



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.12.2022 Patentblatt 2022/51

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 23/04 ^(2006.01) **B61L 25/02** ^(2006.01)
B61L 15/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22166893.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 23/041; **B61L 15/0072**; **B61L 25/021**

(22) Anmeldetag: **06.04.2022**

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

(72) Erfinder:
• **Brämer, Emanuel**
12355 Berlin (DE)
• **Müller, Dominik**
82223 Eichenau (DE)
• **Weiss, Kristian**
13187 Berlin (DE)
• **Ziroff, Andreas**
81671 München (DE)
• **Zoeke, Dominik**
91448 Emskirchen (DE)

(30) Priorität: **15.06.2021 DE 102021206083**

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

(54) **SELBSTJUSTIERENDE UMFELDERFASSUNGSEINRICHTUNG FÜR SCHIENENFAHRZEUGE**

(57) Es wird eine Umfelderfassungseinrichtung (3) für ein Schienenfahrzeug (2) beschrieben. Die Umfelderfassungseinrichtung (3) weist eine Schienenstreckenerfassungseinheit (5) auf, welche dazu eingerichtet ist, eine Position (P) und einen Verlauf (VL) einer Schienenstrecke (1) im Umfeld des Schienenfahrzeugs (2) zu detektieren. Die Umfelderfassungseinrichtung (3) umfasst auch eine Umfelderfassungseinheit (6), welche in einer festen Orientierungsbeziehung zur Schienenstreckenerfassungseinheit (5) angeordnet ist und dazu eingerichtet ist, das Umfeld des Schienenfahrzeugs (2) zu erfassen. Weiterhin umfasst die Umfelderfassungseinrichtung (3) auch eine Lagerungseinheit (4) für eine gemeinsame Lagerung der Schienenstreckenerfassungseinheit (5) und der Umfelderfassungseinheit (6) und zudem eine Steuerungseinheit (7). Die Schienenstreckenerfassungseinheit (5) und die Umfelderfassungseinheit (6) sind durch die Lagerungseinheit (4) orientierungsstabil gelagert. Die Steuerungseinheit (7) ist dazu ausgebildet, die Orientierung (0) der Umfelderfassungseinheit (6) auf die detektierte Position (P) und den detektierten Verlauf (VL) der Schienenstrecke (1) auszurichten, so dass der Bereich der Schienenstrecke (1) und das Umfeld der Schienenstrecke (1) durch die Umfelderfassungseinheit (6) erfassbar sind. Es wird auch ein Umfelderfassungsverfahren beschrieben. Weiterhin wird ein Schienenfahrzeug (2) beschrieben.

FIG 1

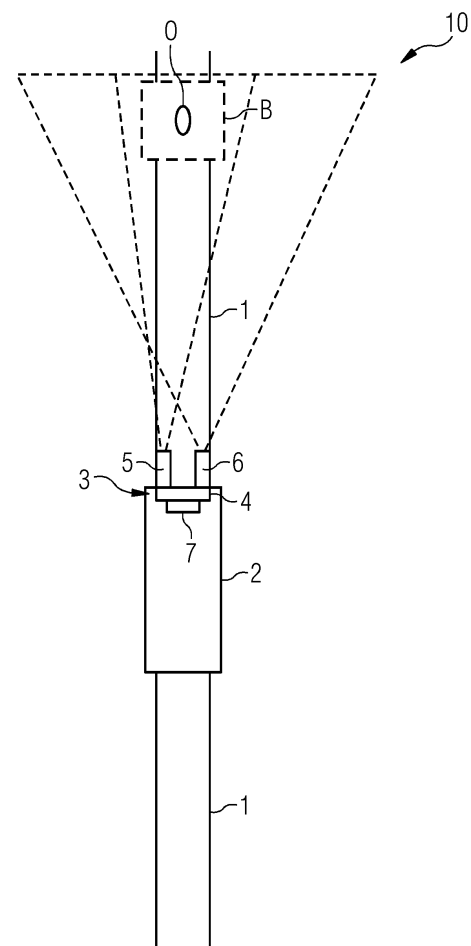
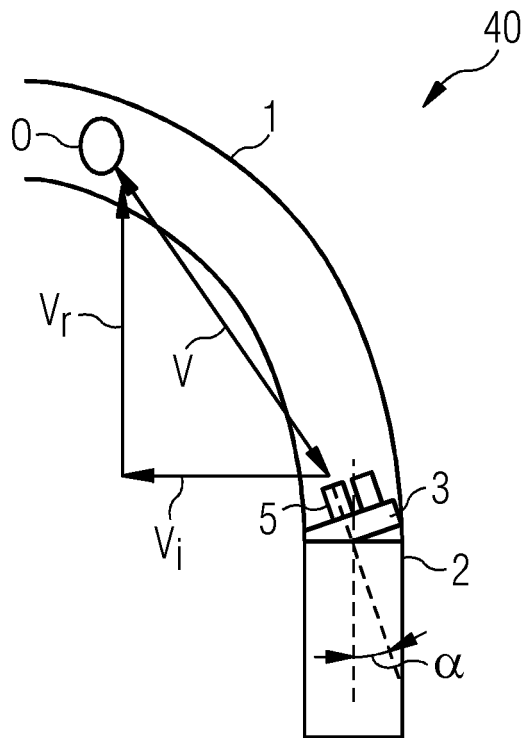


FIG 4



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Umfelderkfassungseinrichtung. Die Erfindung betrifft auch ein Umfelderkfassungsverfahren. Überdies betrifft die Erfindung ein Schienenfahrzeug.

[0002] Aufgrund der langen Bremswege im Schienenverkehr werden für das assistierte Fahren oder gar autonome Fahren von Schienenfahrzeugen Sensoreinrichtungen benötigt, mit denen ein von dem Schienenfahrzeug weit entfernt liegender Bereich, insbesondere im Umfeld der von dem Schienenfahrzeug befahrenen Schienenstrecke, überwacht werden kann. Die bisher verwendeten Sensoren weisen allerdings in der Regel nur eine geringe Auflösung auf, so dass bisher eine Klassifizierung bzw. Erkennung unterschiedlicher Objekte über große Entfernungen nicht möglich ist.

[0003] Herkömmlich überblickt ein Zugführer die vorausliegende Strecke und reagiert adäquat auf Hindernisse, Gefahren und Signale, die er visuell erfassen kann. Es wäre wünschenswert, derartige Funktionen zu automatisieren, um die Sicherheit im Schienenverkehr zu erhöhen und gegebenenfalls sogar Personal einzusparen. Für größere Distanzen ist eine Automatisierung dieser Funktionen allerdings bisher noch nicht möglich.

[0004] Es besteht also die Aufgabe, eine Objekterfassung und eine Objektidentifizierung auch über weite Entfernungen zu ermöglichen.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Umfelderkfassungseinrichtung für ein Schienenfahrzeug gemäß Patentanspruch 1, ein Umfelderkfassungsverfahren gemäß Patentanspruch 12 und ein Schienenfahrzeug gemäß Patentanspruch 13 gelöst.

[0006] Die erfindungsgemäße Umfelderkfassungseinrichtung für ein Schienenfahrzeug weist eine Schienenstreckenerfassungseinheit auf, welche dazu eingerichtet ist, eine Position und einen Verlauf einer Schienenstrecke im Umfeld des Schienenfahrzeugs, vorzugsweise im Frontbereich vor dem Schienenfahrzeug, zu detektieren. Teil der erfindungsgemäßen Umfelderkfassungseinrichtung ist auch eine Umfelderkfassungseinheit, welche in einer festen Orientierungsbeziehung zur Schienenstreckenerfassungseinheit angeordnet bzw. ausgerichtet ist und dazu eingerichtet ist, das ebenfalls vorzugsweise im Frontbereich vor dem Schienenfahrzeug befindliche Umfeld des Schienenfahrzeugs und den Schienenverlauf bzw. die Schienenstrecke, welche gegebenenfalls Teil des Umfelds ist, zu erfassen. Als feste Orientierungsbeziehung soll verstanden werden, dass die relative Orientierung der Schienenstreckenerfassungseinheit und der Umfelderkfassungseinheit stets konstant sind. Sie können beispielsweise gleich bzw. parallel ausgerichtet sein oder derart ausgerichtet sein, dass sich eine Überschneidung ihres Sichtfelds in einem vorbestimmten Bereich in einem vorbestimmten Abstand ergibt. Weiterhin umfasst die erfindungsgemäße Umfelderkfassungseinrichtung eine für die Schienenstreckenerfassungseinheit und die Umfelderkfassungseinheit gemeinsame Lagerung bzw.

Lagerungseinheit. Zudem umfasst die erfindungsgemäße Umfelderkfassungseinrichtung eine Steuerungseinheit.

[0007] Die Lagerungseinheit ist dazu eingerichtet, die Schienenstreckenerfassungseinheit und die Umfelderkfassungseinheit orientierungsstabil zu lagern. Als orientierungsstabile Lagerung soll in diesem Zusammenhang verstanden werden, dass eine durch die Steuerungseinheit eingestellte vorzugsweise gemeinsame Orientierung der Schienenstreckenerfassungseinheit und der Umfelderkfassungseinheit durch die Lagerung beibehalten wird, auch wenn das Schienenfahrzeug seine Orientierung ändert. Die Lagerung muss also eine Drehbewegung oder Schwenkbewegung des Schienenfahrzeugs relativ zu der Schienenstreckenerfassungseinheit und der Umfelderkfassungseinheit ermöglichen, ohne dass diese Bewegung des Schienenfahrzeugs auf die Schienenstreckenerfassungseinheit und die Umfelderkfassungseinheit übertragen wird. Die Steuerungseinheit ist dazu ausgebildet, die Orientierung der Umfelderkfassungseinheit auf die detektierte Position und den von der Schienenstreckenerfassungseinheit detektierten Verlauf der Schienenstrecke auszurichten, so dass der Bereich der Schienenstrecke und das Umfeld der Schienenstrecke durch die Umfelderkfassungseinheit erfassbar ist. Anders ausgedrückt, findet eine selbstjustierende Überwachung einer vorzugsweise vor einem Schienenfahrzeug liegenden Schienenstrecke statt, indem die Schienenstrecke durch die Schienenstreckenerfassungseinheit detektiert und lokalisiert wird und diese zusammen mit der Umfelderkfassungseinheit auf einen zu überwachenden Abschnitt der Schienenstrecke ausgerichtet wird. Die eigentliche Überwachung und Identifizierung von Objekten im Beobachtungsbereich wird dann auf Basis von Daten der Umfelderkfassungseinheit durchgeführt. Ändert sich der Verlauf der Schienenstrecke, so wird diese Änderung durch die Schienenstreckenerfassungseinheit detektiert und die Umfelderkfassungseinheit wird zusammen mit der Schienenstreckenerfassungseinheit durch die Steuerungseinheit exakt auf den Beobachtungsbereich um die Schienenstrecke ausgerichtet bzw. entsprechend nachgeführt. Durch die automatisierte Nachführung kann die Ausdehnung des Sichtfelds der Umfelderkfassungseinheit im Vergleich zu einer Sensoreinheit ohne eine solche Nachführung um ein bis zwei Größenordnungen reduziert werden. Diese Reduktion ist mit einer Verbesserung der Richtschärfe, der Auflösung und der Reichweite der Umfelderkfassungseinheit verbunden.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Umfelderkfassungsverfahren werden eine Position und ein Verlauf einer Schienenstrecke im Umfeld eines Schienenfahrzeugs durch eine Schienenstreckenerfassungseinheit detektiert. Das Umfeld des Schienenfahrzeugs wird durch eine Umfelderkfassungseinheit, welche in einer festen Orientierungsbeziehung zur Schienenstreckenerfassungseinheit angeordnet ist, erfasst.

[0009] Die Schienenstreckenerfassungseinheit und

die Umfeldfassungseinheit werden durch eine gemeinsame Lagerungseinheit orientierungsstabil gelagert.

[0010] Die Orientierung der Umfeldfassungseinheit wird durch eine Steuerungseinheit auf den detektierten Verlauf der Schienenstrecke ausgerichtet, so dass der Bereich der Schienenstrecke und das Umfeld der Schienenstrecke durch die Umfeldfassungseinheit erfassbar ist. Das erfindungsgemäße Umfeldfassungungsverfahren teilt die Vorteile der erfindungsgemäßen Umfeldfassungseinrichtung.

[0011] Das erfindungsgemäße Schienenfahrzeug weist die erfindungsgemäße Umfeldfassungseinrichtung auf. Das erfindungsgemäße Schienenfahrzeug teilt die Vorteile der erfindungsgemäßen Umfeldfassungseinrichtung.

[0012] Einige Komponenten der erfindungsgemäßen Umfeldfassungseinrichtung können, gegebenenfalls nach Ergänzung um Hardwaresysteme, wie zum Beispiel eine Sensoreinheit und mechanische Komponenten einer Lagerungseinheit, zum überwiegenden Teil in Form von Softwarekomponenten ausgebildet sein. Dies betrifft insbesondere Teile der Steuerungseinheit und der Lagerungseinheit.

[0013] Grundsätzlich können diese Komponenten aber auch zum Teil, insbesondere wenn es um besonders schnelle Berechnungen geht, in Form von software-unterstützter 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.

[0014] 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.

[0015] 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

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] In einer Variante der erfindungsgemäßen Umfeldfassungseinrichtung umfasst die Lagerungseinheit einen Gimbal. Als Gimbal ist eine motorisierte Lagerungseinheit zu verstehen, die Bewegungen einer Sensoreinheit flüssiger machen bzw. eine Stabilisierung eines Beobachtungs- oder Aufnahmebereichs bewirken kann. Auf dem Gimbal sind dann die Schienenstreckenerfassungseinheit und die Umfeldfassungseinheit in einer festen Orientierungsbeziehung angeordnet. Vorteilhaft müssen die beiden Sensoreinheiten nur einmal vorab aufeinander kalibriert werden, was ihre Orientierung angeht, da sie beide eine feste Orientierungsbeziehung zueinander haben, die sich während des Betriebs auch nicht mehr ändern kann.

[0019] Ein solcher Gimbal kann als Eingangsgrößen Befehlsdaten zur Ansteuerung einer auf Basis der Sensordaten der Schienenstreckenerfassungseinheit erzeugten oder ermittelten oder einzustellenden Orientierung umfassen. Eingangsgrößen können aber auch Bewegungen des Schienenfahrzeugs, ein sogenannter Sinuslauf sowie Abweichungen der Höhe in Folge von Unebenheiten der Strecke als auch eine aktuelle Steigung umfassen. Vorteilhaft kann eine Nachführung der Sensorik der Umfeldfassungseinrichtung präziser und störungsfreier erfolgen.

[0020] Eine solche Lagerungseinheit kann insbesondere eine kardanische Aufhängung umfassen, durch welche eine ungewollte Richtungsänderung der Sensorik aufgrund äußerer mechanischer Einwirkungen verhindert wird. Vorteilhaft lässt sich die Messgenauigkeit sowohl der Schienenstreckenerfassungseinheit als auch der Umfeldfassungseinheit erhöhen. Durch die Verwendung eines Gimbals lässt sich die Drift des Sichtfelds von passiven Sensoren, beispielsweise optischen Sensoren oder Infrarotsensoren, reduzieren. Damit lassen sich längere "Belichtungszeiten" realisieren, wodurch die Sensitivität der passiven Sensorik verbessert wird.

[0021] Außerdem können inertiale Messeinheiten, Beschleunigungssensorsysteme oder Magnetfeldsensorensysteme zur Orientierungsmessung und Stabilisierung

der Orientierung der Sensorik der Umfelderkennungseinrichtung genutzt werden.

[0022] In einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Umfelderkennungseinrichtung umfasst die Schienenstreckenerfassungseinheit eine passive Erfassungseinheit. Eine solche passive Erfassungseinheit, beispielsweise eine passive Sensoreinheit, kann vorteilhaft mit einem ausgedehnten Sichtfeld ausgestaltet werden.

[0023] Die Schienenstreckenerfassungseinheit kann zum Beispiel als Aufnahmetechnologie eine vorzugsweise passive Infrarotbilderfassung oder eine Lidarsensortechnik verwenden. Sie kann auch eine optische Erfassungseinheit umfassen. Eine passive Infrarotsensoreinheit weist eine hohe Genauigkeit bei der Zielerfassung auf. Allerdings benötigt die Infrarotsensoreinheit Temperaturunterschiede. Lidar ermöglicht eine dreidimensionale Abtastung von Objekten ist allerdings aufgrund der pixelweise Abtastung der Umwelt weniger genau wie passive Sensorik, insbesondere Infrarotsensorik.

[0024] Die Umfelderkennungseinheit ist vorzugsweise dazu ausgebildet, eine der folgenden Erfassungstechniken zu nutzen:

- Radar,
- ein Ultraschallsensorsystem,
- ein laserbasiertes Messsystem, vorzugsweise Lidar,
- ein kamerabasiertes, vorzugsweise stereokamera-basiertes Messsystem.

[0025] Radar eignet sich besonders gut für die Erfassung einer hochgenauen Radarkarte oder von aufgelösten Details, um ein detektiertes Objekt zu klassifizieren bzw. zu identifizieren. Außerdem können die Radardaten komplementär zu passiv erfassten, beispielsweise optischen Daten oder Infrarotdaten genutzt werden, um die Datengrundlage für die Objekterkennung zu erweitern. Radar weist eine sehr gute Tiefenauflösung, insbesondere im Vergleich zu passiven Sensorverfahren auf. Mit Radar kann die laterale Auflösung einer passiven Infrarotkamera komplementär verbessert werden.

[0026] Lidar weist im Vergleich zu Radar eine verbesserte Auflösung auf.

[0027] Stereokameras weisen ebenfalls den Vorteil einer guten Tiefenauflösung auf und verbinden diesen Vorteil mit einer allgemein erhöhten Auflösung im Vergleich zu aktiven Abtastsystemen.

[0028] Mithin sind die Schienenstreckenerfassungseinheit und die Umfelderkennungseinheit der erfindungsgemäßen Umfelderkennungseinrichtung besonders bevorzugt dazu eingerichtet, zueinander komplementäre Daten zu erfassen, die es erlauben, umfassende Information über Objekte im Umfeld eines Schienenfahrzeugs zu ermitteln.

[0029] Ebenfalls bevorzugt ist die Umfelderkennungseinheit der erfindungsgemäßen Umfelderkennungseinrichtung dazu eingerichtet, Daten von mindestens einem der folgenden Datentypen zu erfassen:

- die Relativgeschwindigkeit zwischen einem erfassten Objekt und dem Schienenfahrzeug,
- den Abstand eines erfassten Objekts zu dem Schienenfahrzeug,
- die Ego-Position des Schienenfahrzeugs.

[0030] Die Relativgeschwindigkeit zwischen einem erfassten Objekt und dem Schienenfahrzeug kann zum Beispiel durch eine exakte Messung einer radialen und einer lateralen Dopplerkomponente der von einem detektierten Objekt reflektierten Sensorwellen, vorzugsweise Radarwellen, ermittelt werden. Durch die Nutzung einer orientierungsstabilen Messapparatur können auch langsame Bewegungen gemessen werden. Die entsprechenden Geschwindigkeitswerte lassen sich für eine Klassifizierung und eine Identifizierung eines detektierten Objekts nutzen. Weiterhin lässt sich mit der orientierungsstabilen Messapparatur ein exakter Winkel der Bewegungsrichtung eines detektierten Objekts zu der Ego-geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs ermitteln und so eine Relevanz eines Objekts hinsichtlich eines Kollisionereignisses zuverlässiger ermitteln. Die Kenntnis einer hochgenauen Geschwindigkeitsinformation lässt sich auch zur Stützung bzw. Genauigkeitsverbesserung bei der Ermittlung der Ego-Position eines Schienenfahrzeugs nutzen.

[0031] Die Schienenstreckenerfassungseinheit der erfindungsgemäßen Umfelderkennungseinrichtung ist vorzugsweise dazu eingerichtet, Daten von mindestens einem der folgenden Datentypen zu erfassen:

- die laterale Struktur der Gleise der detektierten Schienenstrecke,
- die relative Gleishöhe der Gleise der detektierten Schienenstrecke,
- der Gleisverlauf der erwarteten Trajektorie des Schienenfahrzeugs.

[0032] Vorteilhaft lassen sich die genannten Größen für eine exakte Ermittlung einer Orientierung der Sensorik des Schienenfahrzeugs und gegebenenfalls auch für eine Verbesserung von digitalem Kartenmaterial hinsichtlich der befahrenen Schienenstrecke oder einer im Umfeld des Schienenfahrzeugs vorhandenen Schienenstrecke nutzen.

[0033] Diese Daten können für eine exaktere Ausrichtung des Gesamtsystems aus Umfelderkennungseinheit und Streckenerfassungseinheit genutzt werden, um so besonders genaue Positionsermittlungen von detektierten Objekten durchzuführen. Die Erfindung erlaubt auch die Generierung hochgenauer relativer Streckenkarten durch Anwendung aktiver Sensortechniken, wie zum Beispiel Radar, wobei die durch diese Sensorik erfassten Daten auf die Daten der komplementären passiven Sensorik, beispielsweise auf eine durch die passive Sensorik erfasste Gleismittenlinie bezogen werden. Auf Basis dieser relativen Streckenkarten können auch absolute Kartendaten mit Geokoordinaten gewonnen werden.

[0034] Die Steuerungseinheit der erfindungsgemäßen Umfelderkennungseinrichtung ist bevorzugt dazu ausgebildet, die Orientierung der Umfelderkennungseinrichtung so auszurichten, dass eine aktive Beschränkung des erfassten Umfelds erreicht wird. Vorteilhaft kann durch die Einschränkung des erfassten Umfelds eine Beeinträchtigung von in der Peripherie vorhandenen Personen oder technischen Einrichtungen durch aktive Sensorik, wie zum Beispiel Radarwellen verhindert werden. Außerdem lässt sich durch die aktive Beschränkung der Strahlrichtung durch die Steuerung des Erfassungsbereichs der Umfelderkennungseinrichtung bei aktiver Sensorik eine höhere Abstrahlleistung realisieren, insbesondere im Hinblick auf eine erleichterte Funkzulassung bzw. als Argumentationsgrundlage gegenüber regulierenden Stellen, um höhere Sendeleistungen zugelassen zu bekommen.

[0035] Die Steuerungseinheit der erfindungsgemäßen Umfelderkennungseinrichtung kann dazu ausgebildet sein, die Orientierung der Umfelderkennungseinrichtung über einen Erfassungsbereich der Schienenstreckenerfassungseinheit hinaus auszurichten. Dabei wird der Streckenverlauf auf Basis der erfassten Schienenstrecke und Kartendaten über die erfasste Schienenstrecke hinaus extrapoliert. Mithin kann eine Ausrichtung der Umfelderkennungseinrichtung auf eine Gleisposition im situativen Sichtbarkeitsbereich der Umfelderkennungseinrichtung über den situativen Sichtbarkeitsbereich des Gleises für die Schienenstreckenerfassungseinrichtung hinaus erfolgen. Auf diese Weise wird eine Reichweitenerhöhung der Umfelderkennung erreicht, was mit einer erhöhten Sicherheit des Betriebs des Schienenfahrzeugs verbunden ist. Anders ausgedrückt kann die Umfelderkennungseinrichtung vorteilhaft auch auf einen Bereich ausgerichtet werden, der außerhalb der Reichweite der Streckenerfassungseinrichtung liegt.

[0036] Die Umfelderkennungseinrichtung kann auch eine elektronische Strahlschwenkfunktion aufweisen, insbesondere, wenn sie eine Radarsensoreinheit umfasst. Hierzu weist die Umfelderkennungseinrichtung eine Mehrzahl von Einzelkanälen auf. Die Strahlschwenkung kann über die Wahl der Phasenbeziehungen der Kanäle erfolgen. Insbesondere lässt sich über die Phasenbeziehungen der Empfangssignale eine Empfangsrichtung berechnen.

[0037] Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand von Ausführungsbeispielen noch einmal näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 eine schematische Darstellung eines Schienenfahrzeugs mit einer Umfelderkennungseinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

FIG 2 ein Flussdiagramm, welches ein Umfelderkennungsverfahren gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht,

FIG 3 eine schematische Darstellung einer Erfas-

sung von komplementären Daten durch ein Radar und eine passive Infrarotkamera einer Umfelderkennungseinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

FIG 4 ein Schaubild, welches eine Umfelderkennungseinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung mit SAR-Technologie zur Erweiterung des effektiven Aufnahme Fensters veranschaulicht,

FIG 5 ein Schaubild, welches eine Umfelderkennungseinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Radarsubsystem mit elektronischer Strahlschwenkung veranschaulicht,

FIG 6 ein Schaubild, welches eine Erweiterung der Reichweite einer Umfelderkennungseinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung über die Reichweite einer als Schienenstreckenerfassungseinrichtung eingesetzten passiven Infrarotkamera hinaus veranschaulicht.

[0038] In FIG 1 wird eine schematische Darstellung 10 eines Schienenfahrzeugs 2 mit einer Umfelderkennungseinrichtung 3 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht. Das Schienenfahrzeug 2 befindet sich auf einer Schienenstrecke 1 und erfasst durch die genannte Umfelderkennungseinrichtung 3 einen Beobachtungsbereich B, welcher vor dem Schienenfahrzeug 2 auf der Schienenstrecke 1 und um die Schienenstrecke 1 herum angeordnet ist.

[0039] Zur Anvisierung dieses gewünschten Beobachtungsbereichs B weist die Umfelderkennungseinrichtung 3 eine passive Infrarotsensoreinheit 6 als Schienenstreckenerfassungseinrichtung auf. Die Umfelderkennungseinrichtung 3 ist relativ zu dem Schienenfahrzeug 2 um drei Achsen schwenkbar ausgebildet, so dass sie den Kurven der Schienenstrecke 1 folgen kann. Damit eine eingestellte Richtung der Sensorik beibehalten werden kann, weist die Umfelderkennungseinrichtung 3 einen Gimbal 4 auf, auf dem die Sensorik 5, 6 montiert ist. Neben der bereits erwähnten Infrarotsensoreinheit 6 ist auf dem Gimbal 4 auch eine Radarsensoreinheit 5 als Umfelderkennungseinrichtung angeordnet. Die Radarsensoreinheit 5 ist vorab derart kalibriert, dass sie denselben Beobachtungsbereich B anvisiert wie die passive Infrarotsensoreinheit 6. Die passive Infraroteinheit 6 weist einen ausgedehnten Aufnahmebereich auf und ist daher zur Suche nach einem gewünschten Beobachtungsbereich B gut geeignet. Wurde der Beobachtungsbereich B identifiziert und geeignet für die passive Infrarotsensoreinheit 6 zentriert, wie es in FIG 1 veranschaulicht ist, so ist automatisch auch die als Umfelderkennungseinrichtung ausgebildete Radarsensoreinheit 5 auf diesen Beobachtungsbereich B gerichtet. Auf diese Weise wird durch das weite Sichtfeld der passiven Infraroteinheit 6 die Beschränkung des Sichtfelds der Radarsensoreinheit 5 kompensiert.

[0040] Vorteilhaft weist die Radarsensoreinheit 5 eine hohe Lateralauf­lösung und eine hohe Reichweite auf, so dass Objekte O in dem Beobachtungsbereich B in ihren Einzelheiten erfasst werden können. Zur Ansteuerung und Ausrichtung der Umfeld­erfassungseinrichtung 3 weist das Schienenfahrzeug 2 eine Steuerungseinheit 7 auf.

[0041] In FIG 2 ist ein Flussdiagramm 200 gezeigt, welches ein Umfeld­erfassungs­verfahren gemäß einem Ausführungs­beispiel der Erfindung veranschaulicht. Bei dem Schritt 2.I werden Infrarotsensordaten SD durch eine als Schienen­streckenerfassungseinheit genutzte Infrarotsensoreinheit 5 von einem frontalen Überwachungs­bereich vor einem Schienenfahrzeug 2 erfasst. Die Infrarotsensoreinheit 5 ist gemeinsam mit einer als Umfeld­erfassungseinrichtung ausgebildeten Radarsensoreinheit 6 auf einem Gimbal 4 orientierungs­stabil gelagert.

[0042] Bei dem Schritt 2.II werden eine Position P und ein Verlauf VL des vor dem Schienenfahrzeug 2 liegenden Schienen­strecken­abschnitts auf Basis der Infrarotsensordaten SD detektiert. Dabei wird auch ein Beobachtungsbereich B vor dem Schienenfahrzeug 2 ermittelt, der den Schienen­strecken­abschnitt und gegebenenfalls einen Randbereich darum herum umfasst.

[0043] Der Gimbal 4 wird bei dem Schritt 2.III durch eine Steuerungseinheit 7 so ausgerichtet, dass das Sichtfeld der Infrarotsensoreinheit 5 auf den Beobachtungsbereich B zentriert ist. Damit ist aber die vorab auf die Infrarotsensoreinheit 5 kalibrierte Radarsensoreinheit 6 ebenfalls auf den Beobachtungsbereich B gerichtet.

[0044] Somit können dann bei dem Schritt 2.IV Radarsensordaten von dem Beobachtungsbereich B mit erhöhter lateraler Auflösung und Tiefenauf­lösung sowie großer Reichweite erfasst werden.

[0045] In FIG 3 ist eine schematische Darstellung 30 einer Erfassung von komplementären Daten durch ein Radar 5 und eine passive Infrarotkamera 6 einer Umfeld­erfassungseinrichtung 3 gemäß einem Ausführungs­beispiel der Erfindung veranschaulicht. Im linken Bildabschnitt ist ein Schienen­strecken­abschnitt 1 gezeigt, auf dem sich ein Schienenfahrzeug 2 mit der genannten Umfeld­erfassungseinrichtung 3 befindet. Die Umfeld­erfassungseinrichtung 3 erfasst nun komplementäre Daten d , v , M , h_1 , h_2 über ihre beiden unterschiedlichen Sensoreinheiten 5, 6. Dabei erfasst die Radarsensoreinheit 5 des Schienen­fahrzeugs 2 im Beobachtungsbereich B zum Beispiel ein Objekt O sowie dessen Relativgeschwindigkeit v und Distanz d zur Radarsensoreinheit 5 des Schienen­fahrzeugs 2. Die Infrarotsensoreinheit 6 erfasst komplementär zu der Radarsensoreinheit 5 die laterale Struktur und die Höhe des Gleiskörpers GB. Beispielsweise werden die Höhe h_1 , h_2 der Schienen 1a sowie die Abmessungen der Schwellen 1b sowie der Gleisverlauf bzw. der Verlauf der Mittellinie M der Gleise erfasst. Im rechten Bildabschnitt sind drei unterschiedliche Ansichten eines Gleiskörpers GB gezeigt. In einer oberen Teildarstellung ist ein Querschnitt des Gleiskör-

pers GB gezeigt. Erfasste Abmessungen können zum Beispiel die Schienenhöhen h_1 , h_2 der Schienen 1a, aber auch Abmessungen und Positionen der Schwellen 1b betreffen. In einer mittleren Teildarstellung im rechten Bildabschnitt ist eine Draufsicht auf den Gleiskörper GB dargestellt. In der Draufsicht ist insbesondere die Mittellinie M des Gleisverlaufs veranschaulicht, die ebenfalls durch die Infrarotsensoreinheit 6 erfasst werden kann. In einer unteren Teildarstellung im rechten Bildabschnitt ist in FIG 3 eine Seitenansicht auf einen Gleiskörper GB gezeigt. In dieser Darstellung ist der wegabhängige Höhenverlauf $h_1(s)$ einer Schiene 1a zu erkennen, der ebenfalls durch die Infrarotsensoreinheit 6 erfasst werden kann.

[0046] In FIG 4 ist eine schematische Draufsicht 40 auf einen Schienen­strecken­abschnitt 1 gezeigt, auf dem ein Schienenfahrzeug 2 mit einer Umfeld­erfassungseinrichtung 3 gemäß einem Ausführungs­beispiel der Erfindung veranschaulicht ist. Das Schienenfahrzeug 2 weist eine Relativgeschwindigkeit v mit einer Radialkomponente v_r und einer Lateralkomponente v_l relativ zu einem detektierten Objekt O auf. Anders ausgedrückt, ist der Gimbal der Umfeld­erfassungseinrichtung 3 nicht in Fahrtrichtung ausgerichtet, sondern in einem Winkel α dazu. Während der Fahrt des Schienen­fahrzeugs 2 auf das detektierte Objekt O zu ändert sich der Winkel α aufgrund der lateralen und radialen Bewegung des Schienen­fahrzeugs 2. Die aus unterschiedlichen Richtungen durchgeführten Aufnahmen von dem Objekt O durch die Radarsensoreinheit 5 können durch Anwendung eines SAR-Algorithmus miteinander kombiniert werden, um so eine verbesserte Auflösung und ein vergrößertes effektives Sichtfeld des Radars 5 zu erreichen.

[0047] In FIG 5 ist eine Draufsicht 50 auf ein Schienenfahrzeug 2 mit einer Umfeld­erfassungseinrichtung 3 gemäß einem Ausführungs­beispiel der Erfindung mit einer Radarsensoreinheit 5a mit elektronischer Strahl­schwenkung gezeigt. Die Radarsensoreinheit 5a schwenkt ihren Radarstrahl in unterschiedliche Richtungen, so dass ein vergrößertes Sichtfeld mit einer erhöhten Auflösung erreicht werden kann. Die Schwenkung des Radarstrahls kann sowohl in Elevationsrichtung als auch in Azimutrichtung erfolgen.

[0048] In FIG 6 ist eine Draufsicht gezeigt, welche eine Erweiterung der Reichweite einer Umfeld­erfassungseinrichtung 3 eines Schienen­fahrzeugs 1 gemäß einem Ausführungs­beispiel der Erfindung über die Reichweite einer als Schienen­streckenerfassungseinheit eingesetzten passiven Infrarotsensoreinheit 6 hinaus veranschaulicht. Wie in FIG 6 zu erkennen ist, reicht die Reichweite der Infrarotsensoreinheit 6 nicht aus, um den gewünschten Beobachtungsbereich B um das Objekt O zu erfassen. Um die Radarsensoreinheit 5 trotzdem auf diesen entfernten Bereich B ausrichten zu können, wird der erfasste Verlauf der Schienen­strecke 1 mit Kartendaten K, welche in FIG 6 in einer rechten Teildarstellung gezeigt sind, ergänzt. Da in den Kartendaten K der Streckenverlauf auch über die Reichweite der Infrarotsensoreinheit

6 hinaus erkennbar ist, kann die Position des Beobachtungsbereichs B auf Basis der Infrarotmessung sowie der Kartendaten K ermittelt werden und es kann nun der Gimbal 4 der Umfeldfassungseinrichtung 3 so ausgerichtet werden, dass der gewünschte Beobachtungsbereich B im Sichtfeld des Radarstrahls der Radarsensoreinheit 5 liegt.

[0049] 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. Umfeldfassungseinrichtung (3) für ein Schienenfahrzeug (2), aufweisend:

- eine Schienenstreckenerfassungseinheit (5), welche dazu eingerichtet ist, eine Position (P) und einen Verlauf (VL) einer Schienenstrecke (1) im Umfeld des Schienenfahrzeugs (2) zu detektieren,
- eine Umfeldfassungseinheit (6), welche in einer festen Orientierungsbeziehung zur Schienenstreckenerfassungseinheit (5) angeordnet ist und dazu eingerichtet ist, das Umfeld des Schienenfahrzeugs (2) zu erfassen,
- eine Lagerungseinheit (4) für eine gemeinsame Lagerung der Schienenstreckenerfassungseinheit (5) und der Umfeldfassungseinheit (6),
- eine Steuerungseinheit (7), wobei
- die Lagerungseinheit (4) dazu eingerichtet ist, die Schienenstreckenerfassungseinheit (5) und die Umfeldfassungseinheit (6) orientierungsstabil zu lagern und
- die Steuerungseinheit (7) dazu ausgebildet ist, die Orientierung (O) der Umfeldfassungseinheit (6) auf die detektierte Position (P) und den detektierten Verlauf (VL) der Schienenstrecke (1) auszurichten, so dass ein Beobachtungsbereich (B), welcher die Schienenstrecke (1) und das Umfeld der Schienenstrecke (1) umfasst, durch die Umfeldfassungseinheit (6) erfassbar sind.

2. Umfeldfassungseinrichtung nach Anspruch 1, wo-

bei die Lagerungseinheit (4) einen Gimbal umfasst.

3. Umfeldfassungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Lagerungseinheit (4) eine kardanische Aufhängung umfasst.

4. Umfeldfassungseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Schienenstreckenerfassungseinheit (5) eine passive Erfassungseinheit umfasst.

5. Umfeldfassungseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Schienenstreckenerfassungseinheit (5) dazu ausgebildet ist, eine der folgenden Erfassungstechniken zu nutzen:

- eine passive Infrarotbilderfassung,
- eine aktive Sensortechnik, vorzugsweise Lidar.

6. Umfeldfassungseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Umfeldfassungseinheit (6) dazu ausgebildet ist, eine aktive Sensorerfassungstechnik, vorzugsweise eine der folgenden Erfassungstechniken zu nutzen:

- Radar,
- Lidar.

7. Umfeldfassungseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Schienenstreckenerfassungseinheit (5) und die Umfeldfassungseinheit (6) dazu eingerichtet sind, zueinander komplementäre Daten zu erfassen oder zu ermitteln.

8. Umfeldfassungseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Umfeldfassungseinheit (6) dazu eingerichtet ist, Daten von mindestens einem der folgenden Datentypen zu erfassen oder zu ermitteln:

- die Relativgeschwindigkeit zwischen einem erfassten Objekt (O) und dem Schienenfahrzeug (2),
- den Abstand eines erfassten Objekts (O) zu dem Schienenfahrzeug (2),
- die Egoposition des Schienenfahrzeugs (2).

9. Umfeldfassungseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Schienenstreckenerfassungseinheit (5) dazu eingerichtet ist, Daten von mindestens einem der folgenden Datentypen zu erfassen oder zu ermitteln:

- die laterale Struktur der Gleise der detektierten Schienenstrecke (1),
- die relative Gleishöhe der Gleise der detektierten Schienenstrecke (1),

- den Gleisverlauf der erwarteten Trajektorie des Schienenfahrzeugs (2).
10. Umfelderkennungseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Steuerungseinheit (4) dazu ausgebildet ist, die Orientierung der Umfelderkennungseinheit (6) so auszurichten, dass eine aktive Beschränkung des erfassten Umfelds erreicht wird. 5
- 10
11. Umfelderkennungseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Steuerungseinheit (7) dazu ausgebildet ist, die Umfelderkennungseinheit (6) über einen Erfassungsbereich der Schienenstreckenerfassungseinheit (5) hinaus auszurichten, wobei der Streckenverlauf auf Basis der erfassten Schienenstrecke (1) und Kartendaten (KD) über die erfasste Schienenstrecke (1) hinaus extrapoliert wird. 15
- 20
12. Umfelderkennungsverfahren, wobei
- eine Position (P) und ein Verlauf (VL) einer Schienenstrecke (1) im Umfeld eines Schienenfahrzeugs (2) durch eine Schienenstreckenerfassungseinheit (5) detektiert werden, 25
- das Umfeld des Schienenfahrzeugs (2) durch die Umfelderkennungseinheit (6), welche in einer festen Orientierungsbeziehung zur Schienenstreckenerfassungseinheit (5) angeordnet ist, erfasst wird, 30
- die Schienenstreckenerfassungseinheit (5) und die Umfelderkennungseinheit (6) durch eine Lagerungseinheit (4) gemeinsam und orientierungsstabil gelagert werden, 35
- die Orientierung der Umfelderkennungseinheit (6) durch eine Steuerungseinheit (7) auf die detektierte Position (P) und den detektierten Verlauf (VL) der Schienenstrecke (1) ausgerichtet wird, so dass ein Beobachtungsbereich (B), welcher die Schienenstrecke (1) und das Umfeld der Schienenstrecke (1) umfasst, durch die Umfelderkennungseinheit (6) erfassbar sind. 40
13. Schienenfahrzeug (2), aufweisend 45
- eine Umfelderkennungseinrichtung (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 11.
14. Computerprogrammprodukt mit einem Computerprogramm, welches direkt in eine Speichereinheit einer Steuerungseinheit (7) eines Schienenfahrzeugs (2) ladbar ist, mit Programmabschnitten, um alle Schritte des Verfahrens nach Anspruch 13 auszuführen, wenn das Computerprogramm in der Steuerungseinheit (7) ausgeführt wird. 50
- 55
15. Computerlesbares Medium, auf welchem von einer

Rechnereinheit ausführbare Programmabschnitte gespeichert sind, um alle Schritte des Verfahrens nach Anspruch 13 auszuführen, wenn die Programmabschnitte von der Rechnereinheit ausgeführt werden.

FIG 1

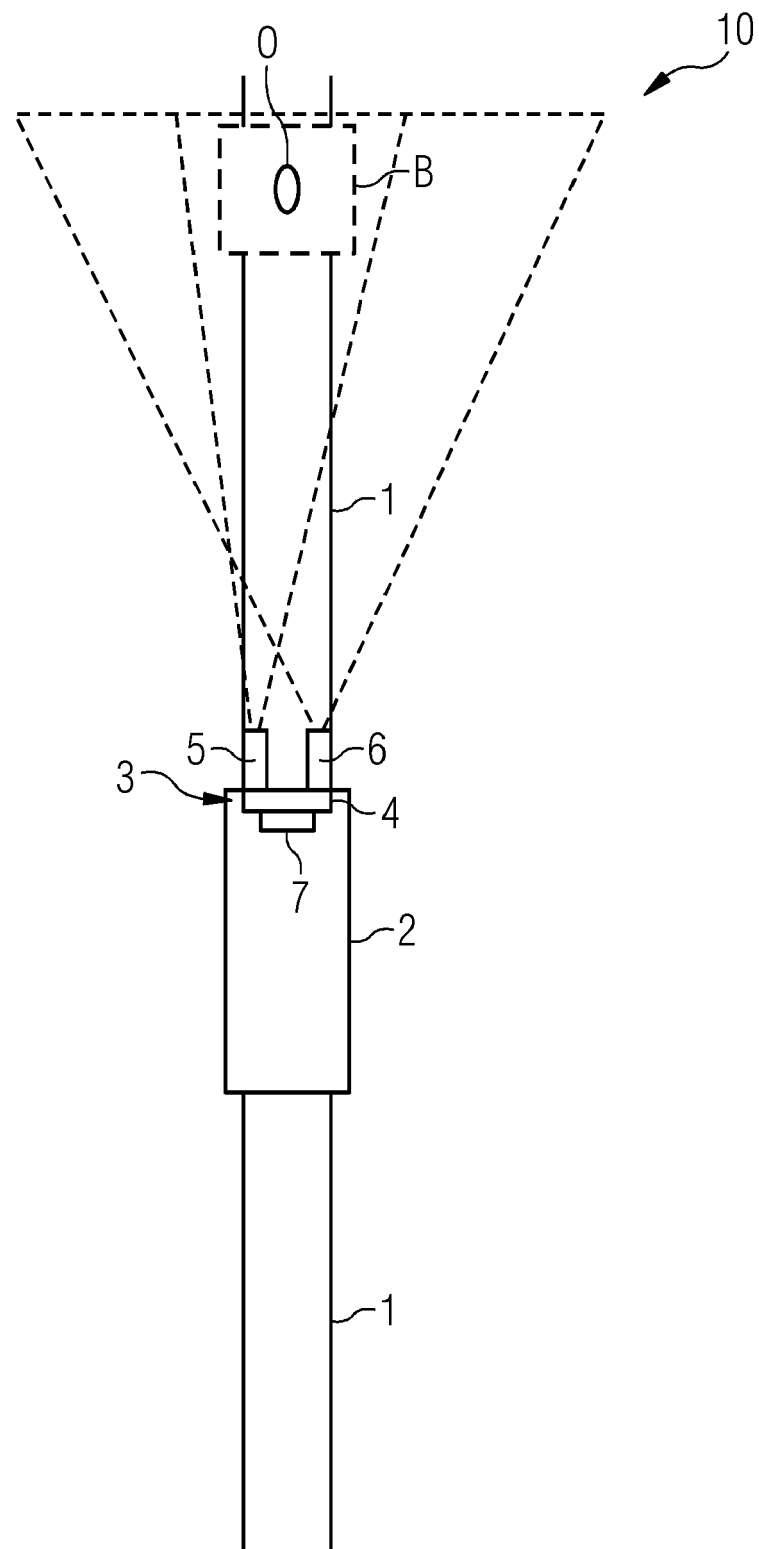


FIG 2

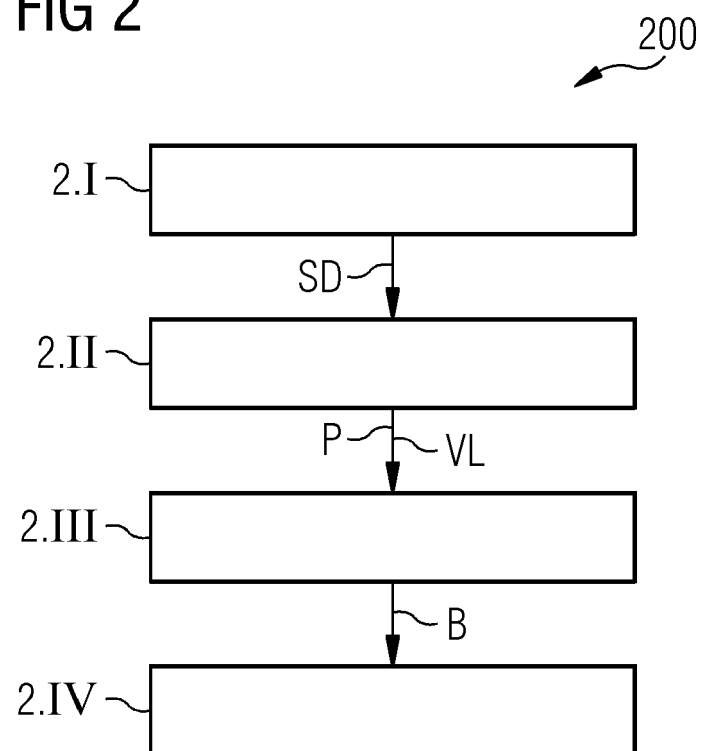


FIG 3

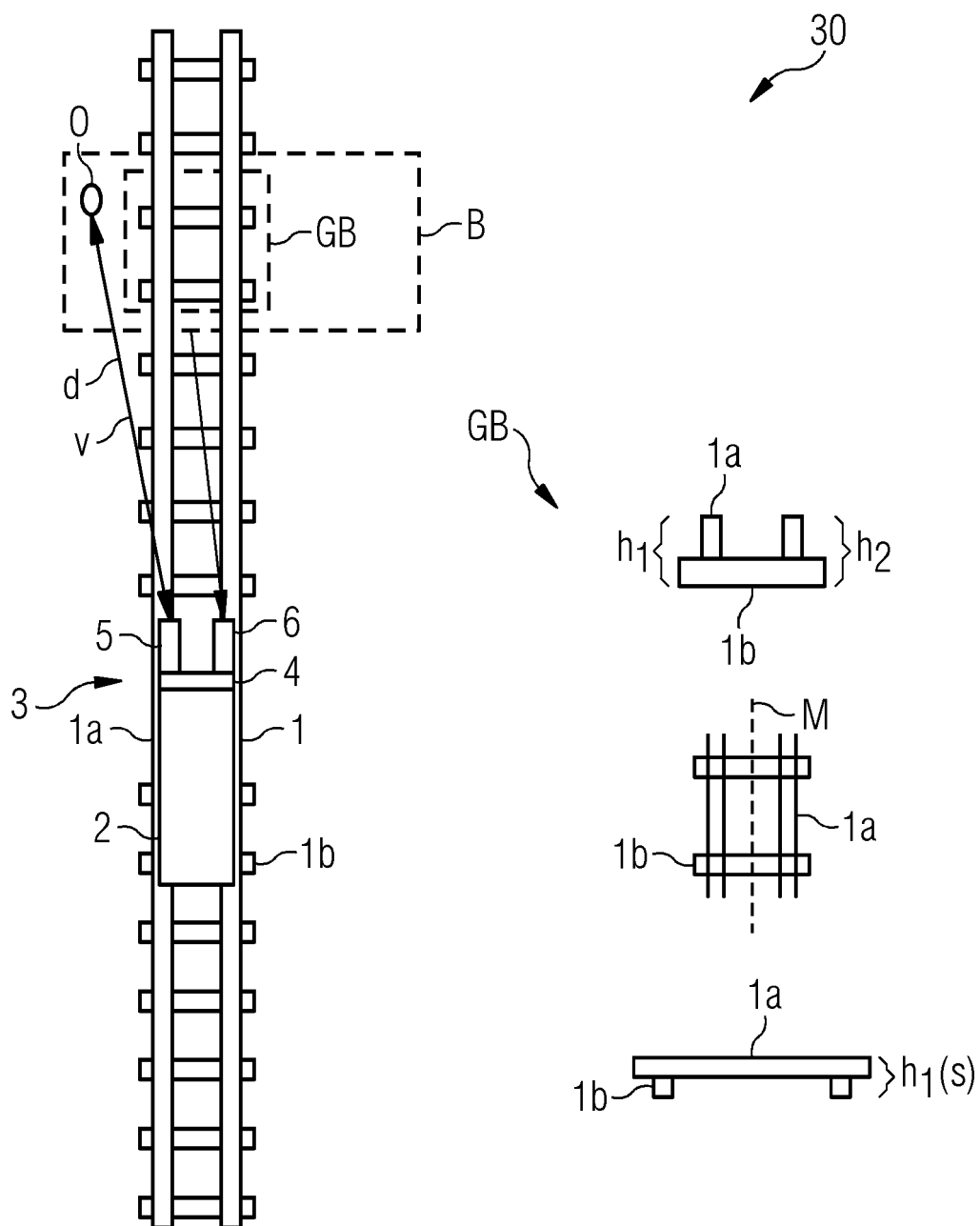


FIG 4

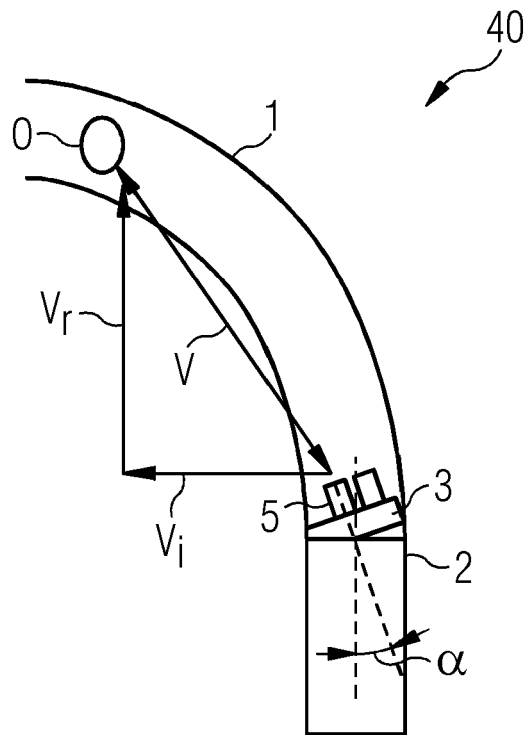


FIG 5

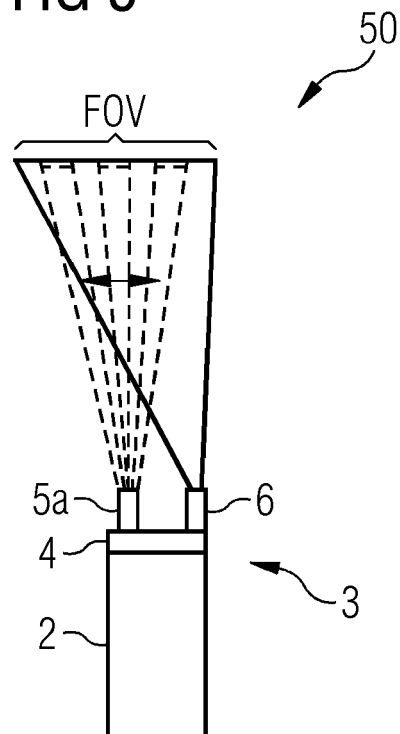
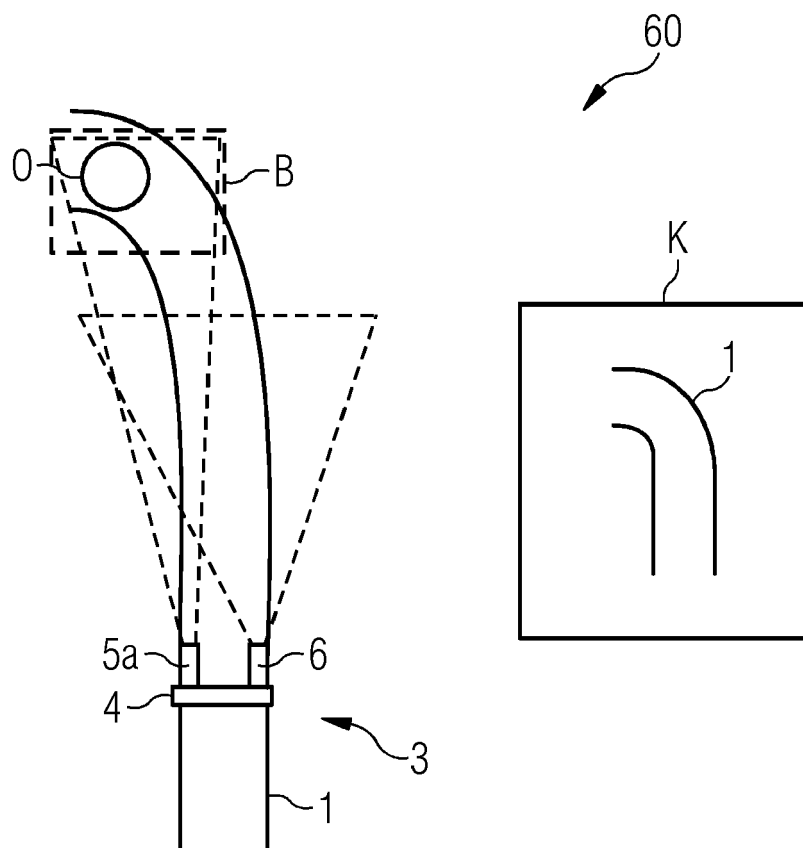


FIG 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 16 6893

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 197 46 970 B4 (ALCATEL LUCENT [FR]) 16. März 2017 (2017-03-16)	1-4, 6-14	INV. B61L23/04
A	* Absatz [0014]; Abbildungen * -----	5	ADD. B61L25/02 B61L15/00
X	EP 3 521 132 A1 (KNORR BREMSE SYSTEME [DE]) 7. August 2019 (2019-08-07)	1-4, 6-15	
A	* Absätze [0021] - [0024]; Abbildung 1 * -----	5	
A	WO 2004/028881 A1 (SIEMENS AG [DE]; BAUER JOCHEN [DE] ET AL.) 8. April 2004 (2004-04-08) * Seite 2, Zeilen 17-26 * * Seite 15, Zeile 35 - Seite 16, Zeile 10; Abbildung 3 * -----	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. September 2022	Prüfer Martínez Martínez, J
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 16 6893

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

28-09-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19746970 B4	16-03-2017	KEINE	
EP 3521132 A1	07-08-2019	DE 102018201531 A1 EP 3521132 A1	01-08-2019 07-08-2019
WO 2004028881 A1	08-04-2004	AU 2003270142 A1 DE 10244127 A1 EP 1542893 A1 TW 200424823 A WO 2004028881 A1	19-04-2004 08-04-2004 22-06-2005 16-11-2004 08-04-2004

EPO FORM P0461

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