

(19)



(11)

EP 4 029 758 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.07.2022 Patentblatt 2022/29

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

(21) Anmeldenummer: **21203168.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 23/041

(22) Anmeldetag: **18.10.2021**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

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

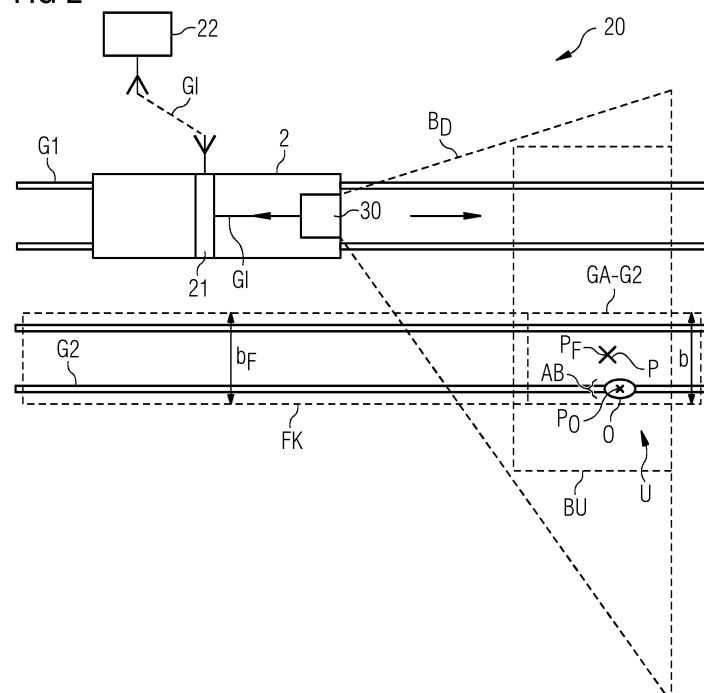
(72) Erfinder:
• **Palmer, Andrew**
Spring Hill 4004 (AU)
• **Brämer, Emanuel**
12355 Berlin (DE)
• **Wilhelm, Markus**
41239 Mönchengladbach (DE)

(30) Priorität: **18.01.2021 DE 102021200408**

(54) **SICHERHEITSKRITISCHE BORDSEITIGE ÜBERWACHUNG DER UMGEBUNG EINES SCHIENENFAHRZEUGS**

(57) Es wird ein Verfahren zur bordseitigen Überwachung der Umgebung (U) eines Schienenfahrzeugs (2) beschrieben. Bei dem Verfahren werden Sensordaten (SD) von einem Überwachungsbereich (BU), welcher einen Gleisabschnitt (GA-G2) eines Gleises (G2), welches einem Gleis (G1), auf dem sich das Schienenfahrzeug (2) bewegt, benachbart ist sowie dessen Umgebung (U) umfasst, erfasst. Außerdem wird ein Objekt (O, L, 2a) in dem Überwachungsbereich (BU) auf Basis der Sensor-

daten (3D-SD) detektiert und lokalisiert. Dann wird ermittelt, ob das detektierte Objekt (O, L, 2a) eine Gefahr für den Schienenverkehr darstellen könnte. Diese Ermittlung erfolgt in Abhängigkeit von den erfassten Sensordaten (3D-SD) und der Position (P_O) und den Abmessungen (AB , b_{2a}) des detektierten und lokalisierten Objekts (O, L, 2a). Es wird auch eine Umgebungsüberwachungseinrichtung (30) beschrieben. Weiterhin wird ein Schienenfahrzeug (2) beschrieben.

FIG 2**EP 4 029 758 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs. Außerdem betrifft die Erfindung eine Umgebungsüberwachungseinrichtung. Überdies betrifft die Erfindung ein Schienenfahrzeug.

[0002] Schienenfahrzeugführer, kurz auch als Fahrer bezeichnet, haben neben der eigentlichen Steuerung der Fahrt eines Schienenfahrzeugs viele zusätzliche Aufgaben zu erfüllen. Eine der kritischen Aufgaben des Schienenfahrzeugführers besteht darin, die Umgebung seines Schienenfahrzeugs zu beobachten und alle Beobachtungen zu melden, die ein potentiell Problem für den Betrieb des Schienentransportsystems betreffen könnten. Davon umfasst ist zum Beispiel die Beobachtung, ob die in der Peripherie wachsende Vegetation zu nahe an die Gleise vorgedrungen ist oder sich andere Bestandteile der Umgebung geändert haben und möglicherweise eine zukünftige Gefahr darstellen könnten. Beispiele hierfür sind umgefallene Bäume, auf die Gleise gefallene Äste, auf die Gleise gefallene Felsbrocken und eine dicke Schneedecke im Gleisbereich. Es ist anzumerken, dass die Fahrer nicht nur ihr eigenes Gleis, sondern auch benachbarte Gleise überwachen. Weiterhin beobachten Fahrer auch entgegenkommende oder vorbeifahrende Züge, um Gefahrenquellen, wie zum Beispiel Ladegut auf einem entgegenkommenden Zug, das nicht korrekt gesichert wurde und sich daher verschoben hat, zu erkennen. Wird der Bahnbetrieb auf einen fahrerlosen Betrieb umgestellt, so gibt es an Bord eines Schienenfahrzeugs keine Person, die die vorgenannten Aufgaben erfüllen könnte. Folglich müssen die beschriebenen Aufgaben durch andere Einrichtungen und/oder Personen erfüllt werden.

[0003] Bisher wurde daher immer eine Person an Bord, beispielsweise ein Fahrer oder eine andere Person, damit beauftragt, die Aufgabe der Beobachtung der Umgebung zu übernehmen. Unter den oben beschriebenen Überwachungsaufgaben wurde lediglich bei der Überwachung der Vegetation versucht, diese Aufgabe durch alternative Methoden zu erfüllen. Bei einem solchen alternativen Verfahren wird ein spezielles Überwachungsfahrzeug eingesetzt, das die Position der Vegetation genau aufzeichnet. Alternativ dazu oder zusätzlich kann die Position der Vegetation auch durch Satelliten oder Luftfahrzeuge aufgezeichnet werden. Zusätzlich kann auch eine bordseitige Videokamera auf eine Schienenstrecke gerichtet werden, mit der Videodaten aufgenommen werden, um zu ermitteln, wo die Vegetation in das Gleisbett oder den Bahndamm einer Schienenstrecke einwächst.

[0004] Allerdings bringen diese Verfahren folgende Probleme mit sich: Wird ein speziell für eine Überwachung ausgelegtes Fahrzeug genutzt, so fallen dafür hohe Kosten an, und da normalerweise nur wenige dieser speziellen Überwachungsfahrzeuge zur Verfügung stehen, ist es unmöglich, das gesamte Schienennetz mit einer ausreichenden Häufigkeit abzufahren, um Probleme

und Gefahren zeitnah bzw. rechtzeitig zu erkennen. Die Bildaufnahme mit Satelliten ist hinsichtlich der Auflösung eingeschränkt und eine Bildaufnahme der Schienen, die von oben erfolgt, kann nicht dazu genutzt werden, zwischen überhängender Vegetation, welche keinen Einfluss auf den Bahnbetrieb ausübt, und der Vegetation, welche sich im Höhenbereich der Schienenfahrzeuge befindet und daher eine Gefahr für diese bedeuten kann, zu unterscheiden. Die bordseitige Überwachung der Vegetation durch bordseitige Kameras wird mit speziellen Kameras durchgeführt, die auf das Gleisbett gerichtet sind, um kleine wachsende Pflanzen zu identifizieren. Allerdings kann mit einer solchen Kamera keine Vegetation identifiziert werden, die neben dem Gleisbett wächst und möglicherweise in Zukunft in den Fahrbereich der Schienenfahrzeuge einwachsen wird.

[0005] Es besteht also die Aufgabe, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Umgebungsüberwachung bereitzustellen, welche einen Fahrer eines Schienenfahrzeugs zumindest teilweise von der Überwachung der Umgebung des Schienenfahrzeugs entlasten können und zumindest ähnlich effektiv sind wie eine menschliche Person.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs gemäß Patentanspruch 1, eine Umgebungsüberwachungseinrichtung gemäß Patentanspruch 12 und ein Schienenfahrzeug gemäß Patentanspruch 13 gelöst.

[0007] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs durch eine Sensoreinheit des Schienenfahrzeugs werden Sensordaten von einem Überwachungsbereich erfasst, welcher einen Gleisabschnitt eines benachbarten Gleises sowie dessen Umgebung umfasst. Die Sensordaten werden dann daraufhin geprüft und ausgewertet, ob sich ein Objekt in dem Überwachungsbereich befindet. Für diesen Fall wird also ein Objekt in dem Überwachungsbereich auf Basis der erfassten Sensordaten detektiert und lokalisiert. Als Sensoreinheit werden bevorzugt Sensoreinheiten genutzt, die auch für eine Detektion von potentiellen Kollisionshindernissen auf dem Gleis, welches von dem Schienenfahrzeug selbst befahren wird, genutzt werden. Vorteilhaft müssen daher keine zusätzlichen Sensoren für die Überwachung des Nachbargleises an dem Schienenfahrzeug installiert werden.

[0008] Dann wird ermittelt, ob das detektierte Objekt eine Gefahr für den Schienenverkehr, also insbesondere für ein auf dem benachbarten Gleis fahrendes Schienenfahrzeug oder für ein auf dem eigenen Gleis fahrendes Schienenfahrzeug darstellen könnte. Dieser Ermittlungsschritt erfolgt in Abhängigkeit von den Sensordaten und der Position und den Abmessungen des detektierten und lokalisierten Objekts.

[0009] Bevorzugt wird auch die Position des Gleisabschnitts des benachbarten Gleises ermittelt. Als benachbartes Gleis soll in diesem Zusammenhang ein Gleis ver-

standen werden, das sich im Überwachungsbereich der Sensorik des Schienenfahrzeugs befindet und daher von dem Schienenfahrzeug während der Fahrt oder auch im Stand überwacht werden kann. Im engeren Sinn soll als benachbartes Gleis ein Gleis verstanden werden, welches sich neben, genauer gesagt direkt neben dem Gleis befindet, auf dem das überwachende Schienenfahrzeug fährt oder steht.

[0010] Weiterhin werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs bevorzugt auch Abmessungen des Gleisabschnitts des dem Schienenfahrzeug benachbarten Gleises ermittelt. Die Abmessungen umfassen insbesondere die Breite des von dem benachbarten Gleis eingenommenen Bereichs. In der Regel sind Spurweiten bekannt, der Gleiskörper kann aber zum Beispiel im Bereich einer Weiche auch breiter sein als die Spurweite.

[0011] Zur Ermittlung der Position des benachbarten Gleisabschnitts wird eine Position und Orientierung des Schienenfahrzeugs selbst ermittelt. Diese Position kann zum Beispiel durch Selbstlokalisierung und eine selbstständige Messung der Orientierung des Schienenfahrzeugs erfolgen. Da die Gleise oder Teile der Gleisabschnitte gegenüber den Sensoren verdeckt sein können, sei es aufgrund einer Kurve oder eines Objekts, das auf den Schienen liegt, oder schlechter Wetterbedingungen, werden die Schienen bzw. das von dem Schienenfahrzeug befahrene Gleis sowie das benachbarte Gleis auch auf Basis von Kartendaten lokalisiert.

[0012] Das Ermitteln, ob das detektierte Objekt eine Gefahr für den Schienenverkehr darstellen könnte, umfasst bevorzugt einen Vergleich der Position und der Abmessungen des detektierten und lokalisierten Objekts mit der Position und der Abmessungen des überwachten Gleisabschnitts des benachbarten Gleises.

[0013] Auch bevorzugt erfolgt dieser Vergleich in Abhängigkeit von der ermittelten Position und den Abmessungen des überwachten Gleisabschnitts des benachbarten Gleises. Dabei wird beispielsweise ermittelt, ob das detektierte und lokalisierte Objekt mit dem überwachten Gleisabschnitt überlappt bzw. in diesen hineinragt oder sich gar vollständig in dem überwachten Gleisabschnitt befindet.

[0014] Weiterhin werden gegebenenfalls auch eine Position sowie entsprechende Abmessungen eines Fahrkanals eines auf dem benachbarten Gleis möglicherweise fahrenden Schienenfahrzeugs mitberücksichtigt. Im einfachsten Fall lassen sich die Position sowie die Abmessungen des Fahrkanals eines Schienenfahrzeugs anhand der Position sowie der Spurbreite des benachbarten Gleises ermitteln. Auch die Position und die Abmessungen eines Fahrkanals des überwachenden Schienenfahrzeugs und/oder eines Schienenfahrzeugs, welches sich auf dem Gleis bewegt, auf dem das überwachende Schienenfahrzeug fährt, können berücksichtigt werden, um zu ermitteln, ob ein Objekt etwa sogar in den diesseitigen Fahrkanal hineinragt. Der Ermittlungs-

schrift umfasst einen Vergleich der vorgenannten Größen. Wird dabei ermittelt, dass sich das Objekt im Fahrkanal des benachbarten Gleises oder des Gleises befindet, auf dem sich das überwachende Schienenfahrzeug bewegt, so wird eine Gefahrenmeldung erzeugt und an eine geeignete Stelle, beispielsweise eine zentrale stationäre Überwachungseinrichtung, wie zum Beispiel eine zentrale Fahrdienstleitstelle, oder auch an ein auf dem benachbarten Gleis fahrendes Schienenfahrzeug weitergegeben.

[0015] Vorteilhaft kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren das Schienennetz mit einer höheren Frequenz hinsichtlich störender oder gefährlicher Objekte untersucht und überwacht werden, als es bei der Inspektion mit Hilfe von speziellen Überwachungsfahrzeugen der Fall ist. Außerdem sind die Genauigkeit der Lokalisierung sowie die erzielte Auflösung der Überwachung viel höher als bei der Anwendung einer satellitenbasierten Überwachung eines Schienennetzes, da die an einem Schienenfahrzeug installierten Sensoren aufgrund ihrer viel größeren Nähe zu dem Überwachungsbereich mit vergleichsweise geringem technischen Aufwand eine viel höhere Auflösung des Überwachungsbereichs erzielen können. Auch gegenüber auf Fluggeräten basierenden Überwachungsvorgängen hat das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, dass eine dreidimensionale Positionierung und Ausdehnung eines Hindernisses ermittelt werden kann, während bei einer Überwachung aus der Vogelperspektive oft nur eine Ermittlung von zweidimensionalen Daten eines Objekts im Gleisbereich möglich ist. Vorteilhaft lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren neben der am Rand der Gleise befindlichen Vegetation auch Äste oder Felsbrocken sowie vorbeifahrende Schienenfahrzeuge überwachen. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass dafür die ohnehin für die Hinderniserkennung auf dem eigenen Gleis vorhandenen bordseitigen Sensoren auch für die Inspektion benachbarter Gleise eingesetzt werden können, so dass ein zusätzlicher Hardwareaufwand gering ist bzw. überhaupt nicht besteht. Mithin lässt sich das erfindungsgemäße Überwachungsvorgang besonders ressourcensparend und ohne viel Aufwand realisieren.

[0016] Die erfindungsgemäße, zumindest überwiegend bordseitige Umgebungsüberwachungseinrichtung weist eine Sensoreinheit zum Erfassen von Sensordaten von einem Überwachungsbereich auf. Der Überwachungsbereich umfasst einen Gleisabschnitt eines Gleises, welches einem Gleis, auf dem sich ein Schienenfahrzeug bewegt, das die erfindungsgemäße Umgebungsüberwachungseinrichtung umfasst, benachbart ist, sowie dessen Umgebung. Wie erwähnt, ist die Sensoreinheit vorzugsweise bereits für andere Überwachungsaufgaben an Bord des Schienenfahrzeugs vorhanden und wird für die Überwachung des benachbarten Gleises nur mitverwendet, so dass Ressourcen eingespart werden und der Umrüstungsaufwand zur Realisierung der erfindungsgemäßen Umgebungsüberwa-

chungseinrichtung reduziert ist.

[0017] Die erfindungsgemäße Umgebungsüberwachungseinrichtung weist eine Objekterkennungseinheit zum Detektieren und Lokalisieren eines Objekts in der Umgebung des benachbarten Gleises auf Basis der Sensordaten auf. Die Detektion und Lokalisierung umfassen die Ermittlung einer Position und der Abmessungen des detektierten und lokalisierten Objekts.

[0018] Vorteilhaft können die Kenntnis der Position des Objekts und des von dem Objekt eingenommenen Bereichs sowie die Kenntnis der Position und der Beschaffenheit des überwachten Gleisabschnitts auf Basis der Sensordaten von dem Überwachungsbereich für einen anschließenden Vergleich genutzt werden.

[0019] Hierzu umfasst die erfindungsgemäße Umgebungsüberwachungseinrichtung eine Auswertungseinheit zum Ermitteln, ob das detektierte Objekt eine Gefahr für den Schienenverkehr, also insbesondere für ein auf dem benachbarten Gleis fahrendes Schienenfahrzeug oder für ein auf dem eigenen Gleis fahrendes Schienenfahrzeug darstellen könnte. Diese Ermittlung erfolgt durch einen Vergleich basierend auf der Kenntnis der Position und der Abmessungen des detektierten und lokalisierten Objekts und der Sensordaten.

[0020] Die erfindungsgemäße Umgebungsüberwachungseinrichtung teilt die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs.

[0021] Bevorzugt umfasst die erfindungsgemäße Umgebungsüberwachungseinrichtung eine Gleiserfassungseinheit zum Ermitteln einer Position und von Abmessungen eines Gleisabschnitts eines einem Schienenfahrzeug benachbarten Gleises auf Basis einer Position und Orientierung des Schienenfahrzeugs und auf Basis von Kartendaten, welche das vom Schienenfahrzeug befahrene Gleis und das benachbarte Gleis abbilden. Dabei erfolgt die Positionsermittlung des benachbarten Gleises vorzugsweise durch Sensoren, die sich bereits für andere Aufgaben an Bord des Schienenfahrzeugs befinden. Beispielsweise weisen Schienenfahrzeuge Sensoren zur Hindernisdetektion und Identifizierung solcher Hindernisse auf dem eigenen Gleis auf, um eine Kollision damit zu verhindern. Vorteilhaft kann nun der Randbereich des Sensorfeldes, das ein oder mehrere Nachbargleise umfasst, noch zusätzlich dazu genutzt werden, eine Inspektion des Nachbargleises und dessen Umfeld hinsichtlich störender Objekte, insbesondere Hindernisse, durchzuführen.

[0022] Bei dieser Ausgestaltung ist die Auswertungseinheit dazu eingerichtet, zu ermitteln, ob das detektierte Objekt eine Gefahr für den Schienenverkehr darstellt, durch einen Vergleich der Position und der Abmessungen des detektierten und lokalisierten Objekts mit der Position und den Abmessungen des überwachten Gleisabschnitts des benachbarten Gleises. Vorteilhaft kann eine Relativposition des Objekts und des von dem Objekt eingenommenen Bereichs zu der Position und der Ausdehnung des benachbarten Gleisabschnitts ermittelt

werden und für einen anschließenden Vergleich genutzt werden.

[0023] Dieser Ermittlungsschritt erfolgt also durch einen Vergleich basierend auf der Kenntnis der Position und der Abmessungen des benachbarten Gleises und/oder gegebenenfalls auf Basis der Position und den Abmessungen eines Fahrkanals eines auf dem benachbarten Gleis fahrenden Schienenfahrzeugs und auf Basis der Kenntnis der Position und der Abmessungen des detektierten Objekts. Auch die Position und die Abmessungen eines Fahrkanals des überwachenden Schienenfahrzeugs können berücksichtigt werden, um zu ermitteln, ob ein Objekt in den diesseitigen Fahrkanal hineinragt. Wird ermittelt, dass sich der von dem Objekt eingenommene Bereich und der Gleisabschnitt überschneiden oder ein Objekt, das aus einem Schienenfahrzeug herausragt, das auf dem benachbarten Gleisabschnitt unterwegs ist, aus dem genannten Fahrkanal hervorsteht und möglicherweise in den Fahrkanal eines benachbarten Schienenstrangs hineinragt, so wird eine Gefahrenmeldung erzeugt und an eine geeignete Stelle, wie zum Beispiel eine zentrale Überwachungseinrichtung bzw. eine Fahrdienstleitstelle oder ein auf einem der beiden Gleise fahrendes Schienenfahrzeug zur Warnung weitergegeben.

[0024] Das erfindungsgemäße Schienenfahrzeug weist die erfindungsgemäße Umgebungsüberwachungseinrichtung auf und eine Datenübermittlungseinrichtung zur Übermittlung einer Gefahrenmeldung an eine stationäre Einrichtung, wie zum Beispiel eine Fahrdienstleitstelle, oder an ein anderes Schienenfahrzeug. Das erfindungsgemäße Schienenfahrzeug teilt die Vorteile der erfindungsgemäßen Umgebungsüberwachungseinrichtung.

[0025] Einige Komponenten der erfindungsgemäßen Umgebungsüberwachungseinrichtung können, gegebenenfalls nach Ergänzung um Hardwaresysteme, wie zum Beispiel eine Sensoreinheit, zum überwiegenden Teil in Form von Softwarekomponenten ausgebildet sein. Dies betrifft insbesondere Teile der Gleiserfassungseinheit, der Objekterkennungseinheit und der Auswertungseinheit.

[0026] Grundsätzlich können diese Komponenten aber auch zum Teil, insbesondere, wenn es um besonders schnelle Berechnungen geht, in Form von softwareunterstützter Hardware, beispielsweise FPGAs oder dergleichen, realisiert sein. Ebenso können die benötigten Schnittstellen, beispielsweise, wenn es nur um eine Übernahme von Daten aus anderen Softwarekomponenten geht, als Softwareschnittstellen ausgebildet sein. Sie können aber auch als hardwaremäßig aufgebaute Schnittstellen ausgebildet sein, die durch geeignete Software angesteuert werden.

[0027] Eine weitgehend softwaremäßige Realisierung hat den Vorteil, dass auch schon bisher in einem Schienenfahrzeug vorhandene Rechnersysteme nach einer eventuellen Ergänzung durch zusätzliche Hardwareelemente, wie zum Beispiel zusätzliche Sensoreinheiten,

auf einfache Weise durch ein Software-Update nachgerüstet werden können, um auf die erfindungsgemäße Weise zu arbeiten. Insofern wird die Aufgabe auch durch ein entsprechendes Computerprogrammprodukt mit einem Computerprogramm gelöst, welches direkt in eine Speichereinrichtung eines solchen Rechnersystems ladbar ist, mit Programmabschnitten, um die durch Software realisierbaren Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens auszuführen, wenn das Computerprogramm in dem Rechnersystem ausgeführt wird.

[0028] Ein solches Computerprogrammprodukt kann neben dem Computerprogramm gegebenenfalls zusätzliche Bestandteile, wie z. B. eine Dokumentation und/oder zusätzliche Komponenten, auch Hardware-Komponenten, wie z.B. Hardware-Schlüssel (Dongles etc.) zur Nutzung der Software, umfassen.

[0029] Zum Transport zur Speichereinrichtung des Rechnersystems und/oder zur Speicherung an dem Rechnersystem kann ein computerlesbares Medium, beispielsweise ein Memorystick, eine Festplatte oder ein sonstiger transportabler oder fest eingebauter Datenträger dienen, auf welchem die von einer Rechneinheit einlesbaren und ausführbaren Programmabschnitte des Computerprogramms gespeichert sind. Die Rechneinheit kann z. B. hierzu einen oder mehrere zusammenarbeitende Mikroprozessoren oder dergleichen aufweisen.

[0030] Die abhängigen Ansprüche sowie die nachfolgende Beschreibung enthalten jeweils besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung. Dabei können insbesondere die Ansprüche einer Anspruchskategorie auch analog zu den abhängigen Ansprüchen einer anderen Anspruchskategorie und deren Beschreibungsteilen weitergebildet sein. Zudem können im Rahmen der Erfindung die verschiedenen Merkmale unterschiedlicher Ausführungsbeispiele und Ansprüche auch zu neuen Ausführungsbeispielen kombiniert werden.

[0031] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs wird die Position und Orientierung des Schienenfahrzeugs auf Basis einer GNSS-basierten Positions- und Orientierungsschätzung und/oder einer auf Sensordaten von der Umgebung des Schienenfahrzeugs und auf einer Erkennung von Merkmalen in der Umgebung des Schienenfahrzeugs basierenden Positions- und Orientierungsschätzung ermittelt. Die Abkürzung "GNSS" steht hier für eine Satellitennavigation bzw. im Englischen "global navigation satellite system". Die Merkmale der Umgebung oder die auf den Sensordaten basierend ermittelte Position und Orientierung des Schienenfahrzeugs lassen sich mit einer Landkarte vergleichen, um die Genauigkeit der Positionsermittlung und Orientierungsermittlung weiter zu verbessern. Da die Position eines Schienenfahrzeugs einschränkenden Bedingungen durch die Gebundenheit an eine Schienenstrecke unterliegt, kann sie leicht mit Kartendaten abgeglichen werden, um die Positionsschätzung, beispielsweise durch Satellitennavigation, zu ver-

bessern.

[0032] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs umfassen die Merkmale mindestens ein Objekt der folgenden Objektarten:

- Landmarken,
- den Gleiskörper,
- markante Objekte in der Umgebung des überwachenden Schienenfahrzeugs, die sich beispielsweise auch im für die Selbstlokalisierung bzw. Ermittlung der Orientierung des Schienenfahrzeugs zur Verfügung stehenden Kartenmaterial wiederfinden lassen.

[0033] Vorteilhaft lassen sich diese Marken und Objekte und deren Positionen, welche durch bordseitige Sensoren erfasst und ermittelt wurden, mit Kartendaten, in denen die genannten Objekte verzeichnet sind, vergleichen, und so wird eine Kalibrierung oder Justierung der Positionsermittlung von Objekten in der Umgebung des Schienenfahrzeugs sowie eine Kalibrierung oder Justierung der Selbstlokalisierung des Schienenfahrzeugs ermöglicht. Da die Position des Schienenfahrzeugs Einfluss auf die Positionsermittlung des Nachbargleises hat, wird auf diese Weise auch die Position des Überwachungsbereichs bzw. eines überwachten benachbarten Gleisabschnitts genauer ermittelbar. Auf diese Weise wird die sensorbasierte Positionsermittlung von Objekten in der Umgebung des Schienenfahrzeugs und die Auswertung hinsichtlich einer möglichen Gefahrenquelle in der Umgebung des Schienenfahrzeugs weiter präzisiert.

[0034] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs werden 3D-Daten von dem Überwachungsbereich erfasst und/oder erzeugt. Vorteilhaft erlauben die 3D-Daten von der Umgebung des Schienenfahrzeugs eine exakte Einschätzung einer Positionierung sowie einer Gefährlichkeit eines in der Umgebung detektierten Objekts für den Schienenverkehr.

[0035] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs werden als 3D-Daten von der Umgebung des benachbarten Gleises Tiefensensordaten erfasst. Ein solcher Tiefensensor erlaubt eine dreidimensionale Abtastung eines zu überwachenden Bereichs, wodurch eine Position, eine Orientierung und die Ausdehnung eines Objekts im dreidimensionalen Raum genauer ermittelbar sind.

[0036] Die 3D-Daten können beispielsweise durch eine Lidareinheit oder eine Stereokamera von der überwachten Umgebung erfasst werden. Lidareinheiten oder Stereokameras werden auch zur Detektion von Kollisionshindernissen für das überwachende Schienenfahrzeug genutzt. Vorteilhaft können diese speziellen Sensoreinheiten zusätzlich für die Überwachung von Gleis-

abschnitten benachbarter Gleise verwendet werden.

[0037] Die 3D-Daten können vorzugsweise als Tiefenbild oder als Punktwolke wiedergegeben werden. Punktwolken eignen sich insbesondere für die Erfassung der Umgebung durch Lidarsysteme oder allgemein laserbasierte Systeme, da damit die zu verarbeitende Datenmenge beschränkt wird.

[0038] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs umfasst der Schritt der Gefahrenermittlung einen Vergleich der 3D-Daten mit der Position und den Abmessungen des Fahrkanals eines auf dem benachbarten Gleis fahrenden Schienenfahrzeugs. Vorteilhaft kann ermittelt werden, ob ein Objekt in den Fahrkanal des benachbarten Gleises hineinragt, und gegebenenfalls eine Gefahrenmeldung abgegeben werden.

[0039] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs werden die 3D-Daten auf Basis von Videodaten von einer Mono-Kamera und auf Basis der Detektion des optischen Flusses der erfassten Videodaten ermittelt. Als Monokamera soll eine Kamera mit nur einem Objektiv verstanden werden, welche 2D-Bilddaten erzeugt. Werden nun Bilddaten aus unterschiedlichen Positionen und/oder Blickwinkeln der Kamera erfasst, so lässt sich trotzdem mit reduziertem Hardwareaufwand ein 3D-Bild von der Umgebung erzeugen. Hierbei findet das Konzept der Erfassung des optischen Flusses Anwendung. Das Konzept der Ermittlung von 3D-Daten auf Basis der Erfassung des optischen Flusses lässt sich zum Beispiel durch einen "structure from motion"-Algorithmus realisieren. Durch den Einsatz einer Monokamera mit zweidimensionalen Aufnahmen errechnet das Structurefrom-Motion-Verfahren die 3D-Umgebung nicht wie bei der Anwendung von Stereokameras direkt aus den Aufnahmen zweier Kameras mit bekannter relativer Position. Vielmehr wird der fehlende dritte Freiheitsgrad aus der Bewegung der Monokamera zwischen zwei Bildern ermittelt, ohne dass eine Verwendung zusätzlicher Sensoren notwendig ist. Die Umgebung wird anschließend in Form einer Punktwolke dreidimensional und in Echtzeit rekonstruiert. Gleichzeitig lassen sich die Trajektorie der Kamera und damit die Bewegung des Schienenfahrzeugs in der Umgebung errechnen. Hierbei kommt es zu einer simultanen Ortsbestimmung und Umgebungserkennung. Aus der Punktwolke werden in einem nächsten Schritt Informationen zum Gleisverlauf, zu Oberflächen und zu Objekten in der Umgebung des Schienenfahrzeugs extrahiert. Vorteilhaft kann auf eine aufwändige 3D-Kamera verzichtet werden und trotzdem können dreidimensionale Informationen von der Umgebung des Schienenfahrzeugs erzeugt werden.

[0040] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs erfolgt eine Klassifizierung des detektierten Objekts. Weiterhin erfolgt die

Gefahrenermittlung auf Basis der ermittelten Klasse des detektierten Objekts. Beispielsweise wird das detektierte Objekt als Vegetation oder als Felsen oder als Baum klassifiziert. Die Gefahr eines Felsens oder Baums wird dann als deutlich höher eingeschätzt als die Gefahr von relativ harmloser Vegetation.

[0041] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur bordseitigen Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs werden für den Fall, dass als Objekt ein auf dem benachbarten Gleis fahrendes Schienenfahrzeug klassifiziert wird, die Abmessungen und die Position des Schienenfahrzeugs auf dem benachbarten Gleis erfasst und es wird ein Vergleich zwischen dem Fahrkanal des Schienenfahrzeugs auf dem benachbarten Gleis und den Abmessungen und der Position des Schienenfahrzeugs durchgeführt, um zu ermitteln, ob das Schienenfahrzeug zumindest teilweise aus dem Fahrkanal herausragt. Alternativ oder zusätzlich kann auch ein Vergleich der Abmessungen und der Position des Schienenfahrzeugs auf dem benachbarten Gleis mit der Position und den Abmessungen des Fahrkanals des beobachtenden bzw. überwachenden Schienenfahrzeugs erfolgen. Möglicherweise steht aus dem auf dem benachbarten Gleis befindlichen Schienenfahrzeug ein Objekt hervor, welches Schienenfahrzeuge auf dem Gleis, auf dem das detektierende Schienenfahrzeug fährt, gefährdet. Wird durch eine Sensormessung ermittelt, dass das hervorstehende Objekt in den diesseitigen Fahrkanal hineinragt, so kann ebenfalls eine Gefahrenmeldung herausgegeben werden, um Schienenfahrzeuge, die auf dem Gleis des beobachtenden Schienenfahrzeugs fahren, zu warnen oder selbst eine Kollision zu verhindern.

[0042] Analog kann auch ein Vergleich der Abmessungen und der Position des Schienenfahrzeugs, welches auf dem benachbarten Gleis fährt, mit Fahrkanälen auf anderen Gleisen oder auch Lichtraumweiten von Infrastruktur am Rand eines Schienenstrangs erfolgen, um Gefahren einer Kollision von Zügen auf anderen Gleisen oder der Infrastruktur mit dem detektierten Schienenfahrzeug ermitteln und einschätzen zu können. Vorteilhaft wird durch diese Ausgestaltungen die Sicherheit des überwachten Schienennetzes weiter verbessert.

[0043] Bevorzugt wird für die Umgebungserkennung bzw. Positionsbestimmung mindestens eine Art der folgenden Typen von Sensordaten erfasst:

- Satellitennavigationsdaten,
- IMU-Daten,
- Geschwindigkeitssensordaten,
- Odometriedaten,
- infrastrukturbasierte Positionsdaten, vorzugsweise von Beacons,
- in der Umgebung des Schienenfahrzeugs detektierte Merkmalsdaten, die mit einer Landkarte abgleichbar sind.

[0044] Als IMU-Daten sind Daten einer inertialen

Messeinheit zu verstehen, welche im Englischen als "inertial measurement unit" bezeichnet wird.

[0045] Unter einem Beacon ist eine sogenannte Funkbake zu verstehen.

[0046] Die Merkmalsdaten können beispielsweise Landmarken oder den Gleiskörper umfassen.

[0047] Die erfassten Sensordaten können auch kombiniert werden, um die Position und Orientierung des Schienenfahrzeugs oder die Position von Objekten in der Umgebung des Schienenfahrzeugs genauer ermitteln zu können. Beispielsweise sind bestimmte Sensoren besonders geeignet für bestimmte Wetterbedingungen. Gegebenenfalls können diese Sensordaten entsprechend den aktuellen Wetterbedingungen derart gewichtet werden, dass ein besonders präzises Messergebnis erreicht wird.

[0048] Einzelne Sensoren des Schienenfahrzeugs können auch mit einer Landkarte kalibriert werden, um Effekte der Vibration, der Drift in einer extrinsischen Kalibration der Sensoren des Schienenfahrzeugs zu korrigieren.

[0049] Eine solche Kalibration kann folgende Schritte umfassen:

- Verwenden einer geschätzten Position und Orientierung des Schienenfahrzeugs als Startpunkt,
- Verfeinern der Position und Orientierung des Sensors in der Karte durch Abgleich mit Landmarken und anderen Merkmalen, die in der Umgebung des Schienenfahrzeugs detektiert wurden.

[0050] Vorteilhaft wird eine Kalibration und Justierung der für die Umgebungsüberwachung genutzten Sensorik erreicht, so dass eine Gefahrenermittlung aufgrund der präziseren Datengrundlage genauer und zuverlässiger wird.

[0051] Die Auswertung der von dem Schienenfahrzeug erfassten Sensordaten für eine Objektdetektion bzw. Hindernisdetektion kann durch eine Fachperson erfolgen, die mögliche Gefahren bzw. Kollisionsobjekte anhand von auf den erfassten Sensordaten basierenden Bilddaten erkennt. Dieser Vorgang kann in Semi-Echtzeit erfolgen, wobei zunächst die Sensordaten über ein Funknetz an die Person übermittelt werden, oder im Nachhinein, wobei die Daten nur hochgeladen bzw. an die Person übermittelt werden, wenn das Schienenfahrzeug an einem Bahnhof oder einem Depot hält, wo ein Zugang zu einem Netzwerk möglich ist.

[0052] Der Semi-Echtzeit-Betrieb ermöglicht eine zeitnahe Antwort auf ein detektiertes Hindernis. Die Auswertung im Nachhinein kann sehr viel schneller durchgeführt werden, da die Sensordaten mit einer viel höheren Datenrate abgespielt werden können, wobei die Hindernisse erkennbar werden. Allerdings findet sie im Gegensatz zu dem Semi-Echtzeit-Ansatz möglicherweise mit einer deutlichen Zeitverzögerung zu dem Zeitpunkt des Auftretens einer Gefahrenquelle statt.

[0053] Die Sensordaten können auch durch einen

Computer automatisch analysiert werden. Dieser Vorgang kann in Echtzeit erfolgen, wenn die Sensordaten mit einem bordseitigen Rechner analysiert werden, oder im Nachhinein, wenn die Sensordaten zunächst in die Cloud übertragen und dort ausgewertet werden.

[0054] Auch eine Kombination der beiden Vorgehensweisen ist möglich, wobei nur möglicherweise gefährliche Objekte, die automatisiert detektiert wurden, von einer Person nochmals begutachtet werden, um zu ermitteln, ob das detektierte Objekt tatsächlich gefährlich ist. Vorteilhaft muss die automatisierte Detektion nicht so exakt durchgeführt werden, wodurch Rechenkapazität und Datenübertragungskapazität eingespart werden kann und trotzdem eine robuste Gefahrenerkennung erreicht wird.

[0055] Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand von Ausführungsbeispielen noch einmal näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 ein Flussdiagramm, welches ein Verfahren zur Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht,

FIG 2 eine schematische Darstellung eines Szenarios einer Überwachung eines benachbarten Gleises durch ein Schienenfahrzeug gemäß dem in FIG 1 veranschaulichten Verfahren,

FIG 3 eine schematische Darstellung einer Umgebungsüberwachungseinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

FIG 4 eine schematische Darstellung eines Szenarios einer Überwachung eines ersten Schienenfahrzeug auf einem benachbarten Gleis entgegenkommenden zweiten Schienenfahrzeugs,

FIG 5 ein Flussdiagramm, welches ein Verfahren zur Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht.

[0056] In FIG 1 ist ein Flussdiagramm 100 gezeigt, welches ein Verfahren zur Überwachung der Umgebung U eines Schienenfahrzeugs 2 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht.

[0057] Bei dem Schritt 1.1 wird eine Position P_s und eine Orientierung OR_s des überwachenden Schienenfahrzeugs 2 selbst ermittelt. Hierzu werden Satellitennavigationsdaten mit Hilfe eines GNSS-Empfängers sowie Landmarken LM aus der Umgebung des Schienenfahrzeugs 2 mit einem Objektsensor, beispielsweise einem Lidarsensor oder einem Radarsensor oder einer Kamera, erfasst. Die Landmarken LM werden identifiziert und es wird ein Abstand d sowie eine Orientierung des Schienenfahrzeugs zu den Landmarken LM anhand der Sensordaten ermittelt. Auf Basis der ermittelten Position P_s

des Schienenfahrzeugs 2 sowie der relativen Orientierung OR_s des Schienenfahrzeugs 2 zu der Landmarke LM kann eine absolute Orientierung OR_s des Schienenfahrzeugs 2 ermittelt werden.

[0058] Weiterhin werden bei dem Schritt 1.II Kartendaten KD hinzugezogen, die das von dem Schienenfahrzeug 2 befahrene Gleis G1 und ein benachbartes Gleis G2 wiedergeben.

[0059] Die Kartendaten KD in Kombination mit der Kenntnis der Position P_s und der Orientierung OR_s des Schienenfahrzeugs 2 werden dann bei dem Schritt 1.III dazu genutzt, um eine Position P und Abmessungen des dem Schienenfahrzeug 2 benachbarten Gleises G2 bzw. eines Gleisabschnitts GA-G2 des benachbarten Gleises G2 zu ermitteln.

[0060] Bei dem Schritt 1.IV werden 3D-Daten 3D-SD von einem Überwachungsbereich BU erfasst. Der Überwachungsbereich BU umfasst den mitüberwachten Gleisabschnitt GA-G2 des benachbarten Gleises G2 sowie dessen Umgebung U. Beispielsweise umfasst die Umgebung U einen Streifen rechts und links von dem benachbarten Gleis G2, in dem keine störenden Objekte, wie zum Beispiel Vegetation oder Felsbrocken, auftreten sollten, damit die Fahrt eines Schienenfahrzeugs, welches sich auf dem mitüberwachten Gleisabschnitt GA-G2 befindet, nicht durch die Objekte gestört wird.

[0061] Bei dem Schritt 1.V wird ein Objekt O in dem Überwachungsbereich BU auf Basis der bei dem Schritt 1.IV erfassten 3D-Daten 3D-SD detektiert und lokalisiert. Für diesen Schritt kann zum Beispiel eine KI-basierte Bildauswertung mit einer Erkennung bzw. Klassifizierung von Objekten O durchgeführt werden.

[0062] Bei dem Schritt 1.VI wird weiterhin ermittelt, ob das detektierte Objekt O eine Gefahr für den Schienenverkehr darstellen könnte. Diese Ermittlung erfolgt in Abhängigkeit von der Position P und den Abmessungen b des überwachten Gleisabschnitts GA-G2 des benachbarten Gleises G2. Weiterhin werden bei der Gefahrenermittlung die Position P_F und die Abmessungen b_F eines Fahrkanals FK eines auf dem benachbarten Gleis G2 möglicherweise fahrenden Schienenfahrzeugs 2a mit der Position P_O und den Abmessungen des detektierten Objekts O verglichen. Wird aufgrund dieses Vergleichs zum Beispiel ermittelt, dass sich das Objekt O in dem Fahrkanal FK befindet, so wird das Objekt O als gefährlich eingestuft und eine entsprechende Gefahreninformation an eine zentrale Fahrdienstleitung per Funk übermittelt.

[0063] In FIG 2 ist eine schematische Darstellung 20 eines Szenarios einer Überwachung eines benachbarten Gleises G2 durch ein Schienenfahrzeug 2 gemäß dem in FIG 1 veranschaulichten Verfahren gezeigt. Das Schienenfahrzeug 2 fährt in Pfeilrichtung, also von links nach rechts, auf einem ersten Gleis G1, welches in Figur 2 als das obere Gleis bzw. linke Gleis dargestellt ist, und erfasst durch einen Sensor einer Umgebungsüberwachungseinrichtung 30, welcher im Frontbereich des Schienenfahrzeugs 2 angeordnet ist, einen weiten drei-

eckigen Bereich B_D vor dem Schienenfahrzeug 2, der in FIG 2 gestrichelt markiert ist. Der Sensor dient eigentlich dazu, einen Bereich des ersten Gleises G1 vor dem Schienenfahrzeug 2, also in FIG 1 rechts von dem Schienenfahrzeug 2, zu überwachen, um Kollisionen des Schienenfahrzeugs 2 mit einem im Fahrkanal des Schienenfahrzeugs 2 befindlichen Objekt (nicht gezeigt) zu vermeiden.

[0064] Der dreieckige Bereich B_D umfasst einen rechteckigen Überwachungsbereich BU, welcher einen Gleisabschnitt GA-G2 eines dem ersten Gleis G1 benachbarten zweiten Gleises G2, in FIG 2 das untere Gleis bzw. rechte Gleis, einschließt. Dieser Gleisabschnitt GA-G2 wird nun quasi nebenbei bzw. zusätzlich zu dem vor dem Schienenfahrzeug 2 liegenden Abschnitt des ersten Gleises G1 mitüberwacht. Wird nun von der Umgebungsüberwachungseinrichtung 30 in dem Überwachungsbereich BU ein Objekt O detektiert und lokalisiert, so wird dessen Position P_O und dessen Abmessung AB mit der Position P_F eines Fahrkanals FK und dessen Abmessungen b_F auf dem zweiten Gleis G2 verglichen. Wird bei diesem Vergleich ermittelt, dass sich das Objekt O in dem Fahrkanal FK befindet, so wird eine Gefahrenmeldung GI über eine Funkeinheit 21 des Schienenfahrzeugs 2 an eine zentrale Fahrdienstleitung 22 übermittelt. Von der zentralen Fahrdienstleitung 22 können dann auf dem benachbarten Gleis G2 fahrende Schienenfahrzeuge 2a (siehe FIG 4), beispielsweise per Funk, rechtzeitig vor der erkannten Gefahr gewarnt werden.

[0065] In FIG 3 ist eine Umgebungsüberwachungseinrichtung 30 eines Schienenfahrzeugs 2 (siehe FIG 2) gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt. Die Umgebungsüberwachungseinrichtung 30 umfasst eine Gleiserfassungseinheit 31 zum Ermitteln einer Position P und von Abmessungen b eines Gleisabschnitts GA-G2 eines dem Gleis G1, auf dem das Schienenfahrzeug 2 unterwegs ist, benachbarten Gleises G2 (siehe FIG 2). Hierzu erhält die Gleiserfassungseinheit 31 von einer GNSS-Einheit 32a Positionsdaten P_s des Schienenfahrzeugs 2 sowie von zusätzlichen Sensoreinheiten (nicht gezeigt) und auf Basis von Kartendaten KD Informationen über die Orientierung OR_s des Schienenfahrzeugs 2. Weiterhin erhält die Gleiserfassungseinheit 31 von einer 3D-Sensoreinheit 32 3D-Sensordaten 3D-SD von einem Überwachungsbereich BU, welcher den Gleisabschnitt GA-G2 des benachbarten Gleises G2 sowie dessen Umgebung U umfasst. Auf der Basis der empfangenen Sensordaten P_s , OR_s , 3D-SD sowie auf Basis von gespeicherten Kartendaten KD ermittelt die Gleiserfassungseinheit 31 die Position P und die Abmessungen b des benachbarten Gleises G2 bzw. des Gleisabschnitts GA-G2 des benachbarten Gleises G2.

[0066] Die Positionsdaten P und Abmessungen b des benachbarten Gleisabschnitts GA-G2 werden an eine Auswertungseinheit 34 übermittelt, die ebenfalls Teil der Umgebungsüberwachungseinrichtung 30 ist. Weiterhin umfasst die Umgebungsüberwachungseinrichtung 30 ei-

ne Objekterkennungseinheit, die dazu eingerichtet ist, ein Objekt O in der Umgebung U des benachbarten Gleises G2 auf Basis der Sensordaten 3D-SD, welche sie von der 3D-Sensoreinheit 32 empfängt, zu detektieren und zu lokalisieren. Eine solche Detektion kann zum Beispiel durch einen Vergleich mit Vergleichsdaten von dem Gleisabschnitt aus einer Datenbank erfolgen oder durch Anwendung eines KI-basierten Ansatzes. Eine Lokalisierung des detektierten Objekts O in dem Überwachungsbereich BU bzw. eine Ermittlung von Positionsdaten P_O und Abmessungen AB des detektierten Objekts O kann zum Beispiel durch eine Abstandsermittlung und Orientierungsermittlung auf Basis der erfassten 3D-Sensordaten 3D-SD realisiert werden.

[0067] Wie bereits erwähnt, umfasst die Umgebungsüberwachungseinrichtung 30 auch eine Auswertungseinheit 34, welche dazu eingerichtet ist, auf Basis der ermittelten Positionsdaten P_O des detektierten Objekts O sowie der Position P und der Abmessungen b des benachbarten Gleises G2 zu ermitteln, ob das detektierte und lokalisierte Objekt O eine Gefahr für den Schienenverkehr darstellen könnte. Bei dem Objekt O kann es sich zum Beispiel um einen Felsbrocken oder einen umgefallenen Baum handeln. Bei der Gefahrenermittlung kann beispielsweise ermittelt werden, ob das Objekt O in den Fahrkanal FK (siehe FIG 2) eines auf dem benachbarten Gleis G2 fahrenden Schienenfahrzeugs 2a oder in den Fahrkanal eines auf dem eigenen Gleis G1 fahrenden Schienenfahrzeugs hineinragt. Die Gefahrenermittlung erfolgt auf Basis der Kenntnis der Position P und der Abmessungen b des benachbarten Gleises G2 und der Kenntnis der Position P_F und der Abmessungen b_F eines Fahrkanals FK eines auf dem benachbarten Gleis G2 fahrenden Schienenfahrzeugs 2a sowie auf Basis der Kenntnis der Position P_O und der Abmessungen AB des detektierten Objekts O. Wird dabei ermittelt, dass sich das Objekt O in dem Fahrkanal FK befindet, so wird an eine zentrale Fahrdienstleitung 22 (siehe FIG 2) eine Gefahrenmeldung G1 herausgegeben, damit die zentrale Fahrdienstleitung 22 ein auf dem benachbarten Gleis G2 fahrendes Schienenfahrzeug 2a (siehe FIG 4) rechtzeitig warnen kann.

[0068] In FIG 4 ist ein Szenario 40 einer Überwachung eines auf einem ersten Gleis G1 benachbarten zweiten Gleis G2 entgegenkommenden Schienenfahrzeugs 2a durch ein auf dem ersten Gleis G1 fahrendes erstes Schienenfahrzeug 2 veranschaulicht. Das erste Schienenfahrzeug 2 überwacht mit seiner Umgebungsüberwachungseinrichtung 30 einen in Fahrtrichtung, welche mit einem Pfeil gekennzeichnet ist, liegenden dreieckigen Bereich B_D . Teil dieses dreieckigen Bereichs B_D ist auch ein rechteckiger Überwachungsbereich BU, welcher einen Gleisabschnitt GA-G2 des benachbarten Gleises G2 umfasst. In dem rechteckigen Überwachungsbereich BU befindet sich gerade ein dem ersten Schienenfahrzeug 2 entgegenkommendes zweites Schienenfahrzeug 2a. Das zweite Schienenfahrzeug 2a hat eine Last L geladen, die allerdings nicht hinreichend

fest auf dem zweiten Schienenfahrzeug 2a fixiert ist, so dass sie bereits nach rechts, d. h. in Richtung des ersten Gleises G1, verrutscht ist und aus dem eigentlich vorgesehenen Fahrkanal FK des zweiten Schienenfahrzeugs 2a nach rechts hin herausragt.

[0069] Mit Hilfe der Umgebungsüberwachungseinrichtung 30 werden nun eine Position P_O und Abmessungen AB des detektierten Objekts bzw. der detektierten Last L ermittelt und es erfolgt ein Vergleich der Position P_O und der Abmessungen AB der detektierten Last L bzw. der Breite b_{2a} des durch die Last L verbreiterten zweiten Schienenfahrzeugs 2 mit einer Position P_F und einer maximal erlaubten Breite b_F eines Fahrkanals FK auf dem zweiten Gleis G2. Falls durch den Vergleich ermittelt wird, dass die Last L aus dem Fahrkanal FK des zweiten Gleises G2 herausragt, so wird daraus gefolgert, dass sich die Last L gelöst hat bzw. nicht vorschriftsmäßig auf dem zweiten Schienenfahrzeug 2a befestigt ist. In diesem Fall wird ermittelt, dass das zweite Schienenfahrzeug 2a eine Gefahr für andere Schienenfahrzeuge darstellen könnte.

[0070] Zusätzlich oder alternativ kann auch ein Vergleich der Position P_O und der Abmessungen AB des detektierten Objekts bzw. der detektierten Last L bzw. der Breite b_{2a} des zweiten Schienenfahrzeugs 2 mit der Position und einer maximal erlaubten Breite eines Fahrkanals eines Schienenfahrzeugs auf dem ersten Gleis G1 erfolgen. Wird auf Basis dieses zusätzlichen Vergleichs ermittelt, dass die Last L in den Fahrkanal auf dem ersten Gleis G1 hineinragt, so kann ebenfalls eine Gefahrenmeldung herausgegeben werden, die besagt, dass durch das zweite Schienenfahrzeug 2a eine Gefahr für auf dem ersten Gleis G1 fahrende Schienenfahrzeuge besteht.

[0071] In FIG 5 ist ein Flussdiagramm 500 gezeigt, welches ein Verfahren zur Überwachung der Umgebung eines Schienenfahrzeugs 2 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht. Bei dem in FIG 5 dargestellten Verfahren wird auf ein in FIG 4 gezeigtes Szenario 40 reagiert. Zunächst werden wie bei dem Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel bei dem Schritt 5.I eine Position P_S und eine Orientierung OR_S eines ersten Schienenfahrzeugs 2 ermittelt. Wie bereits erwähnt, werden hierzu Satellitennavigationsdaten mit Hilfe eines GNSS-Empfängers sowie Landmarken LM in der Umgebung des Schienenfahrzeugs 2 sensoriell erfasst. Die Landmarken LM werden identifiziert und es wird ein Abstand d sowie eine Orientierung des ersten Schienenfahrzeugs 2 zu einer Landmarke LM anhand der Sensordaten ermittelt. Auf Basis der ermittelten Position P_S des Schienenfahrzeugs 2 sowie der relativen Orientierung des Schienenfahrzeugs 2 zu der Landmarke LM kann eine absolute Orientierung OR_S des Schienenfahrzeugs 2 ermittelt werden.

[0072] Weiterhin werden bei dem Schritt 5.II Kartendaten KD hinzugezogen, die das von dem Schienenfahrzeug 2 befahrene Gleis G1 und ein benachbartes Gleis G2 wiedergeben.

[0073] Die Kartendaten KD in Kombination mit der Kenntnis der Position P_s und der Orientierung OR_s des Schienenfahrzeugs 2 werden dann bei dem Schritt 5.III dazu genutzt, um eine Position P und Abmessungen b des dem Schienenfahrzeug 2 benachbarten Gleises G2 bzw. eines Gleisabschnitts GA-G2 auf dem benachbarten Gleis G2, auch kurz als benachbarter Gleisabschnitt GA-G2 bezeichnet, zu ermitteln.

[0074] Bei dem Schritt 5.IV werden 3D-Daten 3D-SD von einem Überwachungsbereich BU erfasst. Der Überwachungsbereich BU umfasst den Gleisabschnitt GA-G2 des benachbarten Gleises G2 sowie dessen Umgebung U. Beispielsweise umfasst die Umgebung U einen Streifen rechts und links von dem benachbarten Gleis G2, in dem keine störenden Objekte, wie zum Beispiel Vegetation oder Felsbrocken, auftreten sollten.

[0075] Bei dem Schritt 5.V wird ein zweites Schienenfahrzeug 2a in dem Überwachungsbereich BU auf Basis der 3D-Daten 3D-SD detektiert und lokalisiert.

[0076] Anschließend werden bei dem Schritt 5.VI die Abmessungen b_{2a} des zweiten Schienenfahrzeugs 2a auf Basis der 3D-Daten 3D-SD ermittelt und es erfolgt ein Vergleich der Breite b_{2a} des zweiten Schienenfahrzeugs 2a an der breitesten Stelle des Schienenfahrzeugs 2a mit einer maximal zulässigen Fahrkanalbreite b_F für das zweite Gleis G2. Beispielsweise kann die Breite b_{2a} durch eine heraushängende verschobene Last L auf dem zweiten Schienenfahrzeug 2a derart erhöht sein, dass die Last aus dem maximal erlaubten Fahrkanal FK herausragt. Damit ist klar, dass die Last L nicht korrekt auf dem zweiten Schienenfahrzeug 2a befestigt ist und damit ein Sicherheitsrisiko darstellt. Für den Fall, dass eine solche Überschreitung der Grenzen des Fahrkanals FK durch die Last L ermittelt wurde, was in FIG 5 mit "j" gekennzeichnet ist, wird zu dem Schritt 5.VII übergegangen und eine entsprechende Gefahrenmeldung GI beispielsweise an das zweite Schienenfahrzeug 2a und eine zentrale Fahrdienstleitung übermittelt. Wird keine Überschreitung der Grenzen der maximal zulässigen Breite b_F des Fahrkanals FK des zweiten Gleises G2 durch die Last L ermittelt, was in FIG 5 mit "n" gekennzeichnet ist, so wird keine Gefahrenmeldung GI herausgegeben und zu dem Schritt 5.I zurückgekehrt und der Überwachungsvorgang wird wiederholt.

[0077] Es wird abschließend noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den vorbeschriebenen Verfahren und Vorrichtungen lediglich um bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung handelt und dass die Erfindung vom Fachmann variiert werden kann, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen, soweit er durch die Ansprüche vorgegeben ist. Es wird der Vollständigkeit halber auch darauf hingewiesen, dass die Verwendung der unbestimmten Artikel "ein" bzw. "eine" nicht ausschließt, dass die betreffenden Merkmale auch mehrfach vorhanden sein können. Ebenso schließt der Begriff "Einheit" nicht aus, dass diese aus mehreren Komponenten besteht, die gegebenenfalls auch räumlich verteilt sein können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur bordseitigen Überwachung der Umgebung (U) eines Schienenfahrzeugs (2), aufweisend die Schritte:

- Erfassen von Sensordaten (3D-SD) von einem Überwachungsbereich (BU), welcher einen Gleisabschnitt (GA-G2) eines Gleises (G2), welches einem Gleis (G1), auf dem sich das Schienenfahrzeug (2) bewegt, benachbart ist, sowie dessen Umgebung (U) umfasst,
- Detektieren und Lokalisieren eines Objekts (O, L, 2a) in dem Überwachungsbereich (BU) auf Basis der Sensordaten (3D-SD), wobei eine Position (P_o) und die Abmessungen (AB, b_{2a}) des detektierten und lokalisierten Objekts (O, L, 2a) ermittelt werden,
- Ermitteln, ob das detektierte Objekt (O, L, 2a) eine Gefahr für den Schienenverkehr darstellen könnte, in Abhängigkeit von

- den erfassten Sensordaten (3D-SD) und
- der Position (P_o) und den Abmessungen (AB, b_{2a}) des detektierten und lokalisierten Objekts (O, L, 2a).

2. Verfahren nach Anspruch 1, aufweisend die Schritte:

- Ermitteln einer Position (P) und von Abmessungen (b) des Gleisabschnitts (GA-G2) des dem Gleis (G1), auf dem sich das Schienenfahrzeug (2) bewegt, benachbarten Gleises (G2) auf Basis

- einer Position (P_s) und Orientierung (OR_s) des Schienenfahrzeugs (2) und
- auf Basis von Kartendaten (KD), umfassend das vom Schienenfahrzeug (2) befahrene Gleis (G1) und das benachbarte Gleis (G2),

wobei bei dem Ermitteln, ob das detektierte Objekt (O, L, 2a) eine Gefahr für den Schienenverkehr darstellen könnte, ein Vergleich der Position (P_o) und der Abmessungen (AB) des detektierten und lokalisierten Objekts (O, L, 2a) mit der Position (P) und den Abmessungen (b) des überwachten Gleisabschnitts (GA-G2) des benachbarten Gleises (G2) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Ermittlung, ob das detektierte Objekt (O, L, 2a) eine Gefahr für ein Schienenfahrzeug auf dem ersten Gleis (G1) darstellen könnte, die Schritte umfasst:

- Ermitteln der Position (P_F) und der Abmessungen (b_F) eines ersten Fahrkanals (FK) eines auf

- dem benachbarten Gleis (G2) fahrenden Schienenfahrzeugs (2a) und/oder
- Ermitteln der Position und der Abmessungen eines zweiten Fahrkanals eines auf dem von dem überwachenden Schienenfahrzeug (2) befahrenen Gleis (G1) fahrenden Schienenfahrzeugs und
 - Vergleichen der ermittelten Position (P_F) und der Abmessungen (b_F) des ersten und/oder zweiten Fahrkanals (FK) mit der ermittelten Position (P_O) und den Abmessungen (AB, b_{2a}) des detektierten und lokalisierten Objekts (O, L, 2a).
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Position (P_s) und Orientierung (OR_s) des überwachenden Schienenfahrzeugs (2) ermittelt wird auf Basis von
- einer GNSS-basierten Positions- und Orientierungsschätzung und/oder
 - Sensordaten (3D-SD) von der Umgebung des Schienenfahrzeugs (2) und
 - einer Positions- und Orientierungsschätzung, welche auf Merkmalen in der Umgebung des Schienenfahrzeugs (2), welche mit einer Landkarte (LK) vergleichbar sind, basiert.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Merkmale umfassen:
- Landmarken,
 - den Gleiskörper,
 - markante Objekte in der Umgebung des überwachenden Schienenfahrzeugs (2).
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei als Sensordaten 3D-Daten (3D-SD) von dem Überwachungsbereich (BU) erfasst und/oder erzeugt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei als 3D-Daten (3D-SD) von dem Überwachungsbereich (BU) des benachbarten Gleises (G2) Tiefensensordaten erfasst werden.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei die 3D-Daten (3D-SD) durch eine der folgenden Vorrichtungen erfasst werden:
- eine Lidareinheit,
 - eine Stereokamera.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei die 3D-Daten (3D-SD) in einer der folgenden Darstellungsarten wiedergegeben werden:
- durch ein Tiefenbild,
 - durch eine Punktwolke.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die 3D-Daten (3D-SD) auf Basis
- von Videodaten von einer Mono-Kamera und
 - auf Basis der Detektion des optischen Flusses der erfassten Videodaten ermittelt werden.
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Klassifizierung des detektierten Objekts (O) erfolgt und die Gefahrenermittlung auf Basis der ermittelten Klasse des detektierten Objekts (O) erfolgt.
12. Umgebungsüberwachungseinrichtung (30), aufweisend:
- eine Sensoreinheit (32) zum Erfassen von Sensordaten (3D-SD) von einem Überwachungsbereich (BU), welcher den Gleisabschnitt (GA-G2) eines Gleises (G2), welches einem Gleis (G1), auf dem sich das Schienenfahrzeug (2) bewegt, benachbart ist, sowie dessen Umgebung (U) umfasst,
 - eine Objekterkennungseinheit (33) zum Detektieren und Lokalisieren eines Objekts (O, L, 2a) in dem Überwachungsbereich (BU) des benachbarten Gleises (G2) auf Basis der Sensordaten (3D-SD), wobei eine Position (P_O) und die Abmessungen (AB, b_{2a}) des detektierten und lokalisierten Objekts (O, L, 2a) ermittelt werden, und
 - eine Auswertungseinheit (34) zum Ermitteln, ob das detektierte Objekt (O, L, 2a) eine Gefahr für den Schienenverkehr darstellen könnte, in Abhängigkeit von
 - den Sensordaten (3D-SD) und
 - einer Position (P_O) und den Abmessungen (AB, b_{2a}) des detektierten und lokalisierten Objekts (O, L, 2a).
13. Schienenfahrzeug (2), aufweisend eine Umgebungsüberwachungseinrichtung (30) nach Anspruch 12.
14. Computerprogrammprodukt mit einem Computerprogramm, welches direkt in eine Speichereinheit einer Steuereinrichtung eines Schienenfahrzeugs (2) ladbar ist, mit Programmabschnitten, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 auszuführen, wenn das Computerprogramm in der Steuereinrichtung ausgeführt wird.
15. Computerlesbares Medium, auf welchem von einer Rechneinheit ausführbare Programmabschnitte gespeichert sind, um alle Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 auszuführen, wenn die Programmabschnitte von der Rechneinheit

heit ausgeführt werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

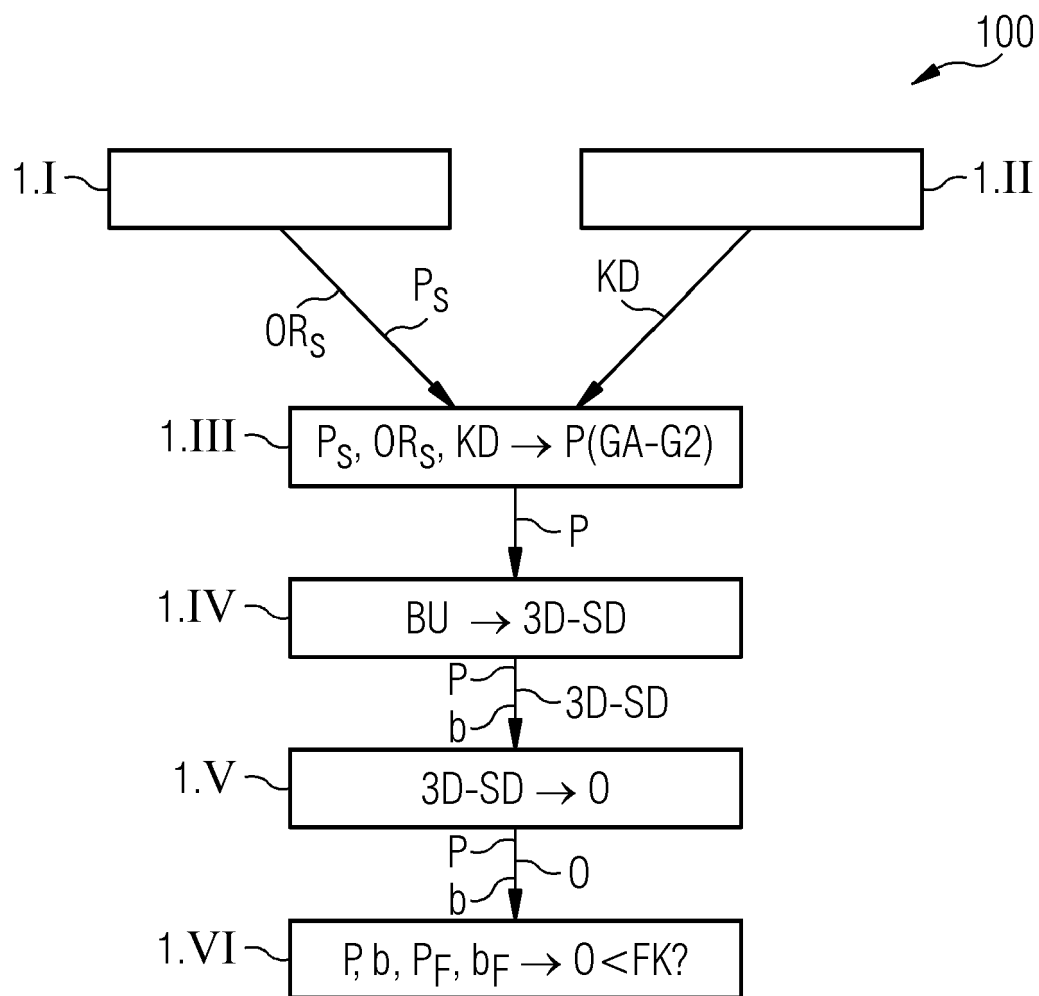


FIG 2

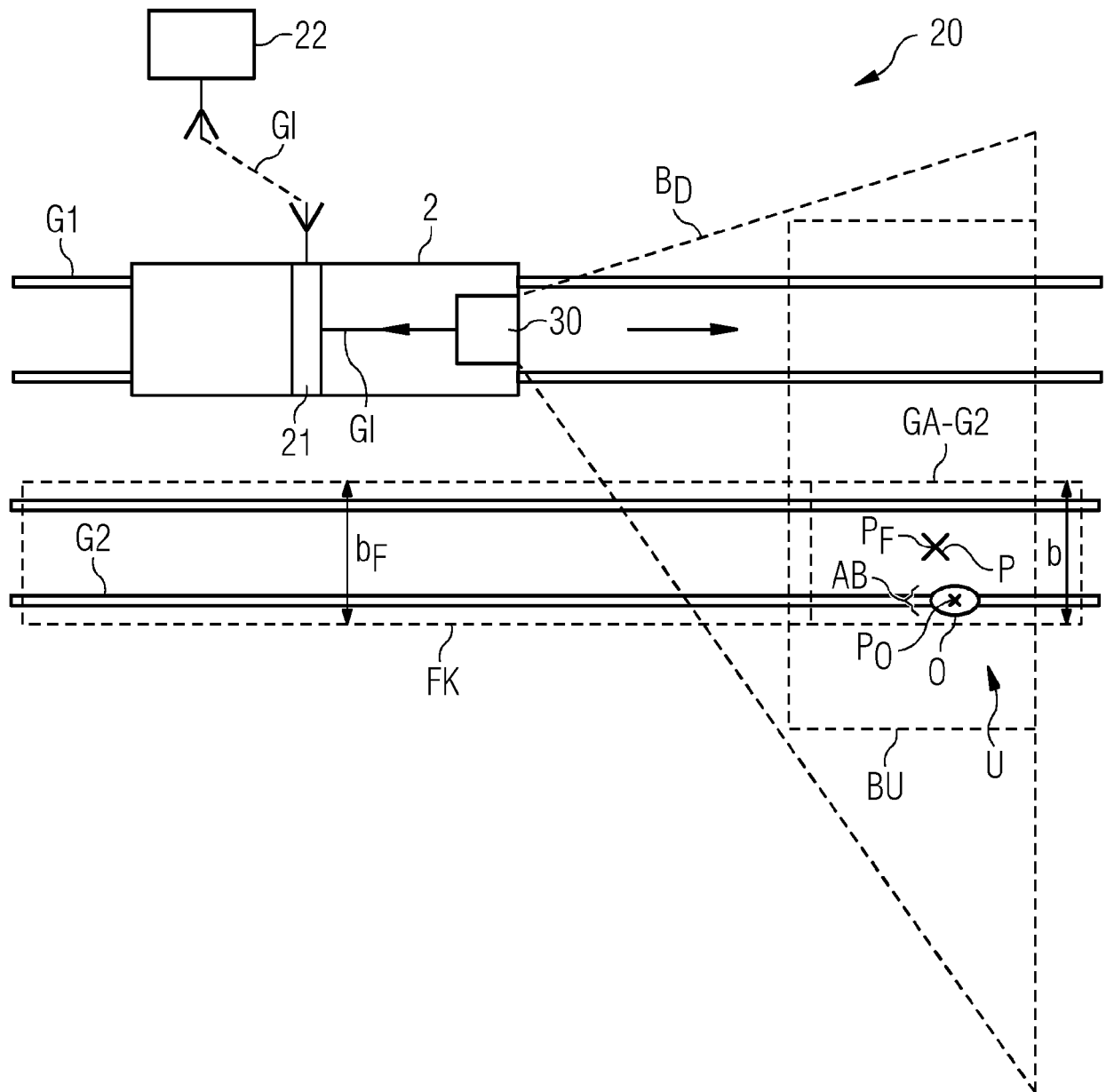


FIG 3

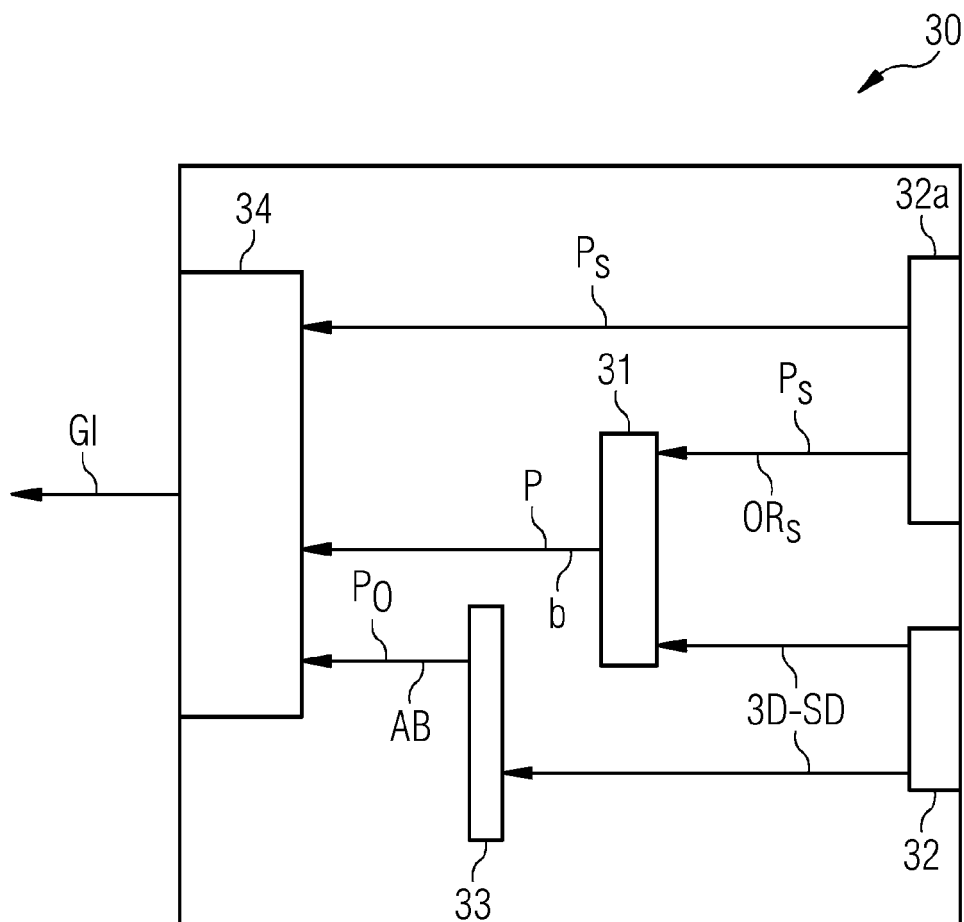


FIG 4

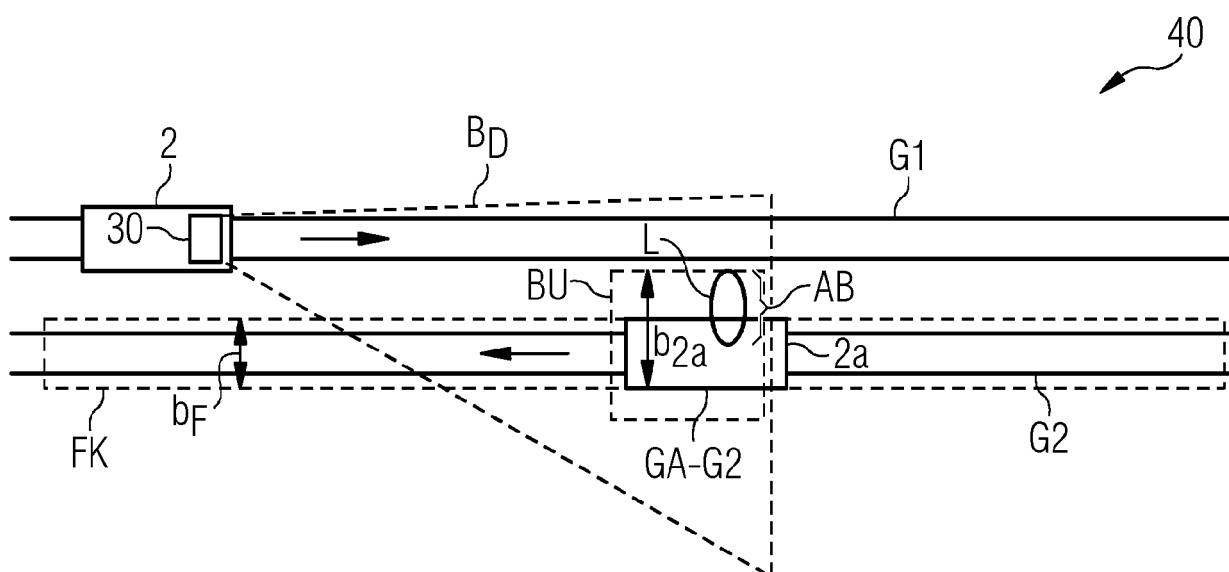
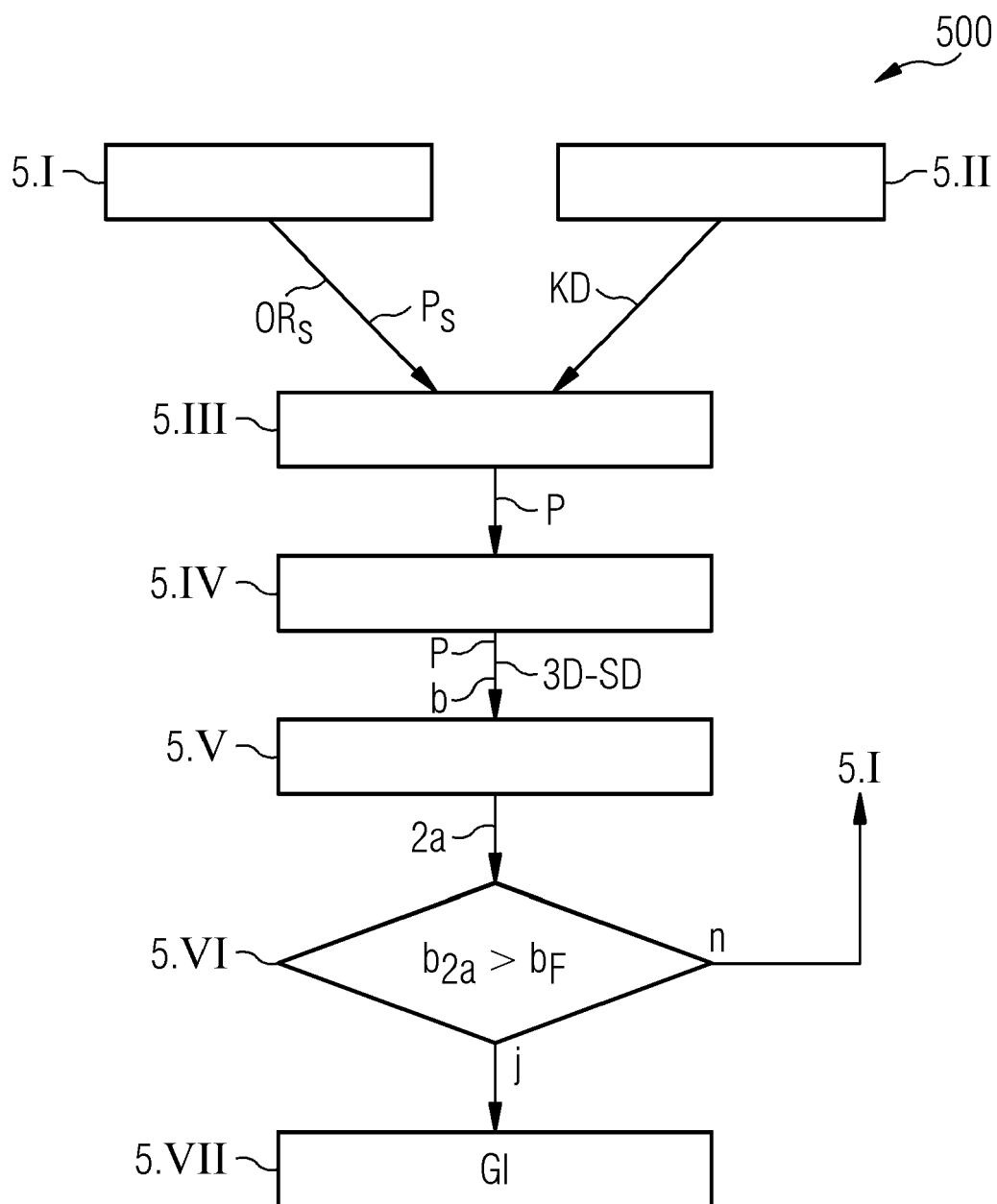


FIG 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 20 3168

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

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)
Y	WO 2019/244425 A1 (HITACHI LTD [JP]) 26. Dezember 2019 (2019-12-26) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,3,13 * * Absätze [0001], [0012] - [0034] * * Absätze [0037] - [0041] * * Absätze [0064] - [0074], [0093] * -----	1-15	INV. B61L23/04
Y	US 2006/030977 A1 (KLAUSING HELMUT G [DE] ET AL) 9. Februar 2006 (2006-02-09) * Absätze [0013] - [0029]; Abbildungen * -----	1-15	
Y	EP 3 705 371 A1 (TOSHIBA KK [JP]; TOSHIBA INFRASTRUCTURE SYSTEMS & SOLUTIONS CORP [JP]) 9. September 2020 (2020-09-09) * Absätze [0009] - [0022], [0031] - [0042]; Abbildungen * -----	1-10, 12-15	
X,P	WO 2021/194744 A1 (BNSF RAILWAY CO [US]) 30. September 2021 (2021-09-30) * das ganze Dokument * -----	1,11-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. März 2022	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 21 20 3168

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.

31-03-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	WO 2019244425	A1	26-12-2019	JP 2019218035	A	26-12-2019
				WO 2019244425	A1	26-12-2019
15	US 2006030977	A1	09-02-2006	AT 334859	T	15-08-2006
				CN 1720162	A	11-01-2006
				DE 10260555	A1	01-07-2004
				EP 1572517	A1	14-09-2005
20				US 2006030977	A1	09-02-2006
				WO 2004058555	A1	15-07-2004
	EP 3705371	A1	09-09-2020	CN 111295321	A	16-06-2020
				EP 3705371	A1	09-09-2020
25				JP 2019084881	A	06-06-2019
				WO 2019088267	A1	09-05-2019
	WO 2021194744	A1	30-09-2021	US 2021291881	A1	23-09-2021
				WO 2021194744	A1	30-09-2021

EPO FORM P0461

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