



(11)

EP 4 406 813 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
31.07.2024 Patentblatt 2024/31

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 25/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23153211.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 25/025; B61L 25/026; B61L 2205/04

(22) Anmeldetag: **25.01.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Harnge, Niko**
14478 Potsdam (DE)
• **Richter, Olaf**
13591 Berlin (DE)
• **Wendel, Jan**
80336 München (DE)

(71) Anmelder: **Siemens Mobility GmbH**
81739 München (DE)

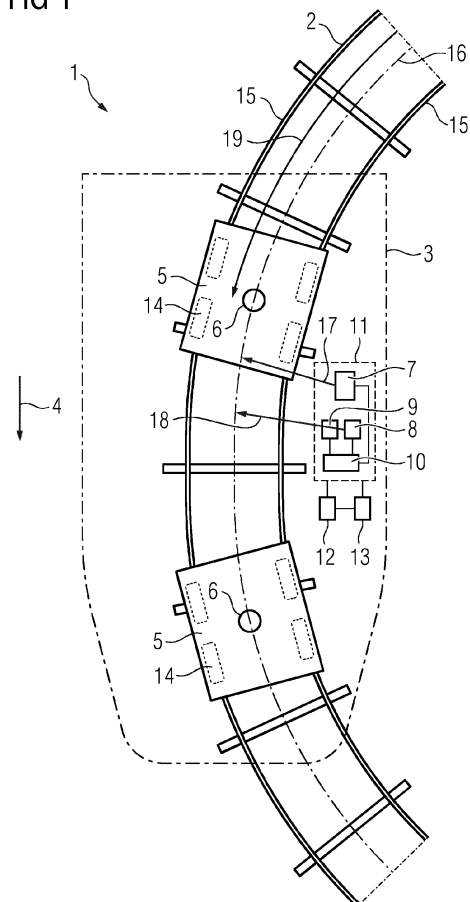
(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **COMPUTER-IMPLEMENTIERTES VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUM ERMITTELN EINER ZURÜCKGELEGTEN DISTANZ EINES SCHIENENFAHRZEUGS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Computer-implementiertes Verfahren zum Ermitteln einer zurückgelegten Distanz (19) eines Schienenfahrzeugs (3), bei dem die Distanz (19) mit Hilfe eines Datenfusionsalgorithmus ermittelt wird, bei dem Daten von wenigstens einem GNSS-Sensor (7) und wenigstens einem INS-Sensor (8) des Schienenfahrzeugs (3) vom Datenfusionsalgorithmus verarbeitet werden, und bei dem die zurückgelegte Distanz (19) des Schienenfahrzeugs (3) als wenigstens eine Zustandsvariable des Datenfusionsalgorithmus verwendet wird. Die Erfindung hat den Vorteil, dass eine Messunsicherheit der ermittelten zurückgelegten Distanz verringert werden kann.

Die Erfindung betrifft auch eine Einrichtung (11) zum Ermitteln einer zurückgelegten Distanz (19) für ein Schienenfahrzeug (3).

FIG 1



EP 4 406 813 A1

Beschreibung

[0001] Für einen automatischen Zugbetrieb sowie für eine Zugsicherung innerhalb einer heutigen eisenbahntechnischen Anlage werden üblicherweise die von einem Schienenfahrzeug zurückgelegte Distanz sowie das zugehörige Vertrauensintervall verwendet. Die zurückgelegte Distanz wird idealerweise durch eine Trajektorie gebildet, die entlang der Mitte einer Fahrstrecke des Schienenfahrzeugs verläuft. Die bisher verwendeten Verfahren zum Ermitteln der zurückgelegten Distanz des Schienenfahrzeugs weisen systematische Ungenauigkeiten und Messabweichungen auf. Diese lassen das Vertrauensintervall der ermittelten zurückgelegten Distanz sehr groß werden und das Vertrauensintervall kann erst an vorhandenen Referenzpunkten im Streckenverlauf, wie z. B. Balisen, zurückgesetzt werden. Die zurückgelegte Distanz ist dabei der zurückgelegte Weg des Schienenfahrzeugs.

[0002] Beispielsweise wird bei Odometrie-Systemen die Distanz anhand von Wegimpulsgeber und/oder Dopplerradar ermittelt, die wie folgt arbeiten.

Wegimpulsgeber:

[0003] An den Achsen der Schienenfahrzeuge oder an mit den Achsen verbundenem Getriebe werden Impulsgeber montiert, die pro Radumdrehung mehrere Impulse liefern. Ein Impuls entspricht hierbei einem Weginkrement. Die Impulse werden gezählt, wodurch sich die zurückgelegte Distanz ermitteln lässt. Die Wegmessung über das Rad-Schiene-System mit Wegimpulsgebern kann allerdings diverse zufällige und systematische Fehler aufweisen, z.B. Gleiten, Schlupfen, Sinuslauf, Spurweite, Gleisprofil, Radprofil, Gleisprofil, Exzentrizität der Achsen oder Quantisierung. Diese Fehler müssen bei der Bildung der Vertrauensintervalle berücksichtigt werden. Bei angetriebenen und gebremsten Achsen, ohne Informationen, ob Traktion oder Bremskraft anliegt, führt mögliches Schlupfen und Gleiten zu einem starken Aufweiten der Vertrauensintervalle. Selbst wenn diese Informationen bekannt sind, kann bei real auftretendem Schlupf keine genaue Distanz berechnet werden. Man kann sich hier z.B. eine Bergfahrt eines Güterzuges vorstellen, wo zusätzliche Zug- und Schubloks verwendet werden, die teils mit hohem Dauerschlupf unterstützen.

Dopplerradar:

[0004] Bei Dopplerradaren wird üblicherweise ein CW-HF-Signal vom Fahrzeug in Richtung Untergrund abgestrahlt, von diesem diffus zurückgestreut, im Radar empfangen und demoduliert. Bewegt sich das Fahrzeug, so verändert sich die Phasenlage, wobei eine sich kontinuierlich ändernde Phasenlage einer Frequenz entspricht. Die so genannte Dopplerfrequenz ist proportional zur Geschwindigkeit. D.h. mit Ermitteln der Dopplerfrequenz erhält man die Geschwindigkeit und durch Integration den

Weg, also die Distanz. Diese Frequenzmessung wiederum weist zufällige und systematische Fehler auf, die sich durch Fehlerfortpflanzung in der Wegmessung abbilden. Fehlereinflüsse sind hierbei beispielsweise eine Apertur der Antenne, Wichtung der Rückstreuoeffizienten über den Winkel durch unterschiedliche Untergründe, Einbautoleranzen der Radare (Verdrehen/Verkippen), nicht gleismittiger Einbau (Radare werden seitlich versetzt montiert, so dass die innenliegenden Schienenverschraubungen erfasst werden) oder ein Verschmutzen der Antenne.

[0005] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes computerimplementiertes Verfahren und eine Einrichtung zum Ermitteln einer zurückgelegten Distanz eines Schienenfahrzeugs bereitzustellen, mit denen die Distanz mit höherer Genauigkeit ermittelt werden kann.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch ein computerimplementiertes Verfahren zum Ermitteln einer zurückgelegten Distanz eines Schienenfahrzeugs, bei dem die Distanz mit Hilfe eines Datenfusionsalgorithmus ermittelt wird, bei dem Daten von wenigstens einem GNSS-Sensor und wenigstens einem INS-Sensor des Schienenfahrzeugs vom Datenfusionsalgorithmus verarbeitet werden, und bei dem die zurückgelegte Distanz des Schienenfahrzeugs als wenigstens eine Zustandsvariable des Datenfusionsalgorithmus verwendet wird.

[0007] Ferner wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch eine Einrichtung zum Ermitteln einer zurückgelegten Distanz eines Schienenfahrzeugs, mit wenigstens einem GNSS-Sensor, mit wenigstens einem INS-Sensor, mit wenigstens einer Datenverarbeitungseinrichtung, die zum Ermitteln der Distanz mit Hilfe eines Datenfusionsalgorithmus ausgebildet ist, wobei Daten des GNSS-Sensors und des INS-Sensors vom Datenfusionsalgorithmus verarbeitet werden und die zurückgelegte Distanz des Schienenfahrzeugs als wenigstens eine Zustandsvariable des Datenfusionsalgorithmus verwendet wird.

[0008] Die erfindungsgemäße Lösung hat den Vorteil, dass durch die Verwendung der zurückgelegten Distanz als Zustandsvariable des Datenfusionsalgorithmus das Vertrauensintervall der zurückgelegten Distanz durch die Daten des GNSS-Sensors und des INS-Sensors verbessert wird, die ebenfalls im Datenfusionsalgorithmus verarbeitet werden. Durch die Aufnahme der zurückgelegten Distanz in den Datenfusionsalgorithmus verringert sich die Messunsicherheit der ermittelten Distanz gegenüber herkömmlichen Verfahren, da sich Korrelationen zwischen der im Zustandsvektor des Datenfusionsalgorithmus enthaltenen Distanz und anderen Komponenten des Zustandsvektors aufbauen, die z.B. anhand des GNSS-Sensors beobachtbar sind.

[0009] Die Verwendung eines Datenfusionsalgorithmus für die Verarbeitung von Daten eines GNSS-Sensors (Global Navigation Satellite System) und eines INS-Sensors (Inertial Navigation System) ist bereits üblich.

Durch die zusätzliche Aufnahme der zurückgelegten Distanz in den Datenfusionsalgorithmus erhöht sich aber die Genauigkeit des ermittelten Werts der zurückgelegten Distanz aufgrund der Daten des GNSS-Sensors und des INS-Sensors.

[0010] Die erfindungsgemäße Lösung kann durch vorteilhafte Ausgestaltung weiterentwickelt werden, die im Folgenden beschrieben sind.

[0011] So können von dem Datenfusionsalgorithmus die Abstände des GNSS-Sensors und des INS-Sensors jeweils zu einem Drehgestellzapfen des Schienenfahrzeugs bei der Verarbeitung der Daten des GNSS-Sensors und des INS-Sensors berücksichtigt werden. Bei einem Schienenfahrzeug schwenken in Kurven beispielsweise Anbauteile am Wagenkasten aus und bewegen sich nicht mehr auf der gleismittigen Trajektorie. Lediglich die Drehgestellzapfen, über die die Drehgestelle, mit dem Wagenkasten verbunden sind, bleiben stets auf dieser gleismittigen Trajektorie. Da sowohl der GNSS-Sensor als auch der INS-Sensor üblicherweise nicht genau über dem Drehgestellzapfen eingebaut sind, entsprechen deren ermittelte Daten wie z.B. der Geschwindigkeiten nicht denen in der Gleismitte. Daher wird die Genauigkeit verbessert, wenn die Abstände der Sensoren zu einem der Drehgestellzapfen bei der Verarbeitung der Daten im Datenfusionsalgorithmus berücksichtigt sind. Eine solche Berücksichtigung ist beispielsweise beschrieben in C. Reimer, E. L. v. Hinüber: "INS/GNSS/Odometer Data Fusion in Railway Applications", Symposium Inertial Sensors & Systems, 09/2016, iMAR Navigation GmbH. Insbesondere werden bei dieser Ausgestaltung der Erfindung alle Abstände berücksichtigt und nicht nur z.B. die quer zur Fahrtrichtung.

[0012] Um einen besonders ausgereiften und erprobten Algorithmus zu verwenden, kann als Datenfusionsalgorithmus ein Kalman-Filter, insbesondere ein erweiterter Kalman-Filter, verwendet werden. Es liegt sehr viel Erfahrung bei der Verwendung von Kalman-Filtern und auch von erweiterten Kalman-Filtern für eine Positions- bzw. Geschwindigkeitsbestimmung mittels GNSS-Sensoren vor, die so genutzt werden kann.

[0013] Ferner können als die vom Datenfusionsalgorithmus verarbeiteten Daten wenigstens vom GNSS-Sensor ermittelte Positionsdaten und/oder Pseudoabstandsdaten verwendet werden. Dies hat den Vorteil, dass aus den Positionsdaten bzw. Pseudoabstandsdaten die zurückgelegte Distanz des Schienenfahrzeugs beispielsweise nach einem Tunnel sehr schnell wieder optimiert und korrigiert werden kann.

[0014] Ferner können als die vom Datenfusionsalgorithmus verarbeiteten Daten wenigstens vom GNSS-Sensor ermittelte Geschwindigkeitsdaten und/oder Dopplermessungen verwendet werden.

[0015] Um den erfindungsgemäß verwendeten Datenfusionsalgorithmus weiter zu verbessern, können Geschwindigkeitsdaten des Schienenfahrzeugs von wenigstens einer Odometrie-Einrichtung ermittelt und die Geschwindigkeitsdaten vom Datenfusionsalgorithmus

verarbeitet werden.

[0016] In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann die Ableitung der zurückgelegten Distanz in Form der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs im Datenfusionsalgorithmus verwendet werden. Dies hat den Vorteil, dass die zurückgelegte Distanz leicht in den Datenfusionsalgorithmus integriert werden kann.

[0017] Die Erfindung betrifft auch eine Datenverarbeitungseinrichtung mit Mitteln zur Ausführung des o. g. erfindungsgemäßen Verfahrens und dessen vorteilhaften Ausführungsformen. Eine solche Datenverarbeitungseinrichtung kann beispielsweise ein Computer sein.

[0018] Des Weiteren wird ein Computerprogrammprodukt mit Programmbefehlen zur Durchführung des genannten erfindungsgemäßen Verfahrens und/oder dessen Ausführungsbeispielen beansprucht, wobei mittels des Computerprogrammprodukts jeweils das erfindungsgemäße Verfahren und/oder dessen Ausführungsbeispiele durchführbar sind.

[0019] Darüber hinaus wird eine Bereitstellungsvorrichtung zum Speichern und/oder Bereitstellen des Computerprogrammprodukts beansprucht. Die Bereitstellungsvorrichtung ist beispielsweise ein Datenträger, der das Computerprogrammprodukt speichert und/oder bereitstellt. Alternativ und/oder zusätzlich ist die Bereitstellungsvorrichtung beispielsweise ein Netzwerkdienst, ein Computersystem, ein Serversystem, insbesondere ein verteiltes Computersystem, ein cloudbasiertes Rechnersystem und/oder virtuelles Rechnersystem, welches das Computerprogrammprodukt vorzugsweise in Form eines Datenstroms speichert und/oder bereitstellt.

[0020] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Einrichtung zum Ermitteln einer zurückgelegten Distanz eines Schienenfahrzeugs kann die Einrichtung wenigstens eine Odometrie-Einrichtung umfassen, die zum Ermitteln von Geschwindigkeitsdaten des Schienenfahrzeugs ausgebildet ist, und die Datenverarbeitungseinrichtung zum Verarbeiten der Geschwindigkeitsdaten von der Odometrie-Einrichtung mit Hilfe des Datenfusionsalgorithmus ausgebildet sein. Dies hat den Vorteil, dass neben dem GNSS-Sensor und dem INS-Sensor auch eine Odometrie-Einrichtung verwendet wird, die weitere Daten liefert und somit die Qualität der ermittelten zurückgelegten Distanz verbessert wird.

[0021] Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Schienenfahrzeug, das erfindungsgemäß eine Einrichtung zum Ermitteln einer zurückgelegten Distanz eines Schienenfahrzeugs nach einer der zuvor genannten Ausführungsformen umfasst.

[0022] In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann das Schienenfahrzeug wenigstens ein Drehgestell umfassen, das mittels wenigstens einem Drehgestellzapfen angebunden ist, und die Datenverarbeitungseinrichtung kann so ausgebildet sein, dass mittels des Datenfusionsalgorithmus die Abstände des GNSS-Sensors und des INS-Sensors zum Drehgestellzapfen bei der Verarbeitung der Daten des GNSS-Sensors und des INS-Sensors zu berücksichtigen. Dies hat den oben bereits beschrie-

benen Vorteil, dass - obwohl der GNSS-Sensor und der INS-Sensor nicht über der Gleismitte montiert sind - trotzdem eine gleismittige Trajektorie bestimmt werden kann.

[0023] Ferner kann das Schienenfahrzeug wenigstens eine Zugsicherungseinrichtung und/oder wenigstens eine ATO-Einrichtung aufweisen, die jeweils zum Verarbeiten der zurückgelegten Distanz ausgebildet sind. Dies hat den Vorteil, dass die ermittelte zurückgelegte Distanz direkt auf dem Schienenfahrzeug verarbeitet wird. Die Distanz, insbesondere die gleismittige Distanz, weist nur sehr geringe systematische Fehler und Latenz auf, daher kann die ATO-Einrichtung das Schienenfahrzeug beispielsweise sehr genau an einem Haltepunkt zum Stehen bringen. Ferner sind auch die sicheren Vertrauensintervalle nur gering aufgeweitet, so dass zuverlässig die Türen freigegeben werden können.

[0024] Im Folgenden wird die Erfindung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen erläutert.

[0025] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer beispielhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer veränderten Messungengenauigkeit bei dem erfindungsgemäßen Schienenfahrzeug aus Fig. 1.

[0026] Eine in Figur 1 gezeigte eisenbahntechnische Anlage 1 weist in dem dargestellten Ausschnitt eine Fahrstrecke 2 und ein Schienenfahrzeug 3 auf, wobei sich das Schienenfahrzeug 3 in einer Fahrtrichtung 4 entlang der Fahrstrecke 2 bewegt.

[0027] Das Schienenfahrzeug 3 umfasst zwei Drehgestelle 5, die in üblicher Weise jeweils über einen Drehgestellzapfen 6 mit dem restlichen Schienenfahrzeug 3 verbunden sind. Das Schienenfahrzeug 3 weist weiterhin einen GNSS-Sensor 7, einen INS-Sensor 8, eine Odometrie-Einrichtung und eine Datenverarbeitungseinrichtung 10 auf, die zusammen eine Einrichtung 11 zum Ermitteln einer zurückgelegten Distanz des Schienenfahrzeugs 3 ausbilden. Das Schienenfahrzeug 3 weist weiterhin eine Zugsicherungseinrichtung 12 und eine ATO-Einrichtung 13 auf (ATO - Automatic Train Operation), die jeweils mit der Einrichtung 11 verbunden sind.

[0028] Das Schienenfahrzeug 3 ist in der beispielhaften Ausführungsform in Figur 1 beispielsweise eine Lokomotive, kann alternativ aber auch eine U-Bahn, eine Straßenbahn oder ein Hochgeschwindigkeitszug oder Ähnliches sein. Die Drehgestelle 5 weisen in allgemein üblicher Weise vier Räder 14 auf, die sich entlang von Gleisen 15 der Fahrstrecke 2 bewegen. Die Drehgestellzapfen 6 befinden sich in der Mitte zwischen den Rädern 14 und bewegen sich entlang einer Trajektorie 16 entlang der Gleismitte.

[0029] Der GNSS-Sensor 7 ist in bekannter Weise ausgebildet und ermittelt während der Fahrt des Schienenfahrzeugs 3 sowohl Geschwindigkeitsdaten und Dopp-

lormessungen als auch Positionsdaten und Pseudoabstandsdaten. Der INS-Sensor 8 ist ebenfalls in bekannter Weise als eine inertielle Messeinrichtung ausgebildet und liefert ebenfalls Daten zu der räumlichen Bewegung des Schienenfahrzeugs 3 und dessen jeweiliger geographischen Position. Die Odometrie-Einrichtung 9 umfasst einen mit einem Rad 14 verbundenen Wegimpulsgeber (nicht dargestellt) und ein Dopplerradar (nicht dargestellt), die unabhängig voneinander Geschwindigkeitsdaten des Schienenfahrzeugs 3 ermitteln.

[0030] Die Datenverarbeitungseinrichtung 10, die auch als Computer bezeichnet werden kann, ist mit dem GNSS-Sensor 7, dem INS-Sensor 8 und der Odometrie-Einrichtung 9 verbunden und zur Verarbeitung von deren Daten eingerichtet. Hierfür umfasst die Datenverarbeitungseinrichtung 10 einen erfindungsgemäßen Datenfusionsalgorithmus, der hier ein erweiterter Kalman-Filter ist.

[0031] Die Einrichtung 11 kann neben dem Ermitteln der zurückgelegten Distanz des Schienenfahrzeugs 3 auch zum Ermitteln weiterer Parameter des Schienenfahrzeugs 3 ausgebildet sein, wie beispielsweise der aktuellen Position. Hier wird im Folgenden allerdings vor allem die Ermittlung der zurückgelegten Distanz beschrieben. Hierfür verwendet die Datenverarbeitungseinrichtung 10, wie oben bereits erwähnt, den Kalman-Filter, welcher ein Datenfusionsalgorithmus ist. Erfindungsgemäß werden in dem Kalman-Filter neben den Daten des GNSS-Sensors 7 und des INS-Sensors 8 auch die zurückgelegte Distanz 19 des Schienenfahrzeugs 3 als eine Zustandsvariable des Kalman-Filters verwendet. Da der GNSS-Sensor 7 und der INS-Sensor 8 im Schienenfahrzeug 3 nicht genau auf der gleismittigen Trajektorie 16 angeordnet sind, werden im Kalman-Filter die Abstände 17, 18 zum auf der Trajektorie 16 befindlichen Drehgestellzapfen 6 berücksichtigt. Dadurch wird der durch die Abstände 17, 18 der Sensoren bedingte Fehler in den Daten des GNSS-Sensors 7 bzw. INS-Sensors 8 kompensiert und die zurückgelegte Distanz 19 sozusagen entlang der Trajektorie 16 berechnet. Es wird sozusagen die zurückgelegte Distanz 19 des Drehgestellzapfens 6 berechnet und auch dessen Geschwindigkeit.

[0032] Die zurückgelegte Distanz 19 ist nichts anderes als der zurückgelegte Weg ab einem bestimmten Punkt, wie beispielsweise einer zuletzt überfahrenen Balise. Die Distanz 19 bzw. der Weg können auch durch Integration der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs 3 ermittelt werden. Die Geschwindigkeit oder ein Geschwindigkeitswert von dem GNSS Sensor 7 und/oder der Odometrie-Einrichtung 9 werden jeweils im Kalman Filter verarbeitet. Vom INS Sensor 8 werden Messwerte von enthaltenen Beschleunigungssensoren und Drehratensensoren ermittelt, deren Integration Lage-, Geschwindigkeits- und Positionswerte liefert. Dieser als Strapdown-Algorithmus bezeichnete Mechanismus ist Bestandteil des Kalman Filters und wird durch eine Verarbeitung der Messungen des GNSS Sensors 7 und/oder der Odometrie-

trie-Einrichtung 9 gestützt. Die Geschwindigkeit ist gleichzusetzen mit einer Ableitung der zurückgelegten Distanz, so dass aus der Geschwindigkeit die Distanz berechnet werden kann.

[0033] In einem erfindungsgemäßen Systemmodell-differentialgleichungssystem des nicht-linearen Kalman-Filters ist die Ableitung der zurückgelegten Distanz 19 in Form der Geschwindigkeit des Drehgestellzapfens 6 vorhanden. Durch die Berücksichtigung der Abstände 17, 18 wird wie oben erwähnt die Geschwindigkeit entlang der Trajektorie 16 und damit die des Drehgestellzapfens 6 berechnet. Da erfindungsgemäß sowohl die Geschwindigkeitsmessungen des GNSS-Sensors 7 oder der Odometrie-Einrichtung 9 verwendet werden und auch die Positionsmessung bzw. Pseudoabstandsmessung des GNSS-Sensors 7 im Kalman-Filter verarbeitet werden, führen die dabei beobachteten Innovationen aufgrund einer vollbesetzten Kovarianzmatrix eines Schätzfehlers des Kalman-Filters automatisch zu einer Korrektur der ermittelten zurückgelegten Distanz 19.

[0034] Das erfindungsgemäße Wirkprinzip wird im Folgenden anhand der Darstellung in Figur 2 erläutert. Figur 2 zeigt einen Ausschnitt der Fahrstrecke 2 der eisenbahntechnischen Anlage 1, die teilweise durch einen Tunnel 20 verläuft.

[0035] Innerhalb des Tunnels 20 liefert der GNSS-Sensor 7 keine Daten, weil keine Satellitensignale empfangen werden können. Dies kann auch als GNSS-Abschattung bezeichnet werden. Bei einer Fahrt des erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs 3 in der Fahrtrichtung 4 erfolgt mit Beginn des Tunnels 20 und der GNSS-Abschattung die Berechnung der Geschwindigkeit ausschließlich anhand der Daten des INS-Sensors 8 und gegebenenfalls der Odometrie-Einrichtung 9. Unter anderem durch Effekte des INS-Sensors 8, wie beispielsweise ein Driften des Bias, ergibt sich eine zu geringe oder zu hohe Geschwindigkeit und daraus wiederum eine zu kurze oder zu lange Distanz 19. Während der GNSS-Abschattung im Tunnel 20 vergrößern sich die Messunsicherheiten 21 für eine Positions- und Geschwindigkeitsermittlung und damit auch für die ermittelte zurückgelegte Distanz 19. Hinter dem Tunnel 20, wenn der GNSS-Sensor 7 wieder seine Satellitenverbindung hergestellt hat und wieder Daten liefert, werden die im Kalman-Filter ermittelte Position und die zurückgelegte Distanz 19 korrigiert. Der Unterschied zwischen den nach dem Tunnel 20 vorliegenden Daten des GNSS-Sensors 7 und der über den Abschattungszeitraum im Tunnel 20 propagierten Zustandsschätzung erlaubt es dem Kalman-Filter, auch auf den Fehler, der im Tunnel 20 ermittelten zurückgelegten Distanz 19 zu schließen und diese zu korrigieren. Bei der Darstellung in Figur 2 wird eine vergrößerte Messunsicherheit 21 durch einen vergrößerten Durchmesser des jeweils dargestellten Kreises angezeigt.

[0036] Figur 2 zeigt auch ein Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm 22 und ein Weg-Zeit-Diagramm 23, was einem Distanz-Zeit-Diagramm entspricht. In den Diagrammen

22, 23 ist die geschätzte Geschwindigkeit bzw. geschätzte Distanz als durchgezogene Linie 25 dargestellt. Bei Abweichungen der Geschwindigkeit bzw. Distanz bei GNSS-Abschattungen im Bereich des Tunnels 20 sind tatsächliche Geschwindigkeit 26 bzw. zurückgelegte Distanz 27 per gestrichelten Linien dargestellt. Die gepunkteten Linien 24 bilden die geschätzten Messunsicherheiten bzw. Vertrauensintervalle ab. Im oberen Teil der Figur 2 sind die Abweichungen sowie die Messunsicherheiten bzw. Vertrauensintervalle der Position dargestellt.

[0037] Im Stand der Technik vergrößert sich bei der Verwendung von Wegimpulsgebern und relativ messenden Geschwindigkeitssensoren die Messunsicherheit der berechneten zurückgelegten Distanz 19 in unbegrenzter Weise. Durch die erfindungsgemäße Erweiterung des Kalman-Filters um die zusätzliche Zustandsvariable der zurückgelegten Distanz 19, profitiert die ermittelte Distanz 19 auch von den Positionsdaten des GNSS-Sensors 7. Dadurch kann die Vergrößerung der Messunsicherheit bzw. die Vergrößerung der resultierenden Vertrauensintervalle begrenzt bzw. deutlich verlangsamt werden. Weiterhin kann eine Messunsicherheit, die sich beispielsweise bei einer GNSS-Abschattung in einem Tunnel 20 aufgebaut hat, nach dem Tunnel 20 verkleinert werden, was bei Methoden gemäß dem Stand der Technik nicht der Fall ist.

Patentansprüche

1. Computer-implementiertes Verfahren zum Ermitteln einer zurückgelegten Distanz (19) eines Schienenfahrzeugs (3),

bei dem die Distanz (19) mit Hilfe eines Datenfusionsalgorithmus ermittelt wird,
bei dem Daten von wenigstens einem GNSS-Sensor (7) und wenigstens einem INS-Sensor (8) des Schienenfahrzeugs (3) vom Datenfusionsalgorithmus verarbeitet werden, und
bei dem die zurückgelegte Distanz (19) des Schienenfahrzeugs (3) als wenigstens eine Zustandsvariable des Datenfusionsalgorithmus verwendet wird.

2. Computer-implementiertes Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

von dem Datenfusionsalgorithmus die Abstände (17, 18) von dem GNSS-Sensor (7) und dem INS-Sensor (8) jeweils zu einem Drehgestellzapfen (6) des Schienenfahrzeugs (3) bei der Verarbeitung der Daten des GNSS-Sensors (7) und des INS-Sensors (8) berücksichtigt werden.

3. Computer-implementiertes Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

als Datenfusionsalgorithmus ein Kalman-Filter, insbesondere ein erweiterter Kalman-Filter, verwendet wird.

4. Computer-implementiertes Verfahren nach einem der oben genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als die vom Datenfusionsalgorithmus verarbeiteten Daten wenigstens vom GNSS-Sensor (7) ermittelte Positionsdaten und/oder Pseudoabstandsdaten verwendet werden. 5
10
5. Computer-implementiertes Verfahren nach einem der oben genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als die vom Datenfusionsalgorithmus verarbeiteten Daten wenigstens vom GNSS-Sensor (7) ermittelte Geschwindigkeitsdaten und/oder Dopplermessungen verwendet werden. 15
20
6. Computer-implementiertes Verfahren nach einem der oben genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Geschwindigkeitsdaten des Schienenfahrzeugs (3) von wenigstens einer Odometrie-Einrichtung (9) ermittelt werden und die Geschwindigkeitsdaten vom Datenfusionsalgorithmus verarbeitet werden. 25
7. Computer-implementiertes Verfahren nach einem der oben genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ableitung der zurückgelegten Distanz in Form der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs im Datenfusionsalgorithmus verwendet wird. 30
35
8. Datenverarbeitungseinrichtung mit Mitteln zur Ausführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7.
9. Computerprogrammprodukt mit Programmbefehlen zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7. 40
10. Bereitstellungsvorrichtung für das Computerprogrammprodukt nach Anspruch 9, wobei die Bereitstellungsvorrichtung das Computerprogrammprodukt speichert und/oder bereitstellt. 45
11. Einrichtung (11) zum Ermitteln einer zurückgelegten Distanz (19) eines Schienenfahrzeugs (3), 50
55
mit wenigstens einem GNSS-Sensor (7),
mit wenigstens einem INS-Sensor (8),
mit wenigstens einer Datenverarbeitungseinrichtung (10), die zum Ermitteln der Distanz (19) mit Hilfe eines Datenfusionsalgorithmus ausgebildet ist, wobei Daten des GNSS-Sensors (7) und des INS-Sensors (8) vom Datenfusionsal-

gorithmus verarbeitet werden und die zurückgelegte Distanz (19) des Schienenfahrzeugs (3) als wenigstens eine Zustandsvariable des Datenfusionsalgorithmus verwendet wird.

12. Einrichtung (11) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Einrichtung (11) wenigstens eine Odometrie-Einrichtung (9) umfasst, die zum Ermitteln von Geschwindigkeitsdaten des Schienenfahrzeugs (3) ausgebildet ist, und die Datenverarbeitungseinrichtung (10) zum Verarbeiten der Geschwindigkeitsdaten von der Odometrie-Einrichtung (9) mit Hilfe des Datenfusionsalgorithmus ausgebildet ist.
13. Schienenfahrzeug **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schienenfahrzeug (3) wenigstens eine Einrichtung (11) nach Anspruch 11 oder 12 umfasst.
14. Schienenfahrzeug nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Schienenfahrzeug (3) wenigstens ein Drehgestell (5) umfasst, das mittels wenigstens einem Drehgestellzapfen (6) angebunden ist, und die Datenverarbeitungseinrichtung (9) ausgebildet ist, mittels des Datenfusionsalgorithmus die Abstände (17, 18) von dem GNSS-Sensor (7) und dem INS-Sensor (8) zu dem Drehgestellzapfen (6) bei der Verarbeitung der Daten des GNSS-Sensors (7) und des INS-Sensors (8) zu berücksichtigen.
15. Schienenfahrzeug nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schienenfahrzeug (3) wenigstens eine Zug Sicherungseinrichtung (12) und/oder wenigstens eine ATO-Einrichtung (13) aufweist, die jeweils zum Verarbeiten der zurückgelegten Distanz (19) ausgebildet sind.

FIG 1

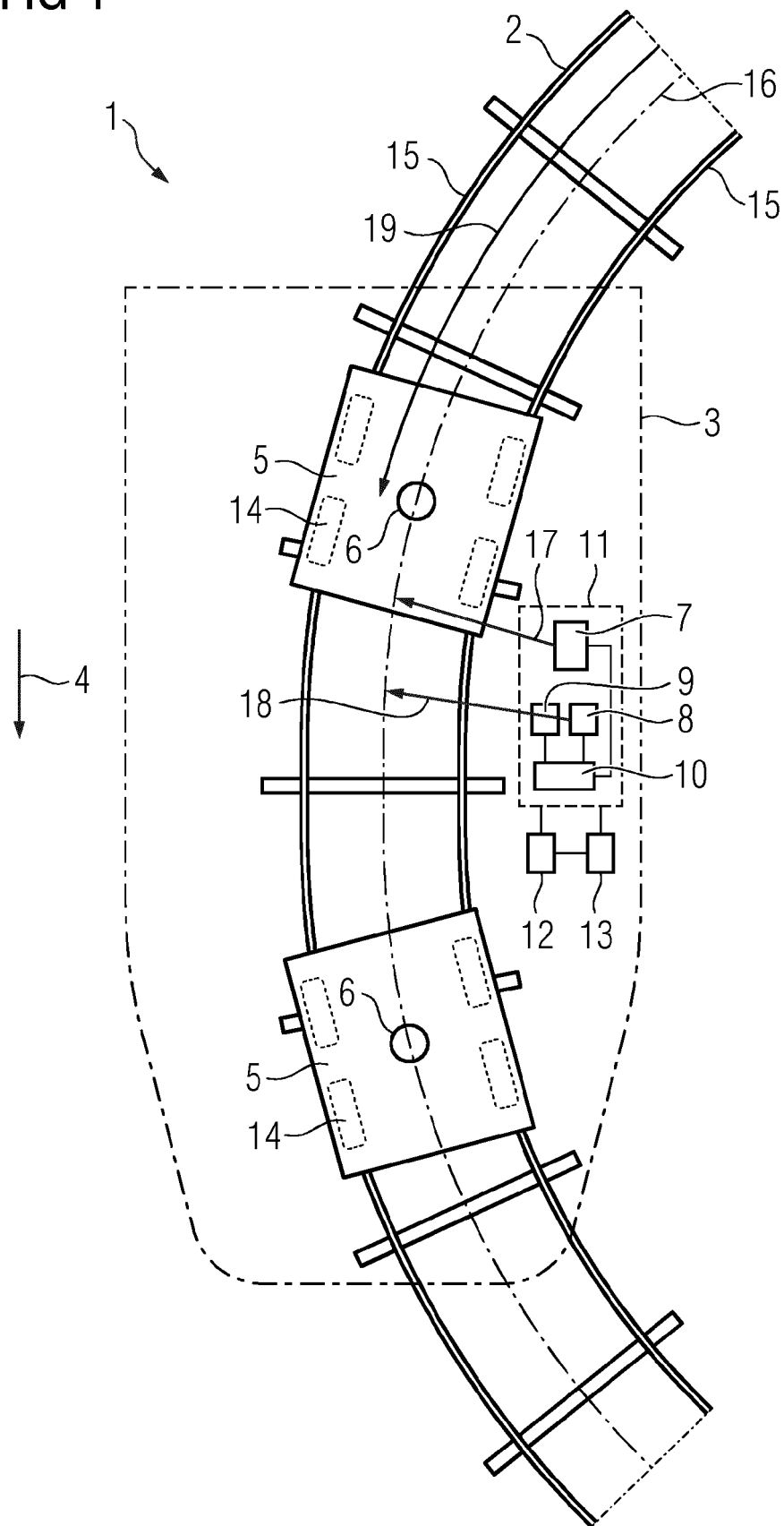
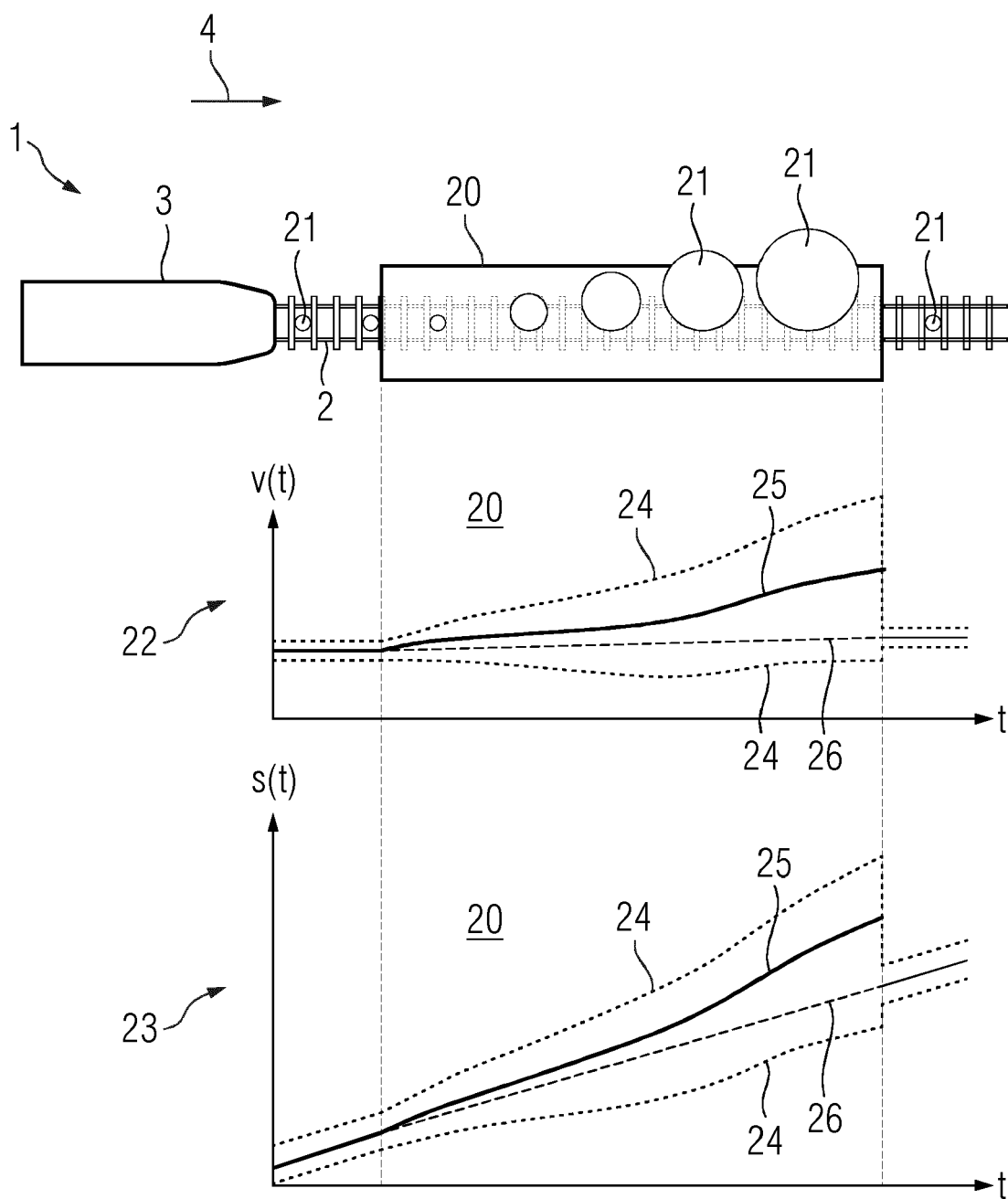


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 15 3211

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	REIMER C ET AL: "INS/GNSS/odometer data fusion in railway applications", 2016 DGON INTERTIAL SENSORS AND SYSTEMS (ISS), IEEE, 20. September 2016 (2016-09-20), Seiten 1-14, XP033004824, DOI: 10.1109/INERTIALSENSORS.2016.7745678 [gefunden am 2016-11-15] * Seite 1, erster und vierter Absatz; Seite 4, erster Absatz; Abschnitte 2.2, 2.3 und 3. *	1-15	INV. B61L25/02
A	NICO STEINHARDT ET AL: "Data Fusion for Precise Localization", 1. Januar 2016 (2016-01-01), HANDBOOK OF DRIVER ASSISTANCE SYSTEMS : BASIC INFORMATION, COMPONENTS AND SYSTEMS FOR ACTIVE SAFETY AND COMFORT, SPRINGER, CHAM, PAGE(S) 605 - 646, XP009521201, ISBN: 978-3-319-12351-6 [gefunden am 2015-12-08] * das ganze Dokument *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B61L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. Juli 2023	Prüfer Plützer, Stefan
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			