ zu einem bestimmten Koordinatenursprung bestimmt werden. Beispielsweise können die Positionen relativ zum Verlauf einer Fahrbahn

angegeben werden, beispielsweise als laterale Position relativ zur Breite der Fahrbahn oder als Position längs dem Verlauf der Fahrbahn, wobei beispielsweise von einer virtuellen Mittellinie der Fahrbahn ausgegangen werden kann.

Dabei sind den Positionen jeweils Zeitpunkte zugeordnet, wobei sich die mobile Einheit zu einem bestimmten Zeitpunkt an einer tatsächlichen Position befindet. Die erfasste Referenzposition und die berechnete Position für den Zeitpunkt entsprechen Messungen oder Bestimmungen der tatsächlichen Position und sind entsprechend typischerweise mit statistischen Fehlern behaftet. Der erste und der zweite Zeitpunkt sind dabei zeitlich durch eine bestimmte Zeitdauer voneinander unterschiedlich, wobei der zweite Zeitpunkt nach dem ersten Zeitpunkt folgt. Bei einer Ausführungsform kann die zweite Referenzposition zu dem zweiten Zeitpunkt ferner anhand weiterer Daten bestimmt werden, beispielsweise durch Interpolation anhand von Daten zu einem dritten Zeitpunkt, etwa wenn für einen bestimmten Zeitpunkt keine erfasste Referenzposition zur Verfügung steht. Die Erfassung der Referenzposition und die Bestimmung der berechneten Position können somit synchronisiert werden.

Bei einer weiteren Ausbildung umfassen die Bewegungsdaten der mobilen Einheit eine Geschwindigkeit und/oder eine Richtungsinformation. Dadurch kann vorteilhafterweise eine Positionsbestimmung anhand einer Auswertung der Eigenbewegung der mobilen Einheit bestimmt werden.

Die Erfassung der Bewegungsdaten erfolgt dabei auf an sich bekannte Weise, wobei insbesondere Daten über die Position sowie über die Veränderung der Position der mobilen Einheit in Abhängigkeit von der Zeit erfasst werden. Dies kann etwa der Betrag einer Geschwindigkeit sein sowie eine Bewegungsrichtung. Insbesondere kann die Geschwindigkeit als Vektor repräsentiert werden, das heißt mit einem Betrag und einer Richtung. Der Vektor kann ferner einer Position und/oder einer zeitlichen Information zugeordnet sein, beispielsweise die Geschwindigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt und/oder an einer bestimmten Position. Die Richtungsinformation kann ferner eine Änderung der Bewegungsrichtung umfassen, beispielsweise bei einer Beschleunigung, einem Lenkvorgang oder anderen Indikatoren für eine Richtungsänderung.

Die Bewegungsdaten können anhand von Sensoren an sich bekannter Art erfasst werden. Die Bewegungsdaten können ferner weitere erfasste Daten umfassen, beispielsweise Bilddaten, Daten von Lidar- und Radarsensoren, Informationen über eine räumliche Ausrichtung der mobilen Einheit und/oder Daten weitere Einrichtungen, insbesondere der mobilen Einheit.

Die Bestimmung der berechneten zweiten Position erfolgt anhand der ersten erfassten Referenzposition und der erfassten Bewegungsdaten. Dabei kann beispielsweise eine Koppelnavigation durchgeführt werden, wobei etwa anhand der Eigenbewegung der mobilen Einheit eine aktuelle Position relativ zu einer ersten Position bestimmt werden kann. Bei dem Verfahren kann also ausgehend von der ersten Referenzposition anhand der Eigenbewegung der mobilen Einheit seine aktuelle Position, insbesondere zu dem zweiten Zeitpunkt, bestimmt werden. Dabei kann insbesondere ein EgoMotion-Verfahren verwendet werden. Die berechnete zweite Position kann ferner anhand weiterer Daten bestimmt werden, beispielsweise anhand von Informationen über die Mittel, durch welche die Bewegung der mobilen Einheit vermittelt wird, etwa über ein Fahrzeug und für seine Fortbewegung relevante Eigenschaften wie Radstand, Masse, Fahrwerk und weitere.

Alternativ oder zusätzlich können weitere Sensordaten, bei schrittweise optische, Radar- oder auf andere Weise erfasste Daten verwendet werden, wobei anhand der weiteren Sensordaten insbesondere Relativpositionen bestimmbar sind.

Das neuronale Netz wird dabei auf an sich bekannte Weise genutzt, um die berechnete zweite Position zu bestimmen. Dabei erfolgt insbesondere ein fortlaufender Abgleich der berechneten zweiten Position mit der erfassten zweiten Referenzposition. Der Abgleich kann dabei in festen oder variablen zeitlichen oder räumlichen Abständen erfolgen. Bei dem Vergleich zwischen der berechneten zweiten Position und der zweiten Referenzposition zum zweiten Zeitpunkt wird ein quantitatives Maß für den Unterschied zwischen den beiden Positionen bestimmt. Insbesondere können dabei der Betrag und die Richtung einer Abweichung bestimmt werden.

Das neuronale Netz weist dabei zumindest einem Parameter auf, der anhand des Vergleichs anpassbar ist. Dabei wird insbesondere ein Lernvorgang des neuronalen Netzes durchgeführt, beispielsweise mittels eines *Back-Propagation*-Algorithmus. Dabei kann der Lernvorgang kontinuierlich wiederholt durchgeführt werden, sodass ein kontinuierliches Lernen des neuronalen Netzes während des Betriebs des erfindungsgemäßen Positionsbestimmungssystems erfolgt. Insbesondere kann dadurch eine kontinuierliche Verbesserung der Positionsbestimmung durch das neuronale Netz durch den Vergleich zwischen der zweiten Referenzposition und der berechneten zweiten Position erreicht werden.

Bei einer Ausbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Parameter zu Beginn des erfindungsgemäßen Verfahrens so bereitgestellt wird, dass die Bestimmung der berechneten

zweiten Position bereits zu Beginn mit einer vorgegebenen Güte durchführbar ist. Der Parameter kann beispielsweise so vorgegeben sein, dass die berechnete zweite Position zu Beginn des Verfahrens bereits so sicher bestimmt werden kann, dass für eine vorgegebene kurze Dauer ein Ausfall der Referenz-Lokalisierungseinheit anhand des neuronalen Netzes ausgeglichen werden kann. Ferner kann der Parameter so vorgegeben sein, dass eine Positionsbestimmung vorgegebene Mindestbedingungen für die Konfidenz der bestimmten Positionswerte erfüllt.

Insbesondere wird ein vortrainiertes neuronales Netz bereitgestellt, das heißt, der Parameter des neuronalen Netzes wurde bereits zuvor anhand eines Lernvorgangs angepasst. Dies kann beispielsweise so erfolgen, dass der Parameter für ein vortrainiertes neuronales Netz durch den Hersteller der mobilen Einheit bestimmt und bereitgestellt wird. Dadurch kann das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhafterweise von Anfang an zur Positionsbestimmung genutzt werden, wobei allerdings durch das Verfahren zugleich eine weitere Anpassung des Parameters vorgesehen ist, sodass der Parameter weiter verbessert und/oder an veränderte Gegebenheiten angepasst werden kann.

Bei dem erfindungsgemäßen Positionsbestimmungssystem kann vorteilhafterweise die Bestimmung der berechneten zweiten Position durch das neuronale Netz stetig verbessert werden, indem die Ergebnisse der Berechnung kontinuierlich mit den erfassten Referenzpositionen verglichen werden. Dadurch kann ferner fortlaufend berücksichtigt werden, wenn eine allmähliche Veränderung von Umständen der Bewegung stattfindet. Beispielsweise können Abnutzungen oder Unregelmäßigkeiten bei Mitteln zur Fortbewegung der mobilen Einheit dazu führen, dass die Bestimmung der berechneten zweiten Position nicht dauerhaft nach exakt dem gleichen Modell durchgeführt werden kann. Durch das Lernen des neuronalen Netzes können solche Veränderungen vorteilhafterweise nachvollzogen werden, ohne dass dazu ein komplexes Modell bereitgestellt werden muss.

Bei einer Weiterbildung ist für die Referenz-Lokalisierungseinheit ein Betriebsstatus bestimmbar und in Abhängigkeit von dem Betriebsstatus ist entweder die zweite Referenzposition oder die berechnete zweite Position ausgebbar. Dadurch stehen vorteilhafterweise auf verschiedene Weise bestimmte Positionen zur Verfügung, wobei auf einen als besonders zuverlässig identifizierten Wert zurückgegriffen werden kann, um beispielsweise eine verbesserte Redundanz des Positionsbestimmungssystems zu ermöglichen.

Der Betriebsstatus kann zum Beispiel Informationen darüber umfassen, ob die Referenz-Lokalisierungseinheit eine Fehlfunktion aufweist. Bei einer solchen Fehlfunktion kann insbesondere die zweite Referenzposition nicht oder nur ungenau bestimmt werden. Der Betriebsstatus kann dabei auf verschiedene an sich bekannte Weisen erfasst werden. Zum Beispiel kann erfasst werden, ob bei einer satellitengestützten Lokalisierung die benötigten Signale empfangen werden können. Ferner kann eine Funktionsweise von Sensoren überwacht werden, durch die Daten zur Lokalisierung erfasst werden, beispielsweise optische Sensoren, Radarsensoren oder andere Sensoren.

Dabei können insbesondere auch systemimmanente Komplikationen bei der Lokalisierung berücksichtigt werden, beispielsweise wenn bei einer Position in einem Tunnel keine Satellitensignale empfangen werden können. Ferner können beispielsweise Komponenten der Referenz-Lokalisierungseinheit überwacht werden, wobei etwa eine Unterbrechung oder Instabilität der Stromversorgung einer Komponente erfasst werden kann. Insbesondere kann der bestimmte Betriebsstatus Informationen darüber umfassen, ob eine dauerhafte oder vorübergehende Störung vorliegt.

Ferner kann durch die Referenz-Lokalisierungseinheit eine Unsicherheit für die erfasste zweite Referenzposition ausgegeben werden, beispielsweise eine Standardabweichung oder ein Konfidenzintervall. Die Unsicherheit kann ausgewertet werden, wobei beispielsweise anhand eines Schwellenwerts bestimmt werden kann, ob die zweite Referenzposition mit ausreichender Sicherheit und/oder Genauigkeit erfasst wurde.

In Abhängigkeit von dem Betriebsstatus kann entschieden werden, ob die zweite Referenzposition oder die berechnete zweite Position ausgegeben werden soll. Die Ausgabe erfolgt insbesondere an eine weitere Einrichtung, die anhand der ausgegebenen Position weitere Funktionen ausführen kann. Beispielsweise kann die Ausgabe an ein Navigationssystem und/oder an ein System für eine teilweise oder vollständig autonome Bewegungssteuerung für die mobile Einheit erfolgen. Ferner kann eine Ausgabe erzeugt werden, die durch einen Nutzer erfassbar ist, beispielsweise mittels einer Anzeige.

Dadurch kann beispielsweise sichergestellt werden, dass im Falle einer Fehlfunktion der Referenz-Lokalisierungseinheit nicht die womöglich mit einem signifikanten Fehler behaftete zweite Referenzposition ausgegeben wird, sondern die berechnete zweite Position, um insbesondere anderen Einrichtungen eine fortgesetzte Funktion zu ermöglichen. Dabei kann die berechnete zweite Position als redundantes System verwendet werden, das heißt, es kann ein

Ersatz für Daten einer teilweise oder vollständig ausgefallenen Referenz-Lokalisierungseinheit bereitgestellt werden.

Bei einer weiteren Ausbildung ist der Betriebsstatus anhand einer Plausibilitätsprüfung für die zweite Referenzposition bestimmbar. Dadurch kann vorteilhafterweise der Betriebsstatus davon abhängig gemacht werden, ob die Ergebnisse der Erfassung der zweiten Referenzposition für eine weitere Verarbeitung geeignet sind. Beispielsweise kann dabei erfasst werden, ob eine Veränderung der Position vom ersten zum zweiten Zeitpunkt angesichts der erfassten Bewegungsdaten der mobilen Einheit plausibel erscheint oder ob die Daten der Referenz-Lokalisierungseinheit eine unplausible, sprunghafte Veränderung der Bewegung nahelegen. Bei weiteren Ausführungsbeispielen können alternativ oder zusätzlich andere Verfahren verwendet werden, um den Betriebsstatus zu bestimmen und insbesondere Fehlfunktionen der Referenz-Lokalisierungseinheit zu erfassen.

Bei einer Weiterbildung umfasst das Positionsbestimmungssystem ferner eine Bewertungseinheit, durch die anhand eines Vergleichs der zweiten Referenzposition mit der berechneten zweiten Position ferner ein Gütesignal für die berechnete zweite Position bestimmbar ist. Dabei kann das Gütesignal der berechneten zweiten Position insbesondere eine Information darüber umfassen, mit welcher Sicherheit die berechnete zweite Position der mobilen Einheit bestimmbar ist, wobei das Gütesignal von einem Zeitraum zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt abhängt. Dadurch kann vorteilhafterweise eine Informationen darüber bereitgestellt werden, wie verlässlich die berechnete zweite Position bestimmt werden kann und für welchen zeitlichen Abstand die berechnete zweite Position mit welcher Sicherheit bestimmt werden kann.

Ferner kann anhand des Gütesignals beispielsweise bestimmt werden, für welche Einrichtungen die berechnete zweite Position für den zweiten Zeitpunkt eine ausreichende Sicherheit bei der Lokalisierung bietet. Insbesondere kann eine Steuerung sicherheitsrelevanter Funktionen, etwa einer autonomen oder teilautonomen Bewegungssteuerung der mobilen Einheit, in Abhängigkeit von dem Gütesignal ausgeführt werden, wobei beispielsweise ein Schwellenwert bestimmt sein kann, bei dessen Unterschreiten durch das Gütesignal die sicherheitsrelevante Funktion nicht mehr ausgeführt wird.

Zudem kann eine Information darüber bereitgestellt werden, mit welcher Sicherheit die berechnete zweite Position in einem bestimmten zeitlichen und/oder räumlichen Abstand zur ersten Referenzposition bestimmt werden kann. Insbesondere hängt die Sicherheit bei der

Bestimmung der berechneten zweiten Position von der Zeitdauer ab, die zwischen dem ersten und zweiten Zeitpunkt vergeht. Typischerweise ist die berechnete zweite Position umso weniger sicher bestimmbar, je länger der zweite Zeitpunkt, zu dem sich die mobile Einheit bei der zweiten Position befindet, entfernt ist von dem ersten Zeitpunkt der Erfassung der ersten Referenzposition von der ausgehend die Bestimmung der berechneten zweiten Position vorgenommen wird. Verantwortlich hierfür können beispielsweise Phänomene bei der Erfassung der Bewegungsdaten wie Drift und technisch bedingte Unsicherheiten der Erfassungseinheit sein. Es kann also etwa bestimmt werden, wie lange nach dem Auftreten einer Fehlfunktion oder einem Ausfall der Referenz-Lokalisierungseinheit eine zuverlässige Bestimmung der berechneten zweiten Position anhand des neuronalen Netzes erfolgen kann.

Bei einer Ausbildung der Erfindung ist in Abhängigkeit von dem Gütesignal entweder die zweite Referenzposition oder die berechnete zweite Position ausgebbar. Dadurch kann vorteilhafterweise beispielsweise bei einer Fehlfunktion der Referenz-Lokalisierungseinheit auf die berechnete zweite Position zurückgegriffen werden. Dies ermöglicht eine redundante Gestaltung des Positionsbestimmungssystems, sodass die Funktionsfähigkeit insbesondere weiterer Einrichtungen auch bei Ausfall einer Komponente abgesichert werden kann.

Bei einer weiteren Ausbildung ist durch eine Trajektorien-Planungseinheit anhand der berechneten zweiten Position einer Trajektorie der mobilen Einheit bestimmbar. Insbesondere kann anhand der bestimmten Trajektorie eine zumindest teilweise autonome Steuerung der Bewegung der mobilen Einheit vorgenommen werden. Dadurch kann vorteilhafterweise die Ausgabe der berechneten zweiten Position genutzt werden, um neben der Bestimmung der Position weitere Funktionen auszuführen. Insbesondere kann dabei eine Korrektur der Bewegung der mobilen Einheit ausgehend von der aktuellen Position zu einer Soll-Position erfolgen.

Das erfindungsgemäße Fahrzeug weist ein Positionsbestimmungssystem wie oben beschrieben auf. Dabei können die Bewegungsdaten des Fahrzeugs insbesondere eine Geschwindigkeit und/oder einen Linkwinkel umfassen. Die Bewegungsdaten können ferner weitere Daten des Betriebs des Fahrzeugs umfassen.

Bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Fahrzeugs ist das Fahrzeug zumindest teilweise automatisch steuerbar. Dabei ist in Abhängigkeit von den Betriebsstatus der Referenz-Lokalisierungseinheit ein sicherer Fahrmodus des Fahrzeugs aktivierbar, wobei das Fahrzeug bei dem aktivierten sicheren Fahrmodus anhand der berechneten zweiten Position steuerbar

ist. Dadurch kann vorteilhafterweise in Abhängigkeit von dem Betrieb der Referenz-Lokalisierungseinheit, beispielsweise in Abhängigkeit von ihrer Funktionsfähigkeit, ein sicherer Fahrmodus aktiviert werden.

Insbesondere wird dabei der sichere Fahrmodus aktiviert, wenn ein sicherheitsrelevantes System nicht mehr mit der erforderlichen Redundanz betrieben werden kann. Bei dem sicheren Fahrmodus wird insbesondere die Bewegung des Fahrzeugs so gesteuert, dass Kollisionen mit Objekten, zum Beispiel anderen Verkehrsteilnehmern, zuverlässig vermieden werden, wobei die Fahrweise besonders vorsichtig erfolgt, um beispielsweise einen Ausfall oder eine Fehlfunktion einer Einheit zur Positionsbestimmung zu kompensieren. Beispielsweise kann beim Ausfall der Referenz-Lokalisierungseinheit sichergestellt werden, dass das Fahrzeug abgebremst, auf sichere Weise zum Halt gebracht oder in einen anderen sicheren Zustand gebracht wird, wobei ersatzweise auf die berechnete zweite Position für die Steuerung zurückgegriffen wird. Dabei kann alternativ oder zusätzlich eine manuelle Steuerung aktiviert werden.

Bei einer weiteren Ausbildung ist die berechnete zweite Position ferner anhand von Betriebsdaten des Fahrzeugs bestimmbar. Dadurch kann vorteilhafterweise eine genauere Positionsbestimmung erreicht werden.

Die Betriebsdaten des Fahrzeugs können etwa eine Betätigung der Pedalerie, insbesondere des Brems- oder Gaspedals, Einstellungen eines Fahrwerks des Fahrzeugs, ein Reifendruck, ein Maß für eine Reibung einer mechanischen Komponente des Fahrzeugs, ein Radstand und/oder die Masse des Fahrzeugs umfassen. Dabei kann durch das erfindungsgemäße Positionsbestimmungssystem sichergestellt werden, dass durch den Vergleich der zweiten Referenzposition mit der berechneten zweiten Position, insbesondere durch das kontinuierliche Durchführen dieses Vergleichs, eine kontinuierliche Anpassung an für die Positionsbestimmung relevante Parameter erfolgen kann. Beispielsweise kann sich der Reifendruck für verschiedene Reifen mit der Zeit verändern, was bei herkömmlichen Modellen für die Positionsbestimmung, etwa bei typischen EgoMotion-Verfahren, nicht berücksichtigt werden kann, da dies eine übermäßig aufwändige Modellierung erfordern würde. Durch das neuronale Netz können solche Veränderungen auch ohne ihre explizite Kenntnis berücksichtigt werden, da hier die Bestimmung der berechneten zweiten Position anhand des angepassten Parameters allmählich angepasst wird, auch ohne dass die genaue Ursache für eine Veränderung anhand von Messungen bestimmt werden muss.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines Positionsbestimmungssystems für eine mobile Einheit wird eine erste Referenzposition der mobilen Einheit zu einem ersten Zeitpunkt erfasst. Es werden Bewegungsdaten der mobilen Einheit erfasst und mittels eines neuronalen Netzes wird anhand der ersten Referenzposition und der erfassten Bewegungsdaten eine berechnete zweite Position der mobilen Einheit zu einem zweiten Zeitpunkt bestimmt. Es wird eine zweite Referenzposition der mobilen Einheit zu dem zweiten Zeitpunkt erfasst, wobei anhand eines Vergleichs der zweiten Referenzposition mit der berechneten zweiten Position ein Parameter des neuronalen Netzes angepasst wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere ausgebildet zum Betreiben eines Positionsbestimmungssystems wie oben beschrieben. Das Verfahren weist daher dieselben Vorteile auf wie das erfindungsgemäße Positionsbestimmungssystem.

Bei einer Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Parameter anhand eines Lernvorgangs des neuronalen Netzes angepasst. Dadurch kann vorteilhafterweise eine Verbesserung der Berechnung der berechneten zweiten Position erfolgen, insbesondere für zukünftige Berechnungen. Dabei werden an sich bekannte Verfahren zum Lernen für neuronale Netze verwendet, zum Beispiel ein *Back-Propagation*-Algorithmus.

Bei einer Weiterbildung wird für eine Referenz-Lokalisierungseinheit, durch welche die Referenzpositionen erfassbar sind, ein Betriebsstatus bestimmt, wobei in Abhängigkeit von dem Betriebsstatus entweder die zweite Referenzposition oder die berechnete zweite Position ausgebbar ist. Dadurch kann vorteilhafterweise die berechnete zweite Position verwendet werden, wenn die Erfassung der zweiten Referenzposition durch die Referenz-Lokalisierungseinheit beispielsweise unsicher, fehlerhaft oder nicht möglich ist.

Insbesondere umfasst der Betriebsstatus Informationen darüber, mit welcher Güte Daten durch die Referenz-Lokalisierungseinheit erfassbar sind beziehungsweise mit welcher Sicherheit die Lokalisierung der mobilen Einheit anhand dieser Daten erfolgen kann. Dadurch kann beispielsweise für sicherheitsrelevante Fahrfunktionen sichergestellt werden, dass die Lokalisierung mit hinreichend hoher Genauigkeit und oder Sicherheit bereitgestellt werden kann.

Bei einer weiteren Ausbildung wird anhand der ausgegebenen Position eine autonome Steuerung der Bewegung der mobilen Einheit durchgeführt. Dadurch kann beispielsweise eine teilweise oder vollständig automatische Steuerung eines Fahrzeugs erfolgen, wobei die zweite

Referenzposition und/oder die berechnete zweite Position genutzt werden kann. Dabei kann beispielsweise anhand des Betriebsmodus der Referenz-Lokalisierungseinheit entschieden werden, welche Position vorrangig genutzt wird.

Insbesondere umfasst die autonome Steuerung einen Abgleich einer Ist-Position der mobilen Einheit zu einem Zeitpunkt mit einer Soll-Position entlang einer Trajektorie, wobei die mobile Einheit entlang der Trajektorie gesteuert werden soll. Unterscheiden sich die Ist-Position und die Soll-Position voneinander, so kann durch die autonome Steuerung eine Korrektur erfolgen, wobei insbesondere Mittel zur Bewegung der mobilen Einheit genutzt werden. Dabei kann zu dem zweiten Zeitpunkt die Ist-Position anhand der zweiten Referenzposition und/oder der berechneten zweiten Position bestimmt werden. Insbesondere wird in Abhängigkeit von dem Betriebsstatus der Referenz-Lokalisierungseinheit die zweite Referenzposition oder die berechnete zweite Position als Ist-Position verwendet, wobei die berechnete zweite Position insbesondere dann verwendet wird, wenn der Betriebsstatus auf eine verminderte Qualität der Erfassung der zweiten Referenzposition hindeutet.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug zu den Zeichnungen erläutert.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Fahrzeugs und
Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Mit Bezug zu Figur 1 wird ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Fahrzeugs erläutert.

Ein Fahrzeug 1 umfasst eine Steuereinheit 5, mit der eine Referenz-Lokalisierungseinheit 2, eine Erfassungseinheit 3, eine Recheneinheit 4 sowie eine Trajektorien-Planungseinheit 7 gekoppelt sind. Die Steuereinheit 5 umfasst ferner eine Bewertungseinheit 6.

Durch die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 ist eine trennbare datentechnische Verbindung zu einem Navigationssatellitensystems 10 herstellbar, wobei insbesondere Signale des Navigationssatellitensystems 10 empfangbar sind. Anhand der empfangenen Signale ist durch die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 eine Position des Fahrzeugs 1 bestimmbar. Bei dem Ausführungsbeispiel wird ein GPS-System verwendet. In weiteren Ausführungsbeispielen können alternativ oder zusätzlich andere Systeme vorgesehen sein, wobei beispielsweise die Position in einem globalen Koordinatensystem oder in einem Relativkoordinatensystem erfasst

werden kann. Dabei können auch Systeme verwendet werden, welche die Positionsbestimmung durch zusätzliche Maßnahmen verbessern.

Die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 bestimmt ferner einen Betriebsstatus, welcher eine Information darüber umfasst, ob die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 optimal funktioniert und insbesondere wird dabei berücksichtigt, ob und mit welcher Qualität Satellitensignale des Satellitennavigationssystems 10 empfangen werden. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass der Betriebsstatus alternativ oder zusätzlich durch die Einheit 5 bestimmt wird, wobei etwa eine Plausibilitätsprüfung für die von der Referenz-Lokalisierungseinheit 2 ausgegebenen Daten durchgeführt werden kann.

Mit Bezug zu Figur 2 wird ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert. Dabei wird von dem oben mit Bezug zu Figur 1 erläuterten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Fahrzeugs 1 ausgegangen.

Das Fahrzeug 1 bewegt sich entlang einer Straße 21, die durch einen Tunnel 22 verläuft. Dabei ist in Figur 2 eine erste tatsächliche Fahrzeugposition 23 zu einem ersten Zeitpunkt T1 dargestellt sowie eine zweite tatsächliche Fahrzeugposition 24 zu einem späteren zweiten Zeitpunkt T2 und eine dritte tatsächliche Fahrzeugposition 25 zu einem noch späteren dritten Zeitpunkt T3. Dabei befindet sich das Fahrzeug 1 zum dritten Zeitpunkt T3 im Tunnel 22.

Bei dem Verfahren wird die Position des Fahrzeugs 1 zu den Zeitpunkten T1, T2, T3 auf verschiedene Weise bestimmt. Zu dem ersten Zeitpunkt T1 wird eine erste Referenzposition durch die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 bestimmt, wobei das Navigationssatellitensystem 10 genutzt wird. Dabei empfängt die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 Signale von Navigationssatelliten und bestimmt anhand der Signale eine erste Referenzposition. Bei dem Ausführungsbeispiel wird davon ausgegangen, dass die erste Referenzposition mit der ersten tatsächlichen Fahrzeugposition 23 zum ersten Zeitpunkt T1 gut übereinstimmt. Insbesondere wird die Genauigkeit, beispielsweise eine Standardabweichung oder ein Konfidenzwert, bestimmt und zusammen mit der ersten Referenzposition ausgegeben

Bei dem Ausführungsbeispiel wird die bestimmte Position des Fahrzeugs 1, in diesem Fall die erste Referenzposition, an die Trajektorien-Planungseinheit 7 ausgegeben. Durch diese wird eine geplante Trajektorie des Fahrzeugs 1 bestimmt , im vorliegenden Fall entlang der Straße 21 – und durch die Steuereinheit 5 werden Steuerungsmittel des Fahrzeugs 1 so gesteuert, dass eine teilweise oder vollständig autonome Bewegung des Fahrzeugs 1 entlang der

geplanten Trajektorie erfolgt. Weicht eine bestimmte Position des Fahrzeugs 1 von der geplanten Trajektorie ab, so erfolgen beispielsweise Eingriffe in die Bewegung des Fahrzeugs 1, durch welche die geplante Trajektorie wieder erreicht wird.

In dem Zeitintervall zwischen dem ersten Zeitpunkt T1 und dem zweiten Zeitpunkt T2 bewegt sich das Fahrzeug 1 von der ersten tatsächlichen Fahrzeugposition 23 zu zweiten tatsächlichen Fahrzeugposition 24. Während dieser Bewegung werden durch die Erfassungseinheit 3 Bewegungsdaten des Fahrzeugs 1 erfasst. Diese Bewegungsdaten umfassen insbesondere die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 1 sowie die Gierrate und/oder den Lenkwinkel. Bei weiteren Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass weitere Daten erfasst werden, beispielsweise über eine Neigung, die Masse, den Radstand und/oder weitere Daten des Fahrzeugs 1.

Durch die Recheneinheit 4 kann nun mittels eines neuronalen Netzes anhand der ersten Referenzposition zum ersten Zeitpunkt T1 und der erfassten Bewegungsdaten die Position des Fahrzeugs zu einem weiteren Zeitpunkt, insbesondere zum zweiten Zeitpunkt T2, berechnet werden. Insbesondere erfolgt die Berechnung nach Art einer EgoMotion-Lokalisierung und/oder einer Koppelnavigation. In weiteren Ausführungsbeispielen können andere Verfahren alternativ oder zusätzlich verwendet werden, wobei jedoch stets ein neuronales Netz für die Berechnung verwendet wird.

Das neuronale Netz weist dabei zumindest einen Parameter auf, wobei die Genauigkeit und Sicherheit der Berechnung durch Optimieren des Parameters verbessert werden kann. Dabei erfolgt das Optimieren des Parameters anhand eines *Back-Propagation*-Algorithmus zum Lernen in neuronalen Netzen, wobei die berechnete Position für einen Zeitpunkt mit einer erfassten Referenzposition für den gleichen Zeitpunkt verglichen wird. Anhand des Vergleichs wird eine Anpassung des Parameters vorgenommen. Alternativ oder zusätzlich können andere Verfahren zum Lernen des neuronalen Netzes verwendet werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel wird zu dem zweiten Zeitpunkt T2, zu dem sich das Fahrzeug 1 an der zweiten tatsächlichen Fahrzeugposition 24 befindet, eine zweite Referenzposition durch die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 erfasst. Ferner wird durch die Recheneinheit 4 mittels des neuronalen Netzes eine berechnete zweite Position für den Zeitpunkt T2 bestimmt. Die zweite Referenzposition und die berechnete zweite Position werden miteinander verglichen und bei Abweichungen wird eine Anpassung des Parameters des neuronalen Netzes vorgenommen.

Anhand des Vergleichs wird ferner durch die Bewertungseinheit 6 ein Gütesignal bestimmt. Das Gütesignal umfasst Information darüber, mit welcher Sicherheit durch das neuronale Netz die Position des Fahrzeugs 1 berechenbar ist, wobei von einer Referenzposition zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgegangen wird und die berechnete Position zu einem späteren Zeitpunkt anhand der Bewegungsdaten berechnet wird. Dabei wird insbesondere berücksichtigt, mit welcher Sicherheit in einem bestimmten zeitlichen Abstand von dem Zeitpunkt der Referenzposition die berechnete Position für spätere Zeitpunkte sicher bestimmbar ist. Dabei ist die berechnete Position typischerweise umso sicherer bestimmbar, je kürzer das Zeitintervall zwischen dem Zeitpunkt der Referenzposition und dem Zeitpunkt der berechneten Position ist. Insbesondere gibt das Gütesignal bei dem Ausführungsbeispiel an, bei welchem zeitlichen Abstand von dem Erfassen einer Referenzposition die Position des Fahrzeugs 1 durch das neuronale Netz mit welcher Sicherheit bestimmbar ist.

Für die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 wird, wie oben beschrieben, ein Betriebsstatus erfasst, der insbesondere Informationen darüber umfasst, mit welcher Sicherheit die Referenzpositionen bestimmbar sind. Bei dem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass in Abhängigkeit von dem Betriebsstatus entweder die durch die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 erfasste Referenzposition oder die durch das neuronale Netz bestimmte berechnete Position an die Trajektorien-Planungseinheit 7 ausgegeben wird. Dabei erfolgt die Ausgabe der berechneten Position dann, wenn die Erfassung der Referenzposition nicht mit hinreichender Sicherheit erfolgen kann. Dazu kann beispielsweise ein Vergleich des Betriebsstatus mit einem Schwellenwert durchgeführt werden, wobei in Abhängigkeit von dem Schwellenwert höhere oder niedrigere Anforderungen an die sichere Funktion der Referenz-Lokalisierungseinheit 2 gestellt werden. Hier wird davon ausgegangen, dass zum zweiten Zeitpunkt T2 die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 problemlos funktioniert und die dadurch bestimmte zweite Referenzposition an die Trajektorien-Planungseinheit 7 ausgegeben wird.

Bei dem Ausführungsbeispiel bewegt sich das Fahrzeug 1 zwischen dem zweiten Zeitpunkt T2 und dem dritten Zeitpunkt T3 zu der dritten tatsächlichen Fahrzeugposition 25 im Tunnel 22. Dabei bricht die Verbindung zwischen der Referenz-Lokalisierungseinheit 2 und dem Navigationssatellitensystems 10 ab und es können keine Satellitensignale mehr empfangen werden. Folglich ist zum dritten Zeitpunkt T3 keine zuverlässige Erfassung der Referenzposition des Fahrzeugs 1 möglich. Der Betriebsstatus der Referenz-Lokalisierungseinheit 2 wird so gebildet, dass er eine Information über die Empfangsprobleme beziehungsweise die nicht zuverlässige Funktion der Referenz-Lokalisierungseinheit 2 umfasst.

Für den dritten Zeitpunkt T3 wird durch die Recheneinheit 4 anhand des neuronalen Netzes eine berechnete Position des Fahrzeugs 1 bestimmt, wobei insbesondere von der für den zweiten Zeitpunkt T2 erfassten zweiten Referenzposition sowie von Bewegungsdaten des Fahrzeugs 1 über die Bewegung zwischen dem zweiten Zeitpunkt T2 und dem dritten Zeitpunkt T3 ausgegangen wird. Die Bestimmung erfolgt ferner anhand des angepassten Parameters des neuronalen Netzes.

Nach einer Auswertung des Betriebsstatus der Referenz-Lokalisierungseinheit 2 wird entschieden, statt einer durch die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 erfassten Referenzposition die durch die Recheneinheit 4 bestimmte berechnete Position an die Trajektorien-Planungseinheit 7 auszugeben. Es erfolgt eine weitere Steuerung des Fahrzeugs 1 anhand der durch die Recheneinheit 4 bestimmten berechneten Position.

Dabei wird bei dem Ausführungsbeispiel ein sicherer Fahrmodus des Fahrzeugs 1 aktiviert. Bei einer vollständig autonomen Fahrt wird das Fahrzeug 1 in dem sicheren Fahrmodus durch die Trajektorien-Planungseinheit 7 und die Steuereinheit 5 so gesteuert, dass es sicher zum Stehen gebracht wird, wenn keine manuelle Übernahme der Steuerung durch einen Fahrer erfolgt. Dadurch wird auf den Ausfall der Referenz-Lokalisierungseinheit reagiert. Alternativ oder zusätzlich kann eine Warnung an einen Fahrer oder einen anderen Nutzer ausgegeben werden. Bei dem aktivierten sicheren Fahrmodus kann beispielsweise die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 1 verringert werden, Überholvorgänge können vermieden werden, das Fahrzeug 1 kann zu einer Halteposition gesteuert werden und/oder eine Warmbeleuchtung kann aktiviert werden.

Dabei wird insbesondere das durch die Bewertungseinheit 6 erzeugte Gütesignal verwendet, um zu bestimmen, wie lange eine Bestimmung der berechneten Position durch die Recheneinheit 4 mit ausreichender Genauigkeit und Sicherheit für eine automatische Steuerung des Fahrzeugs 1 möglich ist. In dem sicheren Fahrmodus kann die Steuerung insbesondere so erfolgen, dass das Fahrzeug 1 in einen sicheren Zustand gebracht wird, das heißt beispielsweise zum Stehen oder unter vollständige manuelle Kontrolle eines Fahrers, bis zu dem Zeitpunkt, bis zu dem die berechnete Position mit hinreichender Sicherheit bestimmbar ist.

Dabei kann ferner berücksichtigt werden, ob sich vor dem Erreichen dieses Zeitpunktes der Betriebsstatus der Referenz-Lokalisierungseinheit 2 wieder verbessert, beispielsweise weil das Fahrzeug 1 den Tunnel 22 bis zu diesem Zeitpunkt bereits wieder verlassen hat und ein Empfang von Satellitensignalen wieder möglich ist. Dieses kann beispielsweise durch Daten

eines Navigationssystems über die befahrene Straße 21 und die Lage des Tunnels 22 bestimmt und berücksichtigt werden.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Betriebsstatus so bestimmt wird, dass eine Fehlfunktion der Referenz-Lokalisierungseinheit 2 von einer systembedingten Veränderung der Qualität der bestimmten Position unterschieden wird. Beispielsweise kann dabei berücksichtigt werden, dass bei der Einfahrt in den Tunnel 22 keine Signale von einem Navigationssatellitensystem empfangbar sind, wobei aber bei der Ausfahrt aus dem Tunnel 22 innerhalb einer bestimmten Zeit damit zu rechnen ist, dass die Signale wieder zuverlässig empfangbar sind. In einem solchen Fall kann die Aktivierung des sicheren Fahrmodus unterdrückt werden, sodass eine Durchfahrt durch den Tunnel 22 ermöglicht wird. Insbesondere kann dies in Abhängigkeit von dem Gütesignal erfolgen, wobei bestimmt wird, ob die Positionsbestimmung anhand des neuronalen Netzes mit ausreichender Sicherheit gewährleistet ist. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass eine Weiterfahrt auch bei temporär eingeschränkter Funktion der Referenz-Lokalisierungseinheit 2 möglich ist, wobei hilfsweise das neuronale Netz zur Positionsbestimmung genutzt wird.

In weiteren Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass das Fahrzeug 1 nicht in einen sicheren Fahrmodus übergeht oder dass ein anderer Fahrmodus aktiviert wird, etwa mit in anderer Weise veränderten Steuerungseigenschaften, beispielsweise eine besonders defensive Fahrweise und/oder eine Vermeidung bestimmten Fahrmanöver.

In weiteren Ausführungsbeispielen erfolgt die Bestimmung der Position durch die Referenz-Lokalisierungseinheit 2 alternativ oder zusätzlich anhand weitere Sensoren, beispielsweise anhand eines Laserscanners, eines Radarsensors, eines Ultraschallsensors und/oder einer Kamera. Dabei wird insbesondere die Position relativ zu Landmarken in einer Umgebung des Fahrzeugs 1 bestimmt, beispielsweise eine laterale Position relativ zu den Rändern und/oder Fahrbahnmarkierungen der Straße 21. Der Betriebsstatus kann dabei analog zu den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen Informationen darüber umfassen, ob die Sensoren voll funktionsfähig sind und ob die Bestimmung der Position des Fahrzeugs 1 anhand der Sensordaten mit ausreichender Genauigkeit möglich ist. Ferner können die Bewegungsdaten auch Daten dieser Sensoren umfassen und zur Bestimmung der berechneten zweiten Position verwendet werden. Beispielsweise kann bei einem Ausfall einer satellitengestützten Lokalisierung durch das neuronale Netz auf die weiteren Sensordaten zurückgegriffen werden. Ferner kann ein Ausfall eines oder mehrerer Sensoren oder Sensorsysteme durch Rückgriff auf eine durch das neuronale Netz berechnete Position kompensiert werden.

Bezugszeichenliste

1	Mobile Einheit; Fahrzeug
2	Referenz-Lokalisierungseinheit
3	Erfassungseinheit
4	Recheneinheit
5	Steuereinheit
6	Bewertungseinheit
7	Trajektorien-Planungseinheit
10	Navigationssatellitensystem (GPS)
21	Straße
22	Tunnel
23	Erste tatsächliche Fahrzeugposition (zum ersten Zeitpunkt)
24	Zweite tatsächliche Fahrzeugposition (zum zweiten Zeitpunkt)
25	Dritte tatsächliche Fahrzeugposition (zum dritten Zeitpunkt)
T1	Erster Zeitpunkt
T2	Zweiter Zeitpunkt
T3	Dritter Zeitpunkt

Patentansprüche

1. Positionsbestimmungssystem für eine mobile Einheit (1) mit

einer Referenz-Lokalisierungseinheit (2), durch die zu einem ersten Zeitpunkt (T1) eine erste Referenzposition und zu einem späteren zweiten Zeitpunkt (T2) eine zweite Referenzposition der mobilen Einheit (1) erfassbar ist;

einer Erfassungseinheit (3), durch die Bewegungsdaten der mobilen Einheit (1) erfassbar sind; und

einer Recheneinheit (4), durch die mittels eines neuronalen Netzes anhand der ersten Referenzposition und der erfassten Bewegungsdaten eine berechnete zweite Position der mobilen Einheit (1) zu dem zweiten Zeitpunkt (T2) bestimmbar ist; wobei

anhand eines Vergleichs der zweiten Referenzposition mit der berechneten zweiten Position zumindest ein Parameter des neuronalen Netzes anpassbar ist.

2. Positionsbestimmungssystem gemäß Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Referenzpositionen durch die Referenz-Lokalisierungseinheit anhand eines Navigationssatellitensystems (10) erfassbar sind.

3. Positionsbestimmungssystem gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Bewegungsdaten der mobilen Einheit (1) eine Geschwindigkeit und/oder eine Richtungsinformation umfassen.

4. Positionsbestimmungssystem gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

für die Referenz-Lokalisierungseinheit (2) ein Betriebsstatus bestimmbar ist und

in Abhängigkeit von dem Betriebsstatus entweder die zweite Referenzposition oder die berechnete zweite Position ausgebbar ist.

5. Positionsbestimmungssystem gemäß Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass

der Betriebsstatus anhand einer Plausibilitätsprüfung für die zweite Referenzposition bestimmbar ist.

6. Positionsbestimmungssystem gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

ferner eine Bewertungseinheit (6) umfasst ist, durch die anhand eines Vergleichs der zweiten Referenzposition mit der berechneten zweiten Position ferner ein Gütesignal für die berechnete zweite Position bestimmbar ist.

7. Positionsbestimmungssystem gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass

in Abhängigkeit von dem Gütesignal entweder die zweite Referenzposition oder die berechnete zweite Position ausgebbar ist.

8. Positionsbestimmungssystem gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

durch eine Trajektorien-Planungseinheit (7) anhand der berechneten zweiten Position eine Trajektorie der mobilen Einheit (1) bestimmbar ist.

9. Fahrzeug (1) mit einem Positionsbestimmungssystem gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche.

10. Fahrzeug (1) gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass

das Fahrzeug (1) zumindest teilweise automatisch steuerbar ist; wobei

in Abhängigkeit von dem Betriebsstatus der Referenz-Lokalisierungseinheit (2) ein sicherer Fahrmodus des Fahrzeugs (1) aktivierbar ist; wobei

das Fahrzeug (1) bei dem aktivierten sicheren Fahrmodus anhand der berechneten zweiten Position steuerbar ist.

11. Fahrzeug gemäß Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass

die berechnete zweite Position ferner anhand von Betriebsdaten des Fahrzeugs (1) bestimmbar ist.

12. Verfahren zum Betreiben eines Positionsbestimmungssystems für eine mobile Einheit (1), bei dem

eine erste Referenzposition der mobilen Einheit (1) zu einem ersten Zeitpunkt (T1) erfasst wird;

Bewegungsdaten der mobilen Einheit (1) erfasst werden;

mittels eines neuronalen Netzes anhand der ersten Referenzposition und der erfassten Bewegungsdaten eine berechnete zweite Position der mobilen Einheit (1) zu einem zweiten Zeitpunkt (T2) bestimmt wird; und

eine zweite Referenzposition der mobilen Einheit (1) zu dem zweiten Zeitpunkt (T2) erfasst wird; wobei

anhand eines Vergleichs der zweiten Referenzposition mit der berechneten zweiten Position ein Parameter des neuronalen Netzes angepasst wird.

13. Verfahren gemäß Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass

der Parameter anhand eines Lernvorgangs des neuronalen Netzes angepasst wird.

14. Verfahren gemäß Anspruch 12 oder 13,
dadurch gekennzeichnet, dass

für eine Referenz-Lokalisierungseinheit (2), durch welche die Referenzpositionen erfassbar sind, ein Betriebsstatus bestimmt wird, wobei

in Abhängigkeit von dem Betriebsstatus entweder die zweite Referenzposition oder die berechnete zweite Position ausgebbar ist.

15. Verfahren gemäß Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass

anhand der ausgegebenen Position eine autonome Steuerung der Bewegung der mobilen Einheit (1) durchgeführt wird.

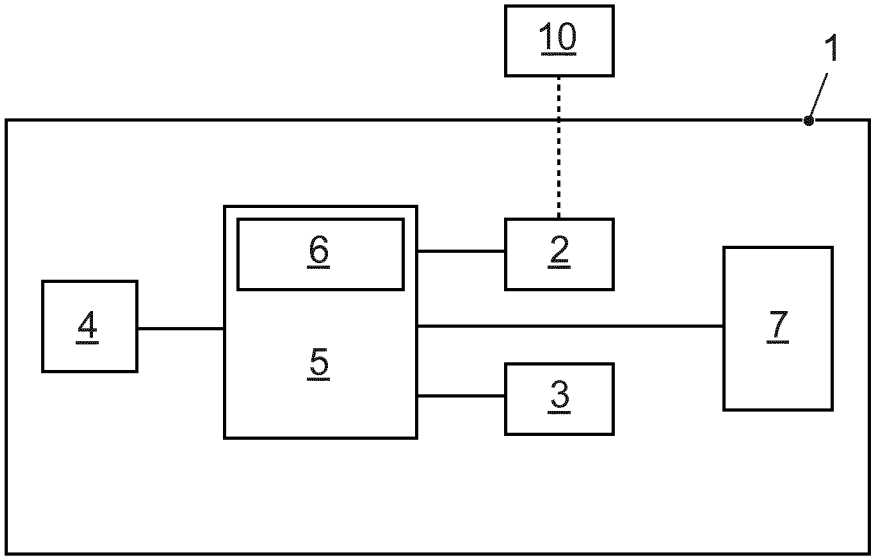


FIG. 1

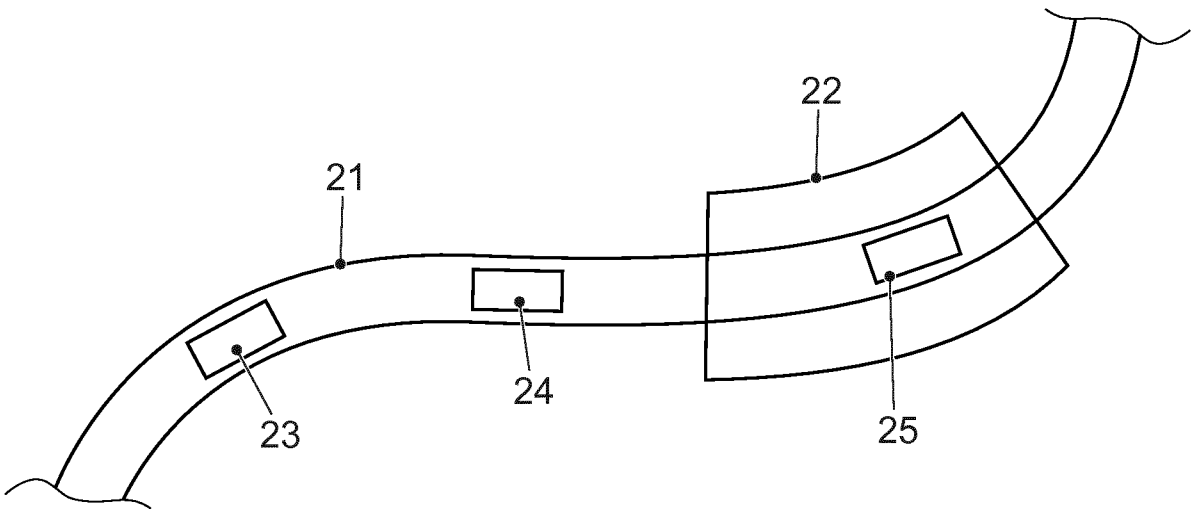


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/068680

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G05D1/00 G01C21/16 G01S19/47 G05D1/02
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G05D G01C G01S G06N

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	WO 00/73815 A1 (FISHER TORTOLANO SYSTEMS LTD [GB]; SPRACKLEN TIM [GB]) 7 December 2000 (2000-12-07)	1-3, 8-10,12, 13
Y	Seite 5 Zeilen 26-29, Seite 7 Zeilen 15-20, 25-34, Seite 8 Zeilen 27-29, Seite 10 Zeilen 3-12, 18-21, 25-36, Seite 11 Zeilen 1-7, Figur 1	4-7,11, 14,15

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
7 November 2017	13/11/2017

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

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/068680

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	NOURELDIN A ET AL: "GPS/INS integration utilizing dynamic neural networks for vehicular navigation", INFORMATION FUSION, ELSEVIER, US, vol. 12, no. 1, 18 January 2010 (2010-01-18), pages 48-57, XP027298788, ISSN: 1566-2535 [retrieved on 2010-01-18] Absatz 1 linke Spalte und Absatz 3.1	1,9,12
Y	US 2012/221244 A1 (GEORGY JACQUES [CA] ET AL) 30 August 2012 (2012-08-30) Absätze [0143], [0149], [0315], [0341]-[0343]	4-7,11, 14
Y	MEILING WANG ET AL: "Data fusion of ALV GPS/DR integrated navigation system based on BP neural network", INDUSTRIAL TECHNOLOGY, 2009. ICIT 2009. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 10 February 2009 (2009-02-10), pages 1-4, XP031456822, ISBN: 978-1-4244-3506-7	15
A	Abstract, Seite 1 linke Spalte	1-14

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/068680

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0073815 A1	07-12-2000	AT 428122 T	15-04-2009
		AU 5230600 A	18-12-2000
		EP 1166147 A1	02-01-2002
		WO 0073815 A1	07-12-2000
US 2012221244 A1	30-08-2012	US 2012221244 A1	30-08-2012
		US 2015039220 A1	05-02-2015

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/068680

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G05D1/00 G01C21/16 G01S19/47 G05D1/02
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G05D G01C G01S G06N

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	WO 00/73815 A1 (FISHER TORTOLANO SYSTEMS LTD [GB]; SPRACKLEN TIM [GB]) 7. Dezember 2000 (2000-12-07)	1-3, 8-10,12, 13
Y	Seite 5 Zeilen 26-29, Seite 7 Zeilen 15-20, 25-34, Seite 8 Zeilen 27-29, Seite 10 Zeilen 3-12, 18-21, 25-36, Seite 11 Zeilen 1-7, Figur 1	4-7,11, 14,15

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
7. November 2017	13/11/2017

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

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	NOURELDIN A ET AL: "GPS/INS integration utilizing dynamic neural networks for vehicular navigation", INFORMATION FUSION, ELSEVIER, US, Bd. 12, Nr. 1, 18. Januar 2010 (2010-01-18), Seiten 48-57, XP027298788, ISSN: 1566-2535 [gefunden am 2010-01-18] Absatz 1 linke Spalte und Absatz 3.1	1,9,12
Y	US 2012/221244 A1 (GEORGY JACQUES [CA] ET AL) 30. August 2012 (2012-08-30) Absätze [0143], [0149], [0315], [0341]-[0343]	4-7,11, 14
Y	MEILING WANG ET AL: "Data fusion of ALV GPS/DR integrated navigation system based on BP neural network", INDUSTRIAL TECHNOLOGY, 2009. ICIT 2009. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 10. Februar 2009 (2009-02-10), Seiten 1-4, XP031456822, ISBN: 978-1-4244-3506-7	15
A	Abstract, Seite 1 linke Spalte	1-14

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/068680

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0073815 A1	07-12-2000	AT 428122 T	15-04-2009
		AU 5230600 A	18-12-2000
		EP 1166147 A1	02-01-2002
		WO 0073815 A1	07-12-2000
US 2012221244 A1	30-08-2012	US 2012221244 A1	30-08-2012
		US 2015039220 A1	05-02-2015