



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)

Veröffentlichungstag:
19.06.2024 Patentblatt 2024/25

(51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 23/04^(2006.01) B61L 25/02^(2006.01)

(21)

Anmeldenummer: 22213300.1

(52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 25/025; B61L 23/04; B61L 3/125;
B61L 2205/04

(22)

Anmeldetag: 14.12.2022

(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

(71)

Anmelder: **Fraunhofer-Gesellschaft zur
Förderung
der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(72)

Erfinder: **Reiterer, Alexander**
79110 Freiburg (DE)

(74)

Vertreter: **WSL Patentanwälte Partnerschaft mbB**
Kaiser-Friedrich-Ring 98
65185 Wiesbaden (DE)

(54)

VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG EINER AKTUELLEN POSITION EINES
SCHIENENFAHRZEUGS AUF EINEM SCHIENENNETZ

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer aktuellen Position eines Schienenfahrzeugs auf einem Schienennetz, mit den Schritten: A) Bereitstellen einer Kamera an dem Schienenfahrzeug und einer Auswerteeinheit, wobei die Kamera einen Sensor aufweist, wobei die Kamera in Richtung eines unter dem Schienenfahrzeug befindlichen Oberbaus gerichtet ist und der Sensor ausgebildet und eingerichtet ist, aus dem erfassten Oberbau mindestens einen Bilddatensatz zu generieren, wobei die Auswerteeinheit ausgebildet und eingerichtet ist, den mindestens einen Bilddatensatz von dem Sensor zu empfangen und zu verarbeiten; B) erstes Überfahren mindestens eines Streckenabschnitts des Schienennetzes mit dem Schienenfahrzeug; C) während des ersten Überfahrens Erfassen des Oberbaus mit der Kamera und Generieren einer Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen aus dem mindestens einen Bilddatensatz, wobei jeder aus der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen genau einen Flächenabschnitt des Oberbaus abbildet; D) Generieren einer Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren aus der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen durch die Auswerteeinheit, wobei jeder erste lokale Deskriptor genau einen Referenzbilddatensatz an genau einer Position in Fahrtrichtung auf dem Streckenabschnitt beschreibt; E) Transferieren der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren in ein das Schienennetz abbildendes Referenzsystem; F) Bestimmen einer Mehrzahl von Relevanzpunkten in dem Referenzsystem; G) für jeden Relevanzpunkt Bilden genau einer Relevanzmenge, die eine Auswahl aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren umfasst, so dass jeder aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren Element mindestens einer Relevanzmenge ist; H) zwei-

tes Überfahren des mindestens einen Streckenabschnitts mit einem Schienenfahrzeug; I) während des zweiten Überfahrens Erfassen des Oberbaus mit der Kamera und Generieren mindestens eines Fahrtbilddatensatzes daraus, wobei der mindestens eine Fahrtbilddatensatz einen Flächenabschnitt des Oberbaus abbildet; J) Generieren eines zweiten lokalen Deskriptors aus jedem Fahrtbilddatensatz durch die Auswerteeinheit; K) während des zweiten Überfahrens Erfassen eines aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten; L) für den zuletzt erfassten Relevanzpunkt Auswählen der in Schritt G) für diesen Relevanzpunkt gebildeten Relevanzmenge; M) Bilden jeweils einer Korrelation des zweiten lokalen Deskriptors mit jedem aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren aus der ausgewählten Relevanzmenge; und N) wenn die Korrelation einen Korrelationsschwellenwert übersteigt, Ausgeben der Position des ersten Deskriptors als Position des Schienenfahrzeugs.

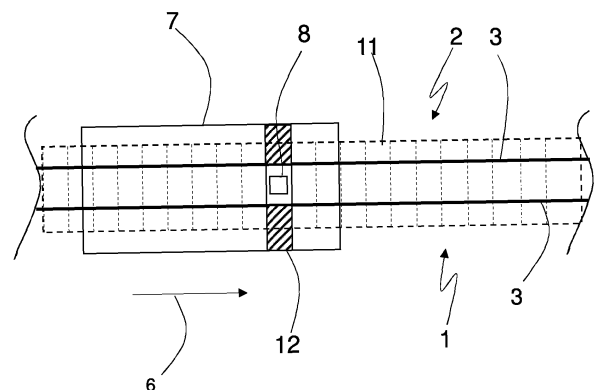


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Für moderne schienengebundene Verkehrssysteme ist die Kenntnis der exakten Position einzelner Schienenfahrzeuge auf dem Schienennetz essenziell. Dies sowohl im Hinblick auf die Betriebsführung und Betriebssicherheit als auch im Hinblick auf die Fahrgastinformation.

[0002] Ein herausstechendes Problem bei der Anwendung von Messsystemen auf ein Schienenfahrzeug ist die exakte Georeferenzierung, d.h. Lokalisierung des jeweiligen Fahrzeugs. Aufgrund schwieriger Umgebungsbedingungen liefern globale Navigationssatellitensysteme, z.B. GPS, auf Schienentrassen in vielen Fällen keine ausreichende Genauigkeit bei der Positionsbestimmung. Oberleitungen, Tunnel, Geländeeinschnitte und ähnliches bewirken eine Abschattung der für Navigationssatellitensystemempfänger erforderlichen Sicht zum Himmel. Auch die sehr hohe Geschwindigkeit, mit der Schienenfahrzeuge zum Teil heute verkehren, erhöht die Unsicherheit bei der Positionsbestimmung und steht im Gegensatz zur Forderung nach einer immer höheren Positionsgenauigkeit.

[0003] Demgegenüber liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Ermittlung einer aktuellen Position eines Schienenfahrzeugs auf einem Schienennetz bereitzustellen, welches zum einen die erforderliche Genauigkeit bei der Bestimmung der Position bereitstellt, zum anderen aber nicht den Einschränkungen eines satellitengestützten Verfahrens unterliegt. Zudem ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen, das zumindest potentiell ohne zusätzlichen Installationsaufwand an der Strecke auskommt.

[0004] Zumindest eine der zuvor genannten Aufgaben wird durch ein Verfahren zur Ermittlung einer aktuellen Position eines Schienenfahrzeugs auf einem Schienennetz gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 der vorliegenden Anmeldung gelöst. Dazu weist das erfindungsgemäße Verfahren die Schritte auf: A) Bereitstellen einer Kamera an dem Schienenfahrzeug und einer Auswerteeinheit, wobei die Kamera einen Sensor aufweist, wobei die Kamera in Richtung eines unter dem Schienenfahrzeug befindlichen Oberbaus gerichtet ist und der Sensor ausgebildet und eingerichtet ist, aus dem erfassten Oberbau mindestens einen Bilddatensatz zu generieren, wobei die Auswerteeinheit ausgebildet und eingerichtet ist, den mindestens einen Bilddatensatz von dem Sensor zu empfangen und zu verarbeiten, B) erstes Überfahren mindestens eines Streckenabschnitts des Schienennetzes mit dem Schienenfahrzeug, C) während des ersten Überfahrens Erfassen des Oberbaus mit der Kamera und Generieren einer Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen aus dem mindestens einen Bilddatensatz, wobei jeder aus der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen genau einen Flächenabschnitt des Gleisbilds abbildet, D) Generieren einer Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren aus der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen

durch die Auswerteeinheit, wobei jeder erste lokale Deskriptor genau einen Referenzbilddatensatz an genau einer Position in Fahrtrichtung auf dem Streckenabschnitt beschreibt, E) Transferieren der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren in ein das Schienennetz abbildendes Referenzsystem, F) Bestimmen einer Mehrzahl von Relevanzpunkten in dem Referenzsystem, G) für jeden Relevanzpunkt Bilden genau einer Relevanzmenge, die eine Auswahl aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren umfasst, so dass jeder aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren Element mindestens einer Relevanzmenge ist, H) zweites Überfahren des mindestens einen Streckenabschnitts mit einem Schienenfahrzeug, I) während des zweiten Überfahrens Erfassen des Oberbaus mit der Kamera und Generieren mindestens eines Fahrtbilddatensatzes daraus, wobei der mindestens eine Fahrtbilddatensatz einen Flächenabschnitt des Oberbaus abbildet, J) Generieren eines zweiten lokalen Deskriptors aus jedem Fahrtbilddatensatz durch die Auswerteeinheit, K) während des zweiten Überfahrens Erfassen der Mehrzahl von Relevanzpunkten, L) für den zuletzt erfassten Relevanzpunkt Auswählen der in Schritt G) für diesen Relevanzpunkt gebildeten Relevanzmenge, M) Bilden jeweils einer Korrelation des zweiten lokalen Deskriptors mit jedem aus der Mehrzahl von lokalen Deskriptoren aus der ausgewählten Relevanzmenge, N) wenn die Korrelation einen Korrelationsschwellenwert übersteigt, Ausgeben der Position des ersten Deskriptors als Position des Schienenfahrzeugs.

[0005] Es hat sich herausgestellt, dass der Oberbau aus Gleis (zwei Schienen sowie diese verbindende Schwellen) und Gleisbett eine extreme Vielfalt ausbildet. Dies gilt insbesondere für Gleisbetten mit schüttfähigen Bettungsmaterialien, wie z.B. Schotter, Kies oder Sand. Der Oberbau, insbesondere aber das Gleisbett, bildet über einen Querschnitt senkrecht zur Fahrtrichtung betrachtet eine eindeutige Oberflächensignatur aus, die sich uneindeutig einer Position in Fahrtrichtung zuordnen lässt. Man könnte auch sagen, jeder Abschnitt des Oberbaus in Fahrtrichtung bildet eine Art Fingerabdruck, welcher die Position des jeweiligen Abschnitts eindeutig identifiziert.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Idee zugrunde, den Oberbau eines Streckenabschnitts während einer ersten Überfahrt zu erfassen. Vorzugsweise wird das gesamte Schienennetz mit all seinen Streckenabschnitten bei einer solchen Überfahrt erfasst. Die erste Überfahrt mindestens eines Streckenabschnitts des Schienennetzes wird daher in der vorliegenden Anmeldung auch als Referenzfahrt bezeichnet.

[0007] Dabei generiert das Erfassen des Oberbaus mit der Kamera während des ersten Überfahrens mindestens einen Bilddatensatz in Form eines Films oder einer Mehrzahl von Einzelbildern, die einander überdecken, aneinanderstoßen oder auch voneinander beabstandet sind. In einer Ausführungsform wird aus einer Mehrzahl von Bilddatensatz ein zusammenhängendes, sogenanntes gestitchtes Gesamtbild erzeugt.

[0008] Entscheidend ist für die vorliegende Erfindung, dass aus dem mindestens einen Bilddatensatz eine Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen generiert wird, wobei jeder der Referenzbilddatensätze genau einen Flächenabschnitt des Gleisbilds abbildet.

[0009] In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst jeder aus der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen eine Mehrzahl von Bildpunkten in mindestens einer Zeile, wobei sich die Zeile vorzugsweise senkrecht zur Fahrtrichtung erstreckt. In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst jeder aus der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen eine Mehrzahl von Zeilen, die sich jede vorzugsweise in einer Richtung senkrecht zur Fahrtrichtung erstrecken.

[0010] In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst jeder aus der Mehrzahl von Fahrtbilddatensätzen eine Mehrzahl von Bildpunkten in mindestens einer Zeile, wobei sich die Zeile vorzugsweise senkrecht zur Fahrtrichtung erstreckt. In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst jeder aus der Mehrzahl von Fahrtbilddatensätzen eine Mehrzahl von Zeilen, die sich jede vorzugsweise in einer Richtung senkrecht zur Fahrtrichtung erstrecken.

[0011] Die Anzahl von Bildpunkten pro Zeile und die Anzahl von Zeilen pro Referenzbilddatensatz oder pro Fahrtbilddatensatz sind in einer Ausführungsform so gewählt, dass jeder Referenzbilddatensatz oder Fahrtbilddatensatz den jeweiligen Flächenabschnitt des Oberbaus entlang des mindestens einen Streckenabschnitts eindeutig identifiziert.

[0012] Das Transferieren der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren in das Referenzsystem, welches das Schienennetz abbildet, setzt die lokalen Deskriptoren in einen globalen Bezug, so dass dem Deskriptor ein Ort bzw. eine Position in dem Schienennetz zugeordnet ist. In einer Ausführungsform erfolgt das Transferieren durch Zuordnen genau einer vollständigen geographischen Koordinate zu jedem ersten lokalen Deskriptor. In einer alternativen Ausführungsform erfolgt das Transferieren durch Zuordnen genau einer Kilometrierung zu jedem ersten lokalen Deskriptor.

[0013] Für eine effiziente Positionsbestimmung eines Schienenfahrzeugs bei einem zweiten Überfahren des mindestens einen Streckenabschnitts gilt es nun, einen schnellen Abgleich eines an einer Position des Oberbaus aufgenommenen Fahrtbilddatensatzes mit der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen durchzuführen. Dieses zweite Überfahren wird in der vorliegenden Anmeldung auch als Messfahrt bezeichnet.

[0014] Dabei kann das Schienenfahrzeug der Messfahrt das gleiche oder ein anderes Schienenfahrzeug sein, wie das der Referenzfahrt.

[0015] Um eine schnelle Zuordnung eines Fahrtbilddatensatzes aus einer Messfahrt zu einem Referenzbilddatensatz und damit zu einer Position in Fahrtrichtung auf dem Streckenabschnitt zu ermöglichen, sind erfindungsgemäß zwei Maßnahmen vorgesehen: Zunächst wird aus jedem Referenzbilddatensatz ein ers-

ter lokaler Deskriptor gebildet, der den Referenzbilddatensatz beschreibt. In einer Ausführungsform der Erfindung beschreibt der erste lokale Deskriptor zusätzlich die Position des betreffenden Referenzbilddatensatzes in der Fahrtrichtung und damit des zugehörigen Flächenabschnitts auf dem Streckenabschnitt. Aus jedem Fahrtbilddatensatz wird zudem ein zweiter lokaler Deskriptor gebildet, der den Fahrtbilddatensatz beschreibt.

[0016] Derartige Deskriptoren zum Beschreiben von Bilddatensätzen sind aus dem Stand der Technik in mannigfaltiger Weise bekannt. Entscheidend ist, dass der Deskriptor die Datenmenge, die es zu betrachten gilt, reduziert, verglichen mit der Datenmenge des jeweiligen Bilddatensatzes.

[0017] In einer Ausführungsform der Erfindung erfolgt das Bilden eines lokalen Deskriptors aus einem Bilddatensatz mit einem als SIFT (englisch, *Scale-Invariant Feature Transform*, frei übersetzt: "skaleninvariante Merkmalstransformation") bezeichneten Verfahren. Das Verfahren dient der Detektion und Beschreibung lokaler Merkmale in einem Bild bzw. einem Bilddatensatz.

[0018] In einer Ausführungsform der Erfindung erfolgt das Bilden eines lokalen Deskriptors aus einem Bilddatensatz unter Verwendung eines als SURF (englisch, *Speeded Up Robust Features*, frei übersetzt: "Beschleunigte, robuste Merkmale") bezeichneten Verfahrens. Das Verfahren dient der schnellen Detektion von Merkmalen in einem Bild bzw. einem Bilddatensatz.

[0019] Die Bildung von Deskriptoren unter Verwendung von SIFT, SURF und weiteren Algorithmen sowie die Korrelation solcher Deskriptoren ist beschrieben in E. Karami, S. Prasad, M. Shehata "Image Matching Using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: Performance Comparison for Distorted Images", arXiv preprint arXiv:1710.02726, 2017 - arxiv.org.

[0020] In der vorliegenden Anmeldung werden die Deskriptoren als lokale Deskriptoren bezeichnet, da sie den Oberbau nur lokal bzw. an einer Position beschreiben.

[0021] Trotz der Generierung von lokalen Deskriptoren aus den eigentlichen Bilddatensätzen ist die zu durchsuchende Datenmenge, insbesondere bei einem großen Schienennetz, noch immer so groß, dass sie nicht auf praktikablen Zeitskalen, vorzugsweise in Echtzeit, handhabbar ist.

[0022] Die zweite erfindungsgemäße Maßnahme, durch welche die Suchmenge handhabbar wird, besteht darin, die Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen in Relevanzmengen mit jeweils einer Auswahl aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren zusammenzufassen.

[0023] Jede Relevanzmenge gehört zu genau einem Relevanzpunkt, wobei ein Relevanzpunkt eine eindeutig identifizierbare Eigenschaft aufweist, die den jeweiligen Relevanzpunkt von allen anderen Relevanzpunkten des Schienennetzes unterscheidet und genau einer Position des Schienennetzes zuordnet.

[0024] Jeder erste lokale Deskriptor muss Element wenigstens einer Relevanzmenge sein, kann aber auch Ele-

ment einer Mehrzahl von Relevanzmengen sin. In einer Ausführungsform der Erfindung gehört jeder erste lokale Deskriptor zu genau zwei Relevanzmengen

[0025] Die Zuordnung der ersten lokalen Deskriptoren zu Relevanzmengen mit jeweils einem Relevanzpunkt reduziert die Suchmenge, auf welche sich der jeweilige Abgleich eines zweiten lokalen Deskriptors mit einer Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren erstreckt, erheblich.

[0026] In einer Ausführungsform der Erfindung weist jeder Relevanzpunkt eine Eigenschaft auf, die den Relevanzpunkt genau einer Position des Schienennetzes zuordnet. In einer solchen Ausführungsform können die Relevanzmengen vor der zweiten Überfahrt und vorzugsweise nach Abschluss der ersten Überfahrt festgelegt werden.

[0027] Gehört ein Relevanzpunkt zu einem Knoten des Schienennetzes mit mehreren von dort abgehenden Streckenabschnitten, so sind in einer Ausführungsform der Erfindung diesem Relevanzpunkt alle lokalen Distributoren aller von diesem Knoten abgehenden Streckenabschnitte zugeordnet und bilden genau eine Relevanzmenge.

[0028] Es versteht sich, dass während des zweiten Überfahrens auch die Relevanzpunkte erfasst werden müssen, um die jeweils für den Abgleich zwischen einem zweiten lokalen Deskriptor und der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren auszuwählende Relevanzmenge zu bestimmen.

[0029] Zum Abgleichen des zweiten lokalen Deskriptors mit jedem aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren der ausgewählten Relevanzmenge wird eine Korrelation zwischen dem zweiten lokalen Deskriptor und jedem aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren aus der ausgewählten Relevanzmenge gebildet. Dabei wird in der vorliegenden Anmeldung das Bilden einer Korrelation als gleichbedeutend mit dem Bestimmen einer Ähnlichkeit zwischen dem zweiten lokalen Deskriptor und jedem aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren aus der ausgewählten Relevanzmenge betrachtet.

[0030] Diese Korrelation muss einen vorgegebenen Korrelationsschwellenwert übersteigen, damit man die Position des so identifizierten ersten Deskriptors als aktuelle Position des Schienenfahrzeugs annehmen kann. Der Korrelationsschwellenwert ist so vorab zu bestimmen, dass die Korrelation ein eindeutiges Ergebnis und damit eine eindeutige Position des Schienenfahrzeugs auf dem Schienennetz ergibt.

[0031] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist jeder aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten jeweils durch eine am Schienennetz angeordnete und berührungslos auslesbare Balise (auch als Barke oder Informationspunkt bezeichnet) gebildet. Das Erfassen eines aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten während des zweiten Überfahrens umfasst dann ein Auslesen der Balise. Derartige Balisen sind im Eisenbahnbetrieb, beispielsweise in Form von sogenannten Euro-

balisen bekannt. Balisen funktionieren als Transponder und ermöglichen in der Regel sowohl die Position des Schienenfahrzeugs, welches die Balise ausliest, zu erfassen als auch dessen Fahrtrichtung. In der Regel sind Balisen in der Mitte des Gleises auf den Schwellen montiert.

[0032] In einer Ausführungsform der Erfindung ist jeder aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten jeweils durch eine geographische Koordinate definiert, wobei das Erfassen eines aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten während des zweiten Überfahrens ein Erfassen einer geographischen Koordinate mit einem globalen Navigationssatellitensystem (GMSS) umfasst. In einer solchen Ausführungsform können die jeweiligen Relevanzmengen während der Messfahrt festgelegt werden. Man bezeichnet die so gebildeten Relevanzmengen daher auch als dynamische Relevanzmengen. Beispielsweise kann die Relevanzmenge für eine geographische Koordinate als Relevanzpunkt als die Menge aller ersten Deskriptoren innerhalb eines definierten Umkreises mit einem Radius um den Relevanzpunkt festgelegt werden. Dabei beträgt in einer Ausführungsform der Radius 10 km oder weniger, vorzugsweise 5 km oder weniger und besonders bevorzugt 1 km oder weniger.

[0033] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist jeder aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten jeweils durch einen Orientierungspunkt definiert, wobei jeder der Orientierungspunkte eine eindeutige Eigenschaft, insbesondere eine eindeutige Form oder Beschriftung, aufweist und wobei das Erfassen eines aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten während des zweiten Überfahrens ein Erfassen eines Bildes des Orientierungspunktes umfasst. Beispiele für einen solchen Orientierungspunkt sind eine Brücke, eine Weiche, ein Bahnhof, ein Bahnhofsschild, ein Signal, ein Tunnel, ein Damm oder eine Kombination davon. In einer Ausführungsform der Erfindung ist ein solcher Orientierungspunkt in der Umgebung des Schienennetzes angeordnet. Ein berührungsloses Erfassen eines Orientierungspunktes ist in einer Ausführungsform mittels einer entsprechenden auf dem Schienenfahrzeug angeordneten Leseinrichtung, beispielsweise einer Kamera, möglich.

[0034] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist jeder aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten jeweils durch genau einen ausgezeichneten ersten lokalen Deskriptor definiert, wobei das Erfassen eines aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten während des zweiten Überfahrens durch das Erfassen des Oberbaus mit der Kamera erfolgt. Ein solcher ausgezeichnet erster lokaler Deskriptor ist beispielsweise eine Balise, die ein eindeutiges, optisch erfassbares Merkmal trägt.

[0035] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird für einen Streckenabschnitt zwischen einem ersten Ort und einem zweiten Ort des Schienennetzes in Schritt F) jeweils ein Relevanzpunkt für den ersten Ort und ein Relevanzpunkt für den zweiten Ort bestimmt und

in Schritt G) wird die Relevanzmenge des Relevanzpunkts des ersten Orts und die Relevanzmenge des Relevanzpunkts des zweiten Orts derart gebildet, dass jeder aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren, die in Schritt D) aus der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen für den Streckenabschnitt zwischen dem ersten Ort und dem zweiten Ort generiert wurden, Element der Relevanzmenge des ersten Relevanzpunkts des ersten Orts und Element der Relevanzmenge des Relevanzpunkts des zweiten Orts ist.

[0036] In einer solchen Ausführungsform ist jeder erste lokale Deskriptor des betreffenden Streckenabschnitts Element genau zweier Relevanzmengen, wobei die erste Relevanzmenge durch den Relevanzpunkt des ersten Orts und die zweite Relevanzmenge durch den Relevanzpunkt des zweiten Orts festgelegt ist. Je nach Fahrtrichtung wird die Suchmenge der ersten lokalen Deskriptoren auf die eine oder die andere Relevanzmenge beschränkt.

[0037] Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn jeder der zwei Orte, welche einen Streckenabschnitt begrenzen, ein Knoten des Streckennetzes ist.

[0038] Für Streckenabschnitte, die von einem Knoten zu einem Endpunkt des Streckennetzes führen, ist hingegen in einer Ausführungsform die Zuordnung jedes ersten lokalen Deskriptors des Streckenabschnittes zu genau einer Relevanzmenge ausreichend.

[0039] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist jedem ersten lokalen Deskriptor eine Zuverlässigkeitsinformation zugeordnet, wobei die Zuverlässigkeitsinformation ein Maß für eine Zuverlässigkeit des zugrunde liegenden Referenzbilddatensatzes bei der Ermittlung der aktuellen Position des Schienenfahrzeugs bildet. Auch für eine Referenzfahrt kann nicht in allen Fällen gewährleistet werden, dass die Bedingungen bei der Überfahrt ideal sind. Beispielsweise kann der betreffende Streckenabschnitt nass sein, was die Eindeutigkeit der aus den Referenzbilddatensätzen gewonnenen Signaturen herabsetzt. Andere Beispiele für eine Abweichung des dem ersten lokalen Deskriptor zugrunde liegenden Referenzbilddatensatzes von einer zu erwartenden Struktur sind beispielsweise Laub oder Schnee auf dem Oberbau, was zur Herabsetzung der Zuverlässigkeit des ersten lokalen Deskriptors führt.

[0040] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist jedem zweiten lokalen Deskriptor eine Zuverlässigkeitsinformation zugeordnet, wobei die Zuverlässigkeitsinformation ein Maß für eine Zuverlässigkeit des zugrunde liegenden Fahrtbilddatensatzes bei der Ermittlung der aktuellen Position des Schienenfahrzeugs bildet. Bei einer Messfahrt treten wechselnde Umgebungsbedingungen bei der Überfahrt auf. Beispielsweise kann der betreffende Streckenabschnitt nass sein, was die Eindeutigkeit der aus den Fahrtbilddatensätzen gewonnenen Signaturen herabsetzt.

[0041] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein erster lokaler Deskriptor oder ein zweiter lokaler Deskriptor, wenn die Zuverlässigkeitsinformation

eine vorgegebene Zuverlässigkeitsschwelle unterschreitet, nicht zur Ermittlung der aktuellen Position des Schienenfahrzeugs verwendet.

[0042] In einer Ausführungsform der Erfindung, die neben dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Bestimmen einer aktuellen Position des Schienenfahrzeugs noch weitere Verfahren einsetzt, die zueinander redundant sind, werden die Ergebnisse der verschiedenen Verfahren jeweils mit einer Zuverlässigkeit bewertet und als Position des Schienenfahrzeugs wird die ermittelte Position mit der höchsten Zuverlässigkeit ausgegeben.

[0043] Während in einer Ausführungsform ein Unterschreiten der vorgegebenen Zuverlässigkeitsschwelle zu einem Verwerfen der so bestimmten Position des Schienenfahrzeugs führt, kann in einer Ausführungsform der Erfindung stattdessen die Zuverlässigkeitsinformation visualisiert werden, indem beispielsweise ein Maß für die Streubreite der erfassten Position (Delusion of Precision; DOP) ausgegeben wird. Eine solche Visualisierung der Zuverlässigkeit des Messwerts sind Nutzer von globalen Navigationssatellitensystemen gewohnt.

[0044] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die Zuverlässigkeitsinformation eine Information, die ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus einer Zeitinformation, die es ermöglicht, ein Zeitintervall zwischen dem Erfassen des dem ersten lokalen Deskriptor zugrunde liegenden Referenzbilddatensatzes in Schritt C) und dem Erfassen des Fahrtbilddatensatzes in Schritt I) zu bestimmen, einer Sichtweite, einer Abweichung des dem ersten lokalen Deskriptor zugrunde liegenden Referenzbilddatensatzes oder des dem zweiten lokalen Deskriptor zugrundeliegenden Fahrtbilddatensatzes von einer zu erwartenden Struktur, einer Umgebungsbedingung des Oberbaus und einer Feuchte des Oberbaus oder einer Kombination davon.

[0045] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Schritt C) die Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen zeitlich nacheinander generiert. Werden die Referenzbilddatensätze zeitlich nacheinander als Einzelbilddatensätze aufgenommen, so können zum Bilden der Referenzbilddatensätze einzelne Bilddatensätze verworfen werden.

[0046] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird aus mindestens einem von hundert in Fahrtrichtung aufeinanderfolgenden Bilddatensätzen ein Referenzbilddatensatz generiert. In einer weiteren Ausführungsform wird aus mindestens einem von zehn in Fahrtrichtung aufeinanderfolgenden Bilddatensätzen ein Referenzbilddatensatz generiert. In noch einer weiteren Ausführungsform wird aus jedem von in Fahrtrichtung aufeinanderfolgenden Bilddatensätzen ein Referenzbilddatensatz generiert.

[0047] Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung einer Ausführungsform und der zugehörigen Figuren deutlich. In den Figuren sind gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Figur 1 ist eine schematische Querschnittsansicht mit einer auf einem Schienenfahrzeug installierten Kamera und einem von der Kamera erfassten Oberbau eines Schienenstrangs.

Figur 2 ist eine weggebrochene schematische Draufsicht von oben auf einen Oberbau eines Streckenabschnitts.

Figur 3 ist eine schematische Darstellung eines Streckennetzes.

[0048] Figur 1 zeigt einen Querschnitt durch einen Oberbau 1 eines Streckenabschnitts 18 eines Schienenverkehrsnetzes 19 in einer Schnittebene senkrecht zur Fahrtrichtung 6 eines Zuges. Der Oberbau 1 besteht aus einem Gleisbett 2, darauf angeordneten Schwellen 17 (in Figur 1 nicht zu sehen) sowie mit den Schwellen 17 verbundenen Schienen 3. Die gezeigte Schnittebene bezeichnet eine Position in Fahrtrichtung 6 entlang des Streckenabschnitts 18.

[0049] Man kann davon ausgehen, dass für jeden Querschnitt entlang der Fahrtrichtung 6 die Oberfläche 4 des Gleisbetts 2 über den gezeigten Querschnitt des Oberbaus 1 hinweg, zumindest aber für einen Flächenabschnitt mit einer Mehrzahl von nebeneinander angeordneten Querschnitten, eine einzigartige Signatur aufweist. Die Einzigartigkeit der Oberfläche über den Querschnitt hinweg ist der Tatsache geschuldet, dass das Gleisbett 2 aus geschüttetem Bahnschotter gebildet ist. Die einzelnen Schottersteine 5 sind zufällig und die Anordnung der Mehrzahl von Schottersteinen 5 nach der Schüttung bzw. dem Stopfen erst recht.

[0050] Gelingt es, die Oberfläche 4 des Gleisbetts 2 über das gesamte Netz 19 hinweg zu erfassen, so lässt sich später ein einzelnes erfasstes Bild bzw. dessen Bilddatensatz genau einem Ort bzw. einer geographischen Position des Streckennetzes 19 zuordnen.

[0051] Zum Aufnehmen einer Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen während einer Messfahrt und dem nachfolgenden Erstellen eines Referenzsystem daraus, aber auch zum Aufnehmen eines Fahrtbilddatensatzes bei einer Messfahrt ist auf einem Schienenfahrzeug 7 (in Figur 1 nicht gezeigt), eine Kamera 8 mit einem CCD-Chip 9 als Sensor und einem Weitwinkelobjektiv 10 vorgesehen. Dabei blickt die Kamera 8 in Richtung des Gleisbetts 2 und erfasst dessen Oberfläche 4.

[0052] Figur 2 zeigt eine weggebrochene Draufsicht auf den Oberbau 1 des Streckenabschnitts 18 aus Figur 1. Zu sehen ist eine Lokomotive 7 als Schienenfahrzeug mit der das Gleisbett erfassenden Kamera 8.

[0053] Während einer ersten Überfahrt, d.h. der Referenzfahrt, nimmt die Kamera in der hier beispielhaft beschriebenen Ausführungsform einen Film des Gleisbetts des gesamten Streckenabschnitts 18 und darüber hinaus des gesamten Streckennetzes 19 auf. Dieser Film zeigt eine vollständige Wiedergabe der gesamten Oberfläche 4 des Gleisbetts 3 über das gesamte Streckennetz

19 hinweg.

[0054] Um es zu ermöglichen, bei einer Messfahrt, beispielsweise einer fahrplanmäßigen Fahrt eines Personenzuges von einer Stadt F nach einer Stadt K die aktuelle Position des Zuges bzw. seiner Lokomotive 7 zu bestimmen, wird der Film in eine Vielzahl von Referenzbilddatensätzen aufgeteilt. In Figur 2 ist die flächenhafte Abdeckung einer Mehrzahl solcher Referenzbilddatensätze schematisch dargestellt. Jeder Referenzbilddatensatz beschreibt einen Flächenabschnitt 11, wobei die Flächenabschnitte 11 in der gezeigten Ausführungsform alle aneinanderstoßen. Die Gesamtmenge der Referenzbilddatensätze, welche alle Flächenabschnitte 11 eines Streckenabschnitts 18 beschreiben, decken das gesamte Streckennetz 19 ab.

[0055] Bei einer nachfolgenden zweiten Überfahrt, der Messfahrt, erfasst die Kamera 8 ebenfalls Flächenabschnitte 12 der Oberfläche 4 des Gleisbetts. Ein einen solchen Flächenabschnitt 12 beschreibender Fahrtbilddatensatz muss dann mit den Referenzbilddatensätzen verglichen werden, um den Ort zu bestimmen, an dem der jeweilige Fahrtbilddatensatz aufgenommen wurde.

[0056] Betrachtet man das gesamte Streckennetz, so ist die Datenmenge der das gesamte Streckennetz beschreibenden Referenzbilddatensätze so groß, dass sie nicht in Echtzeit mit einem Fahrtbilddatensatz abgleichbar ist.

[0057] Daher wird erfindungsgemäß für jeden Referenzbilddatensatz ein erster lokaler Deskriptor erzeugt, wobei die Mehrzahl aller ersten lokalen Deskriptoren gemeinsam die Referenzbilddatensätze des gesamten Streckennetzes 19 beschreiben. Auch aus dem Fahrtbilddatensatz wird ein solcher lokaler Deskriptor gebildet. Dieser wird als zweiter lokaler Deskriptor bezeichnet.

[0058] Zwar reduziert die Verwendung von lokalen Deskriptoren zur Beschreibung der Flächenabschnitte 11 die zu verarbeitende Datenmenge, dennoch ist die Menge der zu korrelierenden Daten für eine Echtzeitkorrelation über das gesamte Schienennetz 19 zu groß.

[0059] Daher wird erfindungsgemäß die Menge aller ersten lokalen Deskriptoren des Schienennetzes 19 in Teilmengen zerlegt. Diese Teilmengen werden als Relevanzmengen bezeichnet. Das Konzept der Relevanzmengen wird nun anhand der beispielhaften Darstellungen der Figur 3 beschrieben.

[0060] Figur 3 zeigt ein Schienenverkehrsnetz mit einer Reihe von Knoten und Endpunkten. Im Folgenden wird der Knoten F betrachtet. Von diesem gehen vier Streckenabschnitte zu den Knoten H und K sowie zu den Endpunkten Be und Ba ab. Angenommen ein Zug mit der Lokomotive 7 fährt von F nach K, so gilt es die Suchmenge aller Referenzbilddatensätze auf eine Teilmenge zu beschränken, die nur Referenzbilddatensätze enthält, die auf von F ausgehenden Streckenabschnitten erreicht werden können. Die Relevanzmengen aller Referenzbilddatensätze für jede Fahrt, die in F beginnt, ist mit einer gestrichelten Linie eingekreist und mit dem Bezugszeichen 13 bezeichnet. F ist mit einer von der Lokomotive

7 berührungslos auslesbaren Balise 14 markiert. Diese Balise 14 bildet einen Relevanzpunkt und identifiziert genau eine Relevanzmenge 13.

[0061] Der in F nach K fahrende Zug erfasst auf seiner Fahrt in regelmäßigen zeitlichen Abständen Fahrtbilddatensätze. Aus diesen Fahrtbilddatensätzen wird jeweils ein zweiter lokaler Deskriptor gebildet. Das Auslesen der Balise 14 beschränkt die Suchmenge auf die in der Relevanzmenge 13 enthaltene Teilmenge der Deskriptoren aller Relevanzbilddatensätze.

[0062] Übersteigt die Korrelation zwischen einem zu einem Fahrtbilddatensatz gehörenden zweiten Deskriptor und einem zu einem Relevanzbilddatensatz gehörenden Deskriptor einen vorbestimmten Korrelationsschwellenwert, so ist die Position dieses Referenzbilddatensatzes die aktuelle Position der Lokomotive 7. Dabei ist der Korrelationsschwellenwert so gewählt, dass es ein eindeutiges Ergebnis der Korrelation gibt.

[0063] Die Deskriptoren der auf dem Streckenabschnitt 18 zwischen F und K liegenden Relevanzbilddatensätze gehören auch zu einer zweiten Relevanzmenge 16. Diese Relevanzmenge 16 ist mit einer in K auslesbaren Balise 15 als Relevanzmarke markiert. Fährt ein Zug von K nach F, so werden die zweiten Deskriptoren der Fahrtbilddatensätze mit den ersten Deskriptoren aller Referenzbilddatensätze, die Element der Relevanzmenge 16 sind, korreliert.

[0064] Für Zwecke der ursprünglichen Offenbarung wird darauf hingewiesen, dass sämtliche Merkmale, wie sie sich aus der vorliegenden Beschreibung, den Zeichnungen und den Ansprüchen für einen Fachmann erschließen, auch wenn sie konkret nur im Zusammenhang mit bestimmten weiteren Merkmalen beschrieben wurden, sowohl einzeln als auch in beliebigen Zusammenstellungen mit anderen der hier offenbarten Merkmale oder Merkmalsgruppen kombinierbar sind, soweit dies nicht ausdrücklich ausgeschlossen wurde oder technische Gegebenheiten derartige Kombinationen unmöglich oder sinnlos machen. Auf die umfassende, explizite Darstellung sämtlicher denkbaren Merkmalskombinationen wird hier nur der Kürze und der Lesbarkeit der Beschreibung wegen verzichtet.

[0065] Während die Erfindung im Detail in den Zeichnungen und der vorangehenden Beschreibung dargestellt und beschrieben wurde, erfolgt diese Darstellung und Beschreibung lediglich beispielhaft und ist nicht als Beschränkung des Schutzbereichs gedacht, so wie er durch die Ansprüche definiert wird. Die Erfindung ist nicht auf die offenbarten Ausführungsformen beschränkt.

[0066] Abwandlungen der offenbarten Ausführungsformen sind für den Fachmann aus den Zeichnungen, der Beschreibung und den beigefügten Ansprüchen offensichtlich. In den Ansprüchen schließt das Wort "aufweisen" nicht andere Elemente oder Schritte aus, und der unbestimmte Artikel "eine" oder "ein" schließt eine Mehrzahl nicht aus. Die bloße Tatsache, dass bestimmte Merkmale in unterschiedlichen Ansprüchen beansprucht sind, schließt ihre Kombination nicht aus. Bezugszeichen

in den Ansprüchen sind nicht als Beschränkung des Schutzbereichs gedacht.

Bezugszeichen

[0067]

1	Oberbau
2	Gleisbett
3	Schiene
4	Oberfläche des Gleisbetts
5	Schotterstein
6	Fahrtrichtung
7	Schienenfahrzeug
8	Kamera
9	CCD-Chip
10	Objektiv
11	Flächenabschnitt eines Referenzbilddatensatzes
12	Flächenabschnitt eines Fahrtbilddatensatzes
13, 16	Relevanzmenge
14, 15	Balise
17	Schwelle
18	Streckenabschnitt
19	Schienennetz

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung einer aktuellen Position eines Schienenfahrzeugs (7) auf einem Schienennetz (19), mit den Schritten:

A) Bereitstellen einer Kamera (8) an dem Schienenfahrzeug (7) und einer Auswerteeinheit,

wobei die Kamera (8) einen Sensor (9) aufweist,

wobei die Kamera (8) in Richtung eines unter dem Schienenfahrzeug (7) befindlichen Oberbaus (2) gerichtet ist und der Sensor (9) ausgebildet und eingerichtet ist, aus dem erfassten Oberbau (2) mindestens einen Bilddatensatz zu generieren, wobei die Auswerteeinheit ausgebildet und eingerichtet ist, den mindestens einen Bilddatensatz von dem Sensor (9) zu empfangen und zu verarbeiten,

B) erstes Überfahren mindestens eines Streckenabschnitts (18) des Schienennetzes (19) mit dem Schienenfahrzeug,

C) während des ersten Überfahrens Erfassen des Oberbaus (2) mit der Kamera (8) und Generieren einer Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen aus dem mindestens einen Bilddatensatz,

- wobei jeder aus der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen genau einen Flächenabschnitt des Oberbaus (2) abbildet,
- D) Generieren einer Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren aus der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen durch die Auswerteeinheit, wobei jeder erste lokale Deskriptor genau einen Referenzbilddatensatz an genau einer Position in Fahrtrichtung (6) auf dem Streckenabschnitt (18) beschreibt,
- E) Transferieren der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren in ein das Schienennetz (19) abbildendes Referenzsystem,
- F) Bestimmen einer Mehrzahl von Relevanzpunkten (14, 15) in dem Referenzsystem,
- G) für jeden Relevanzpunkt (14,15) Bilden genau einer Relevanzmenge, die eine Auswahl aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren umfasst, so dass jeder aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren Element mindestens einer Relevanzmenge ist,
- H) zweites Überfahren des mindestens einen Streckenabschnitts (18) mit einem Schienenfahrzeug,
- I) während des zweiten Überfahrens Erfassen des Oberbaus (2) mit der Kamera (8) und Generieren mindestens eines Fahrbilddatensatzes daraus, wobei der mindestens eine Fahrbilddatensatz einen Flächenabschnitt des Oberbaus (2) abbildet,
- J) Generieren eines zweiten lokalen Deskriptors aus jedem Fahrbilddatensatz durch die Auswerteeinheit,
- K) während des zweiten Überfahrens Erfassen eines aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten,
- L) für den zuletzt erfassten Relevanzpunkt Auswählen der in Schritt G) für diesen Relevanzpunkt gebildeten Relevanzmenge,
- M) Bilden jeweils einer Korrelation des zweiten lokalen Deskriptors mit jedem aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren aus der ausgewählten Relevanzmenge und
- N) wenn die Korrelation einen Korrelationsschwellenwert übersteigt, Ausgeben der Position des ersten Deskriptors als Position des Schienenfahrzeugs (7).
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei jeder Relevanzpunkt eine Eigenschaft aufweist, die den Relevanzpunkt (14, 15) genau einer Position des Schienennetzes (19) zuordnet,
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Relevanzmengen vor der zweiten Überfahrt festgelegt werden.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten jeweils durch eine am Schienennetz (19) angeordnete und berührungslos auslesbare Balise (14, 15) definiert ist und wobei das Erfassen eines aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten während des zweiten Überfahrens ein Auslesen der Balise (14, 15) umfasst.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten jeweils durch eine geographische Koordinate definiert ist, wobei das Erfassen eines aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten (14, 15) während des zweiten Überfahrens ein Erfassen einer geographischen Koordinate mit einem globalen Navigationssatellitensystem umfasst.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 5, wobei das Bilden der Relevanzmenge zu dem Relevanzpunkt gemäß Merkmal G) während der zweiten Überfahrt erfolgt.
 7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Relevanzmenge für eine geographische Koordinate als Relevanzpunkt die Menge aller ersten Deskriptoren innerhalb eines definierten Umkreises mit einem Radius um den Relevanzpunkt ist.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius 10 km oder weniger, vorzugsweise 5 km oder weniger und besonders bevorzugt 1 km oder weniger beträgt.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten jeweils durch einen Orientierungspunkt definiert ist, wobei jeder der Orientierungspunkte eine eindeutige Eigenschaft, insbesondere eine eindeutige Form, aufweist und wobei das Erfassen eines aus der Mehrzahl von Relevanzpunkten während des zweiten Überfahrens ein Erfassen eines Bildes des Orientierungspunktes umfasst.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** für einen Streckenabschnitt (18) zwischen einem ersten Ort und einem zweiten Ort des Schienennetzes (19)
 - in Schritt F) jeweils ein Relevanzpunkt für den ersten Ort und ein Relevanzpunkt für den zweiten Ort bestimmt wird und
 - in Schritt G) die Relevanzmenge des Relevanzpunkts des ersten Orts und die Relevanzmenge des Relevanzpunkts des zweiten Orts derart gebildet werden, dass jeder aus der Mehrzahl von ersten lokalen Deskriptoren, die in Schritt D) aus

der Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen für den Streckenabschnitt (18) zwischen dem ersten Ort und dem zweiten Ort generiert wurden, Element der Relevanzmenge des Relevanzpunkts des ersten Orts und Element der Relevanzmenge des Relevanzpunkts des zweiten Orts ist. 5

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedem ersten lokalen Deskriptor eine Zuverlässigkeitsinformation zugeordnet ist, wobei die Zuverlässigkeitsinformation ein Maß für eine Zuverlässigkeit für die Berücksichtigung des zugrundeliegenden Referenzbilddatensatzes bei der Ermittlung der aktuellen Position des Schienenfahrzeugs (7) bildet. 10
12. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** dann, wenn die Zuverlässigkeitsinformation eine vorgegebene Zuverlässigkeitsschwelle unterschreitet, der zugehörige lokale Deskriptor nicht zur Ermittlung der aktuellen Position des Schienenfahrzeugs (7) verwendet wird. 20
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuverlässigkeitsinformation eine Information umfasst, die ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus 25
 - einer Zeitinformation, die es ermöglicht, ein Zeitintervall zwischen dem Erfassen des dem ersten lokalen Deskriptor zugrundeliegenden Referenzbilddatensatzes in Schritt C) und dem Erfassen des Fahrtbilddatensatzes in Schritt I) zu bestimmen, 30
 - einer Sichtweite, 35
 - einer Abweichung des dem ersten lokalen Deskriptor zugrundeliegenden Referenzbilddatensatzes von einer zu erwartenden Struktur,
 - einer Umgebungsbedingung des Oberbaus (2) 40
 - und
 - einer Feuchte des Oberbaus
 - oder einer Kombination davon.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt C) die Mehrzahl von Referenzbilddatensätzen zeitlich nacheinander generiert werden. 45

50

55

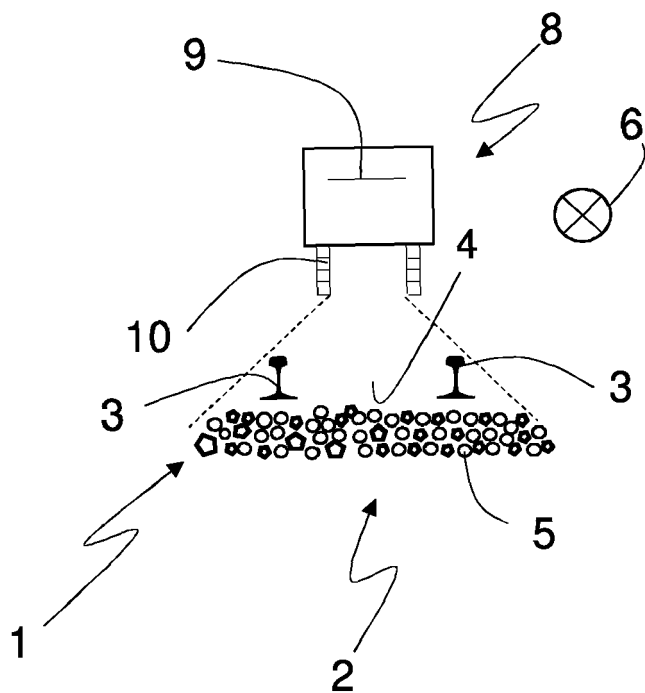


Fig. 1

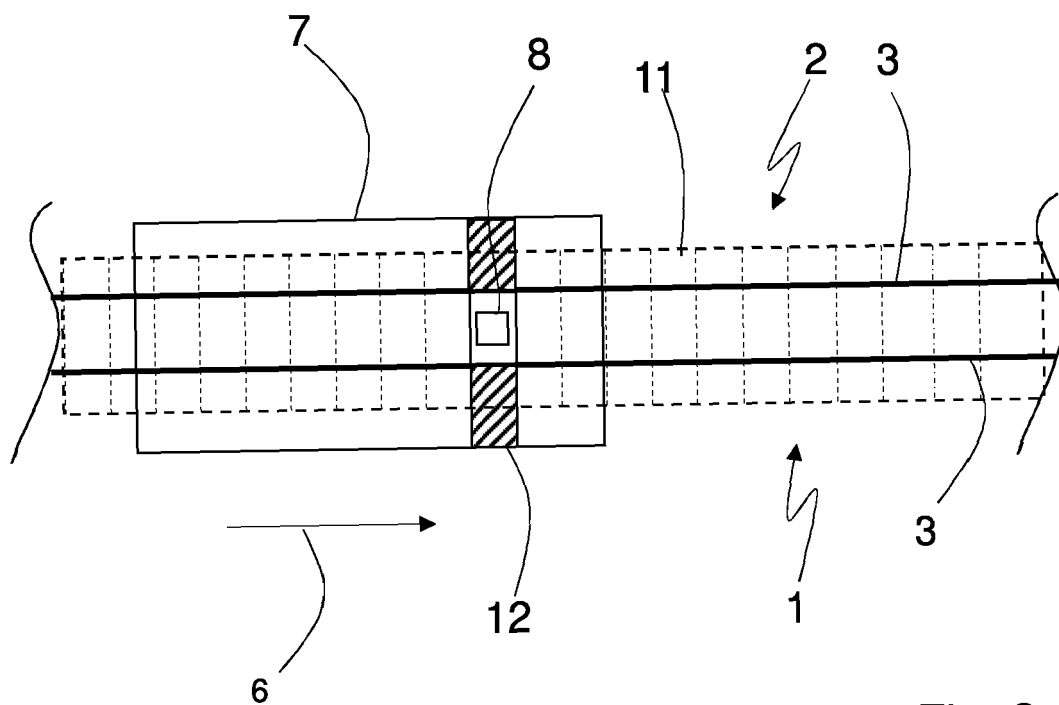


Fig. 2

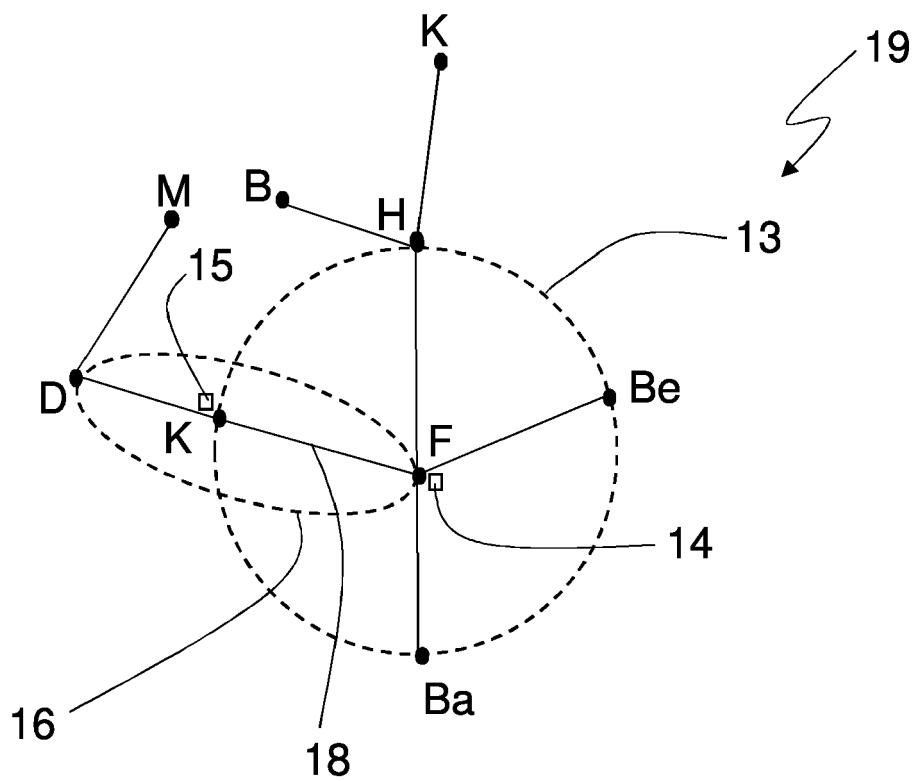


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 21 3300

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

3

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	US 10 086 857 B2 (PUTTAGUNTA SHANMUKHA SRAVAN [US]; CHRAIM FABIEN [US]) 2. Oktober 2018 (2018-10-02) * Anspruch 1; Abbildungen * * Spalte 5, Zeile 57 - Spalte 8, Zeile 58 * * * Spalte 9, Zeilen 18-26 * * Spalte 14, Zeilen 10-35 * * Spalte 15, Zeilen 28-34 * -----	1-9, 11-14	INV. B61L23/04 B61L25/02
Y	EP 3 939 858 A2 (SIEMENS MOBILITY LTD [GB]) 19. Januar 2022 (2022-01-19) * Zusammenfassung; Abbildungen * * Absätze [0018] - [0037] * -----	1-14	
Y	DE 10 2012 107918 A1 (DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT UND RAUMFAHRT E V [DE]) 15. Mai 2014 (2014-05-15) * Zusammenfassung; Abbildungen * * Absätze [0007] - [0016] * * Ansprüche 1-6 * -----	1-14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. Mai 2023	Prüfer Robinson, Victoria
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	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 21 3300

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

31-05-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 10086857 B2	02-10-2018	US 2016121912 A1	05-05-2016
		US 2018370552 A1	27-12-2018
EP 3939858 A2	19-01-2022	EP 3939858 A2	19-01-2022
		GB 2597083 A	19-01-2022
DE 102012107918 A1	15-05-2014	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **E. KARAMI ; S. PRASAD ; M. SHEHATA.** Image Matching Using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: Performance Comparison for Distorted Images. *arXiv:1710.02726*, 2017 **[0019]**