



(12)

(11)

EP 4 124 542 A1



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.02.2023 Patentblatt 2023/05

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 23/04 (2006.01) **G08G 1/16** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21188893.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
G08G 1/165; B61L 23/041

(22) Anmeldetaq: **30.07.2021**

(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

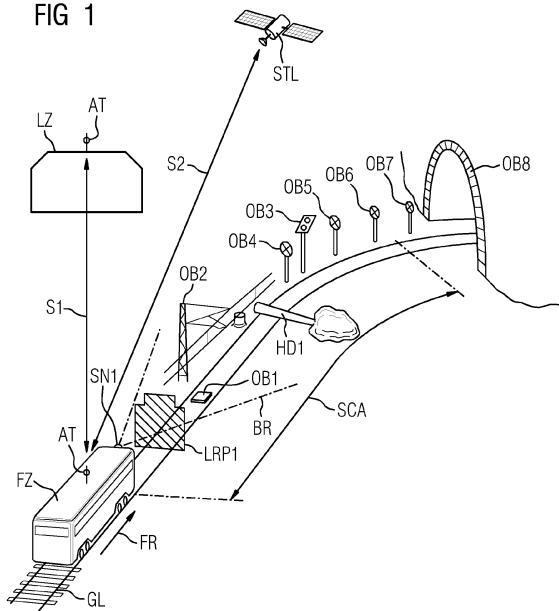
(71) Anmelder: **Siemens Mobility GmbH**
81739 München (DE)

(72) Erfinder: **Braband, Jens**
38106 Braunschweig (DE)

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERKENNEN VON HINDERNISSEN AUF EINER STRECKE

(57) Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Erkennen von Hindernissen (HD1 ... HD2) auf einer Strecke, die von einem Fahrzeug (FZ) befahren wird, bei dem das Fahrzeug (FZ) mit einer Sensoreinrichtung in Fahrt-richtung (FR) vor dem Fahrzeug (FZ) liegende Objekte (OB1 ... OB8) erfasst, die erfassten Objekte (OB1 ... OB8) rechnergestützt erkannt werden und zur Erken-nung von Hindernissen (HD1 ... HD2) rechnergestützt bewertet werden. Für das Bewerten der Objekte (OB1 ... OB8) wird ein Streckenatlas verwendet, der eine Vielzahl von zu erkennenden Objekten (OB1 ... OB8) sowie deren Position an oder auf der Strecke enthält. Für die erkann-teten Objekte (OB1 ... OB8) werden Ortsangaben ermittelt und die Ortsangaben werden mit dem Streckenatlas ab-geglichen. Jedes erkannte Objekt (OB1 ... OB8), dessen Ortsangabe mit der Position eines entsprechenden zu erkennenden Objektes (OB1 ... OB8) übereinstimmt, löst eine Bewertung aus, dass die Strecke frei ist, und das solange, bis innerhalb eines vorgegebenen Sicherheits-abstandes (SCA) vor dem Fahrzeug (FZ) ein zu erken-nendes Objekt (OB1 ... OB8) in dem Streckenatlas vor-handen ist, dem kein erkanntes Objekt (OB1 ... OB8) zu-geordnet wurde. Dann wird unabhängig von vorher aus-gelösten Bewertungen die Bewertung auslöst, dass sich ein Hindernis (HD1 ... HD2) auf der Strecke befindet. Fer-ner umfasst die Erfindung eine Anordnung, ein Fahrzeug (FZ), ein Computerprogrammprodukt sowie eine Bereit-stellungseinrichtung für das Computerprogrammpro-duk.t.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen von Hindernissen auf einer Strecke, die von einem Fahrzeug befahren wird, bei dem das Fahrzeug mit einer Sensoreinrichtung in Fahrtrichtung vor dem Fahrzeug liegende Objekte erfasst, die erfassten Objekte rechnergestützt erkannt werden und zur Erkennung von Hindernissen rechnergestützt bewertet werden. Außerdem betrifft die Erfindung eine Anordnung zur Erkennung von Hindernissen mit einer Sensoreinrichtung zum Erfassen von Objekten und einem Computer zum Erkennen der erfassten Objekte. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Fahrzeug, welches eine Anordnung zur Erkennung von Hindernissen mit einer Sensoreinrichtung zum Erfassen von in Fahrtrichtung vor dem Fahrzeug liegenden Objekten und einem Computer zum Erkennen der erfassten Objekte aufweist. Zuletzt betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt sowie eine Bereitstellungsvorrichtung für dieses Computerprogrammprodukt, wobei das Computerprogrammprodukt mit Programmbefehlen zur Durchführung dieses Verfahrens ausgestattet ist.

[0002] In der Automobilindustrie gibt es weit verbreitete Algorithmen zur Hinderniserkennung, die aber in der offenen Straßenumgebung noch nicht zum Einsatz kommen, da in der Vergangenheit bereits Fälle von Versagen mit Unfallfolge bekannt geworden sind. Grundsätzlich erfolgt die Erkennung von Hindernissen dadurch, dass mittels einer geeigneten Sensorik (optische Sensoren, Radar, Ultraschall) Objekte im vor dem Fahrzeug liegenden Bereich als solche erkannt werden und rechnergestützt vorzugsweise durch Nutzung von künstlicher Intelligenz klassifiziert werden. Das Ergebnis der Klassifikation ist die Erkennung derjenigen Objekte, die als Hindernis zu werten sind. Ein Hindernis ist in diesem Zusammenhang ein Objekt, mit dem eine Kollision mit dem betreffenden Fahrzeug droht.

[0003] Andererseits können auch Objekte erkannt werden, die beispielsweise außerhalb des Fahrweges des Fahrzeugs stehen, weswegen keine Kollision droht. Diese werden auch nicht als Hindernis klassifiziert. Insbesondere bei Bahnstrecken gibt es eine Vielzahl von Objekten, die die Strecke säumen. Als Beispiele sind Signale, Weichen, Gleiselemente wie Balisen, Oberleitungen, Tunnel, Bahnhöfe und dergleichen zu nennen. Diese dürfen nicht als Hindernis klassifiziert werden, da das Fahrzeug ungehindert daran vorbeifahren kann.

[0004] AI Anwendungen werden derzeit nicht für Safety-Anwendungen (also Anwendungen auf einem hohen Sicherheitslevel) im Bahnbereich zugelassen, insbesondere, da ihre genaue Funktion nur schwer nachvollzogen werden kann und auch nicht die geforderten Entfernungen, die im Bahnbereich für eine Sensorik notwendig sind, abdeckt werden können. Sie können nur wie eine Black Box behandelt werden, die mit spezifischen Methoden überwacht werden muss. Dies ist ein besonderes Problem bei der Hinderniserkennung für das automatische Fahren auf der Schiene, die mit einer hohen Sicher-

heit erfolgen muss. Bei der Verwendung von AI kann nicht vorhergesehen werden, wie weit die Sensorik in der konkreten Situation Hindernisse erkennen kann und ob sie überhaupt ausreichend erkennungsfähig ist, und es ist nicht klar festzustellen, ob das Lichtraumprofil einer Strecke frei von Hindernissen ist.

[0005] Lichtraumprofile sind standardisierte Querschnitte der Infrastruktur. Sie gewährleisten den Raum, welcher für die uneingeschränkte Durchfahrt von Fahrzeugen und Ladungen mit bestimmten Eigenschaften und Abmessungen frezuhalten ist.

[0006] Unter künstlicher Intelligenz (im Folgenden auch mit KI abgekürzt) ist im Rahmen dieser Erfindung im engeren Sinne das rechnergestützte Machine Learning (im Folgenden auch mit ML abgekürzt) zu verstehen. Es geht dabei um das statistische Lernen der Parametrisierung von Algorithmen, vorzugsweise für sehr komplexe Anwendungsfälle. Mittels ML erkennt und lernt das System anhand von zuvor eingegebenen Lerndaten Muster und Gesetzmäßigkeiten bei den erfassten Prozessdaten. Mithilfe geeigneter Algorithmen können durch ML eigenständig Lösungen zu aufkommenden Problemstellungen gefunden werden. ML gliedert sich in drei Felder - überwachtes Lernen, unüberwachtes Lernen und bestärkendes Lernen (Reinforcement Learning), mit spezifischeren Anwendungen, zum Beispiel Regression und Klassifikation, Strukturerkennung und -vorhersage, Datengenerierung (Sampling) oder autonomes Handeln.

[0007] Beim überwachten Lernen wird das System durch den Zusammenhang von Eingabe und zugehöriger Ausgabe bekannter Daten trainiert und lernt auf diese Weise approximativ funktionale Zusammenhänge. Dabei kommt es auf die Verfügbarkeit geeigneter und ausreichender Daten an, denn wenn das System mit ungeeigneten (z.B. nicht-repräsentativen) Daten trainiert wird, so lernt es fehlerhafte funktionale Zusammenhänge. Beim unüberwachten Lernen wird das System ebenfalls mit Beispieldaten trainiert, jedoch nur mit Eingabedaten und ohne Zusammenhang zu einer bekannten Ausgabe. Es lernt, wie Datengruppen zu bilden und zu erweitern sind, was typisch für den betreffenden Anwendungsfall ist und wo Abweichungen bzw. Anomalien auftreten. Dadurch lassen sich Anwendungsfälle beschreiben und Fehlerzustände entdecken. Beim bestärkenden Lernen lernt das System durch Versuch und Irrtum, indem es zu gegebenen Problemstellungen Lösungen vorschlägt und über eine Feedbackfunktion eine positive oder negative Bewertung zu diesem Vorschlag erhält. Je nach Belohnungsmechanismus lernt das KI-System, entsprechende Funktionen auszuführen.

[0008] Das maschinelle Lernen kann beispielsweise durch künstliche neuronale Netze (im Folgenden für artificial neural network, kurz ANN genannt) durchgeführt werden. Künstliche neuronale Netze basieren meist auf der Vernetzung vieler Neuronen, beispielsweise McCulloch-Pitts-Neuronen oder leichter Abwandlungen davon. Grundsätzlich können auch andere künstliche Neuronen

Anwendung in ANN finden, z. B. das High-Order-Neuron. Die Topologie eines Netzes (die Zuordnung von Verbindungen zu Knoten) muss abhängig von seiner Aufgabe bestimmt werden. Nach der Konstruktion eines Netzes folgt die Trainingsphase, in der das Netz "lert". Dabei kann ein Netz beispielsweise durch folgende Methoden lernen:

- Entwicklung neuer Verbindungen
- Löschen existierender Verbindungen
- Ändern der Gewichtung (der Gewichte von Neuron j zu Neuron i)
- Anpassen der Schwellenwerte der Neuronen, sofern diese Schwellwerte besitzen
- Hinzufügen oder Löschen von Neuronen
- Modifikation von Aktivierungs-, Propagierungs- oder Ausgabefunktion

[0009] Außerdem verändert sich das Lernverhalten bei Veränderung der Aktivierungsfunktion der Neuronen oder der Lernrate des Netzes. Praktisch gesehen lernt ein ANN hauptsächlich durch Modifikation der Gewichte der Neuronen. Eine Anpassung des Schwellwertes kann hierbei durch ein on-Neuron miterledigt werden. Dadurch sind ANN in der Lage, komplizierte nichtlineare Funktionen über einen Lernalgorithmus, der durch iterative oder rekursive Vorgehensweise aus vorhandenen Ein- und gewünschten Ausgangswerten alle Parameter der Funktion zu bestimmen versucht, zu erlernen. ANN sind dabei eine Realisierung des konnektionistischen Paradigmas, da die Funktion aus vielen einfachen gleichartigen Teilen besteht. Erst in ihrer Summe wird das Verhalten komplex.

[0010] Die Aufgabe der Erfindung , ein Verfahren zum Erkennen von Hindernissen auf einer Strecke, die von einem Fahrzeug befahren wird, anzugeben, welche automatisch abläuft und dabei hohe Anforderungen an die Sicherheit (Safety) erfüllt. Außerdem ist es Aufgabe der Erfindung ein Fahrzeug anzugeben, welches ein solches Verfahren ausführen kann. Zuletzt besteht die Aufgabe der Erfindung darin, ein Computerprogrammprodukt sowie eine Bereitstellungsvorrichtung für dieses Computerprogrammprodukt anzugeben, mit dem das vorgenannte Verfahren durchgeführt werden kann.

[0011] Diese Aufgabe wird mit dem eingangs angegebenen Anspruchsgegenstand (Verfahren) erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass für das Bewerten der Objekte ein Streckenatlas verwendet wird, der eine Vielzahl von zu erkennenden Objekten und deren Position an oder auf der Strecke enthält, wobei für die erkannten Objekte Ortsangaben ermittelt werden, die Ortsangaben mit dem Streckenatlas abgeglichen werden, jedes erkannte Objekt, dessen Ortsangabe mit der Position eines entsprechenden zu erkennenden Objektes übereinstimmt, eine Bewertung auslöst, dass die Strecke frei ist, solange, bis innerhalb eines vorgegebenen Sicherheitsabstandes vor dem Fahrzeug ein zu erkennendes Objekt in dem Streckenatlas enthalten ist, dem kein erkanntes Objekt zugeordnet wurde, und unabhängig von vorher ausgelös-

ten Bewertungen die Bewertung auslöst wird, dass sich ein Hindernis auf der Strecke befindet.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Hinderniserkennung kehrt damit das bekannte Vorgehen bei der Hinderniserkennung um. Normalerweise werden die Objekte erkannt, die potenziell ein Hindernis darstellen können, wobei Gegenstand der Bewertung ist, ob diese Objekte tatsächlich ein Hindernis darstellen. Hierbei entsteht eine Unsicherheit für den Fall, dass ein Objekt nicht erkannt wird und somit auch, wenn es ein Hindernis darstellt, nicht beachtet wird. Hierin liegt ein Gefahrenpotential bei der Hinderniserkennung gemäß dem Stand der Technik.

[0013] Die Objekte, die gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erkannt werden sollen, sind diejenigen, deren Position aufgrund des Streckenatlases bekannt sind. Deswegen kann für den Fall, dass diese Objekte nicht an der zu erwartenden Position erkannt werden, darauf geschlossen werden, dass sie durch einen anderen unbekannten Gegenstand verdeckt sind. Hierbei handelt es sich voraussichtlich um ein Hindernis, weshalb die Tatsache, dass ein Objekt nicht erkannt werden kann, zur Einleitung einer Sicherheitsmaßnahme, zum Beispiel einer Notbremsung, genutzt werden kann.

[0014] Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass ausschließlich vorher bekannte Objekte erkannt werden müssen. Dies lässt sich mit einer größeren Verfahrenssicherheit bewerkstelligen, als die Hindernisse selbst zu erkennen, deren Form und Positionierung auf oder an der Strecke erst bekannt sind, wenn diese als solche erkannt wurden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass für den Fall, dass ein Objekt gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zu erkennen gewesen wäre, aber nicht erkannt wurde, eine Sicherheitsmaßnahme eingeleitet wird, welche nicht erforderlich gewesen wäre. Ein Fehler bei der Erkennung der Objekte führt somit nicht zu einem Unfall, sondern zu einer grundlosen Sicherheitsmaßnahme. Die Folgen einer solchen Fehleinschätzung sind daher vorteilhaft bedeutend geringer, als wenn es zu einem Unfall kommen würde. Dies zeigt, dass das erfindungsgemäße Verfahren selbst im Fehlerfall mit einer höheren Sicherheit betrieben werden kann.

[0015] Der Sicherheitsabstand muss so bemessen sein, dass die Sicherheitsmaßnahme, bei der es sich bevorzugt um eine Notbremsung handeln kann, wirksam eingeleitet werden kann, um einen Unfall zu verhüten. So lässt sich beispielsweise der geschwindigkeitsabhängige Bremsweg bei einer Notbremsung des Fahrzeuges zuzüglich der Wegstrecke, die das Fahrzeug während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Erkennung des Hindernisses und bis zum Einsetzen der Sicherheitsmaßnahme zurücklegt, als Sicherheitsabstand definieren.

[0016] Die erfindungsgemäße Idee, die AI durch ein Modell, das mit a-priori-Information eines Streckenatlases angereichert wird, zu stützen, wird erfindungsgemäß für eine Streckenfreimeldung, insbesondere Lichtraumprofilfreimeldung genutzt, d. h. es sollen explizit Räume

innerhalb des Sicherheitsabstandes vor dem Fahrzeug identifiziert werden, in denen sich kein Hindernis befinden kann, weil alle erwartungsgemäß vorhandenen Objekte (definiert durch den Streckenatlas) erkannt wurden. Über Plausibilitätsprüfungen kann darauf geschlossen werden, welche Arten von Hindernissen sich nicht im Lichtraumprofil befinden können.

[0017] Bei der Modellbildung für die Hinderniserkennung wird zumindest ein Teil der folgenden Annahmen berücksichtigt (hierzu im Folgenden noch mehr):

- Es gibt bekannte Objekte in der Umgebung des Gleises, deren Form bekannt ist. Das könnte z. B. ein Signal sein, oder Tafeln oder Landmarken. Diese können weitere Eigenschaften besitzen wie z. B. Farbe der Tafel, Symbole auf der Tafel, Reflexionsvermögen (für Licht oder Radarstrahlung).
- Es gibt Anforderungen an das Sichtfeld, z. B. welche Entfernung abgedeckt werden soll (Sicherheitsabstand) und welche Art von Objekten erkannt werden soll. Diese können dynamisch von der Position des Fahrzeugs abhängen (es kann z. B. nicht um die Kurve blicken). Für die zu erkennenden Objekte sind charakteristische Muster bekannt, vorzugsweise auch für Hindernisse, z. B. auf der Strecke liegende Bäume.
- Die Objekte sind in einem Streckenatlas enthalten (z. B. über einen Vektor am Fußpunkt des Gleises), vorzugsweise eindeutig relativ zum die Strecke bildenden Gleis, auf dem das Fahrzeug fährt.
- Ein oder mehrere Sensoren auf dem Zug erfassen die Umgebung.
- Es gibt für den Zug eine Ortung mit einer bekannten Genauigkeit.
- Ein AI-Algorithmus erkennt die Objekte und extrahiert die gewünschten Eigenschaften der Objekte, insb. deren Umriss, ggf. bereinigt von Überschneidungen oder Störungen
- Ein sicherer Rechner trifft daraufhin Entscheidungen, z. B. die Ansteuerung der Bremse zur Notbremfung.

[0018] Der Zug ortet sich auf dem Gleis oder wird auf dem Gleis geortet. Daher ist auch die Gleislage bezüglich des Streckenatlases bekannt. Anhand des Streckenatlases und der Ungenauigkeit kann man dann die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Position der Objekte ermitteln. Insbesondere kann auch die Entfernung zum Objekt geschätzt werden. Der AI-Algorithmus liefert vorzugsweise alle erkannten Objekte sowie deren Umrisse.

[0019] Der Streckenatlas ist dadurch gekennzeichnet, dass er zu erkennenden Objekte in Relation zu ihrer Position an der Strecke abbildet bzw. beschreibt. Hierbei können unterschiedliche Formate gewählt werden. Im einfachsten Fall ist der Streckenatlas eindimensional ausgebildet, beispielsweise als Tabelle, enthaltend die Objekte und deren Position an der Strecke ohne Berücksichtigung des Streckenverlaufes (ausgedrückt als Stre-

ckenangabe beispielsweise in Metern). Eine solche Darstellung ist eindimensional.

[0020] Der Streckenatlas kann auch zweidimensional ausgebildet sein. Dabei kann der Streckenverlauf an der Erdoberfläche berücksichtigt werden. Hierbei handelt es sich um eine zweidimensionale Projektion. Zuletzt kann der Streckenverlauf auch dreidimensional im Streckenablass abgebildet sein. Hierbei lassen sich auch die Höhenunterschiede der Strecke erfassen. Außerdem kann die Position der zu erkennenden Objekte auch hinsichtlich ihrer Höhe über dem Gleis definiert werden. Der dreidimensionale Streckenatlas kann insbesondere als virtuelle Realität abgebildet werden.

[0021] Als virtuelle Realität, (im Folgenden kurz VR), wird die Darstellung der Wirklichkeit (auch als physische Realität bezeichnet) in einer in Echtzeit computergenerierten, interaktiven virtuellen Umgebung bezeichnet. Wie detailliert die VR erzeugt werden muss, hängt vom individuellen Anwendungsfall ab. Im Allgemeinen wird die VR einem dreidimensionalen Raum erzeugt und bildet dessen physikalischen Eigenschaften, insbesondere Topographie, vereinfacht ab.

[0022] Voraussetzung für die Anwendung einer VR ist die Kenntnis des Ortes und der Blickrichtung des Beobachters. Dieser muss infolgedessen geortet werden. Wird eine VR für den Schienenverkehr verwendet ergeben sich hierbei gewisse Vereinfachungen. Beispielsweise ist das Sichtfeld eines Zugführers durch die Frontscheibe klar definiert, sodass durch eine Ortung des Zuges bereits der darzustellende Bildausschnitt der VR festgestellt werden kann.

[0023] Der Sicherheitsabstand wird vorgegeben. Bei dieser Vorgabe ist ein sicherer Betrieb des Fahrzeugs zu berücksichtigen. Deswegen kann der Sicherheitsabstand variabel bestimmt werden, abhängig von der Streckensituation und Betriebssituationen. Beispielsweise kann der Sicherheitsabstand mit steigender Geschwindigkeit des Fahrzeugs vergrößert werden, da mit der Geschwindigkeit auch der Bremsweg größer wird. Der Sicherheitsabstand kann beispielsweise in Kurven bedingt durch die Krümmung der Strecke aufgrund der geografischen Gegebenheiten verringert sein. Gleichzeitig wird in Kurven allerdings auch langsamer gefahren.

[0024] Unter "rechnergestützt" oder "computerimplementiert" kann im Zusammenhang mit der Erfindung eine Implementierung des Verfahrens verstanden werden, bei dem mindestens ein Computer oder Prozessor mindestens einen Verfahrensschritt des Verfahrens ausführt.

[0025] Der Ausdruck "Rechner" oder "Computer" deckt alle elektronischen Geräte mit Datenverarbeitungseigenschaften ab. Computer können beispielsweise Personal Computer, Server, Handheld-Computer, Mobilfunkgeräte und andere Kommunikationsgeräte, die rechnergestützt Daten verarbeiten, Prozessoren und andere elektronische Geräte zur Datenverarbeitung sein, die vorzugsweise auch zu einem Netzwerk zusammengeschlossen sein können.

[0026] Unter einem "Prozessor" kann im Zusammenhang mit der Erfindung beispielsweise einen Wandler einen Sensor zur Erzeugung von Messsignalen oder eine elektronische Schaltung, verstanden werden. Bei einem Prozessor kann es sich insbesondere um einen Hauptprozessor (engl. Central Processing Unit, CPU), einen Mikroprozessor, einen Mikrocontroller, oder einen digitalen Signalprozessor, möglicherweise in Kombination mit einer Speichereinheit zum Speichern von Programmbefehlen, etc. handeln. Auch kann unter einem Prozessor ein virtualisierter Prozessor oder eine Soft-CPU verstanden werden.

[0027] Unter einer "Speichereinheit" kann im Zusammenhang mit der Erfindung beispielsweise ein computerlesbarer Speicher in Form eines Arbeitsspeichers (engl. Random-Access Memory, RAM) oder Datenspeichers (Festplatte oder Datenträger) verstanden werden.

[0028] Als "Schnittstellen" können hardwaretechnisch, beispielsweise kabelgebunden oder als Funkverbindung, und/oder softwaretechnisch, beispielsweise als Interaktion zwischen einzelnen Programmmodulen oder Programmteilen eines oder mehrerer Computerprogramme, realisiert sein.

[0029] Als "Cloud" soll eine Umgebung für ein "Cloud-Computing" (deutsch Rechnerwolke oder Datenwolke) verstanden werden. Gemeint ist eine IT-Infrastruktur, welche über Schnittstellen eines Netzwerks wie das Internet verfügbar gemacht wird. Sie beinhaltet in der Regel Speicherplatz, Rechenleistung oder Software als Dienstleistung, ohne dass diese auf dem die Cloud nutzenden lokalen Computer installiert sein müssen. Die im Rahmen des Cloud-Computings angebotenen Dienstleistungen umfassen das gesamte Spektrum der Informationstechnik und beinhaltet unter anderem Infrastruktur, Plattformen und Software.

[0030] Als "Programmmodul" sollen einzelne Funktionseinheiten verstanden werden, die einen erfindungsgemäßen Programmablauf von Verfahrensschritten ermöglichen. Diese Funktionseinheiten können in einem einzigen Computerprogramm oder in mehreren miteinander kommunizierenden Computerprogrammen verwirklicht sein. Die hierbei realisierten Schnittstellen können softwaretechnisch innerhalb eines einzigen Prozessors umgesetzt sein oder hardwaretechnisch, wenn mehrere Prozessoren zum Einsatz kommen.

[0031] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Bewertung, dass sich ein Hindernis auf der Strecke befindet, nur ausgelöst wird, wenn sich das Hindernis zumindest teilweise im Lichtraumprofil befindet.

[0032] Bei dieser Ausgestaltung der Erfindung wird berücksichtigt, dass vorrangig Hindernisse, die in das Lichtraumprofil hineinragen, eine Bedrohung für das auf der Strecke sich bewegende Fahrzeug darstellen können. Trotzdem können auch Hindernisse am Rande der Strecke, also außerhalb des Lichtraumprofils, bestimmte Objekte verdecken. Aufgrund der Kenntnisse des Streckenverlaufs unter Verwendung des Streckenanlasses kann

aber ermittelt werden, ob die Objekte, die durch das Hindernis verdeckt werden, überhaupt im Lichtraumprofil liegen. Insbesondere, wenn die Hindernisse bereits früh, also in größerer Entfernung als durch den Sicherheitsabstand vorgegeben, erfasst werden, kann durch die daraus resultierenden Freimeldungen der betreffenden vor dem Sicherheitsabstand liegenden Streckenabschnitte später darauf geschlossen werden, dass andere verdeckte Gegenstände durch Hindernisse verdeckt werden, die nicht im Lichtraumprofil liegen.

[0033] Von Interesse ist nach dieser Ausgestaltung der Erfindung nur das Lichtraumprofil, das man sich als virtuellen Tunnel um die Strecke vorstellen kann. Jeden Sensor kann man in Gedanken nun mit den Umrissen jedes Objekts durch logische Strahlen verbinden, so wie beim Ray Tracing in der Computergrafik. Wenn man ein Objekt ohne Behinderung oder Überschneidungen erkennt, weiß man, dass sich auf den dazugehörigen Strahlen keine Hindernisse befinden können. Auf jeder Entfernung kann man sich nun eine geometrischen 2D-Schnitt durch das Lichtraumprofil des Strahlengangs mit der Querschnittsfläche des Tunnels denken, mit anderen Worten eine Scheibe des Tunnels in einer gewissen Entfernung. Bei Kurven muss zusätzlich noch betrachtet werden, welche Scheiben überhaupt im Sichtfeld liegen.

[0034] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass im Falle der Anwesenheit eines Hindernisses ermittelt wird, welche Teile des Lichtraumprofils von dem Hindernis verdeckt sind, die verdeckten Teile des Lichtraumprofils mit Mustern für bestimmte Arten von Hindernissen verglichen werden und, wenn eine Übereinstimmung mit einem Muster festgestellt wird, die verdeckten Teile des Lichtraumprofils der durch das Muster repräsentierten Art von Hindernissen zugeordnet wird.

[0035] Durch einen Vergleich mit Mustern ist es somit möglich, trotz des indirekten Nachweises von Hindernissen einen Rückschluss auf die Art des Hindernisses zu ziehen. Die Kenntnis der Art des Hindernisses kann beispielsweise genutzt werden, um die eingeleitete Sicherheitsmaßnahme zu beeinflussen. Während beispielsweise der Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug mit allen Mitteln verhindert werden muss, könnte das Vorhandensein eines kleineren Gegenstandes auf der Strecke mit einer weniger drastischen Sicherheitsmaßnahme verknüpft werden.

[0036] Nun kann man beispielsweise die oben genannten Scheiben des Lichtraumprofils gegen typische Muster von Hindernissen prüfen. Z.B. würde ein auf der Strecke stehender Waggon fast die komplette Fläche der Scheibe ausmachen, d. h. schon bei geringen erkannten Hindernis-Schnitten kann man ausschließen, dass ein Waggon als Hindernis vorliegt. Bei Bäumen mit herabhängenden Ästen und vielen anderen relevanten Hindernissen muss z. B. ein Großteil im Fuß-Bereich der Scheibe frei sein, damit diese überhaupt vorliegen können. Ein umgestürzter Baumstamm verdeckt dagegen nur den unteren Teil der Scheibe.

[0037] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist

vorgesehen, dass als Objekte Verkehrszeichen erfasst werden, die eine Information für die Erfassung des Objektes tragen.

[0038] Diese Maßnahme ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn an der Strecke nicht genügend Objekte vorhanden sind, die zu einer lückenlosen Hinderniserkennung beitragen können. In diesem Fall können zusätzliche Verkehrszeichen aufgestellt werden, die als Hauptfunktion die Erfassung als Objekt haben. Dabei wird zumindest die Funktion, ein zu erfassendes Objekt zu sein, als Information in das Verfahren eingespeist. Gleichzeitig können die Verkehrszeichen auch eine Kodierung enthalten, mit der eine zusätzliche Informationen erfasst werden kann. Hierbei kann es sich beispielsweise um Ortskoordinaten handeln.

[0039] Als vorteilhaft kann sich insbesondere erweisen, spezielle Tafeln zu platzieren, zum Beispiel tief stehende Tafeln, um den Fußbereich des Lichtraumprofils abzudecken. Schon bei der Projektierung kann man dies berücksichtigen, um z. B. bestimmte Hindernisse auf der gesamten Strecke auszuschließen.

[0040] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass nach dem Auslösen der Bewertung, dass sich ein Hindernis auf der Strecke befindet, der zeitliche Verlauf bei der Erfassung der Objekte verfolgt wird, und Zeitintervalle, in denen die Objekte nicht erfasst werden können, unter Berücksichtigung des Streckenanlasses zur Bestimmung der Geometrie des Hindernisses genutzt werden.

[0041] Immer, wenn ein Objekt temporär nicht zu erkennen ist, kann davon ausgegangen werden, dass das bereits erkannte Hindernis eine Sicht auf dieses Objekt verhindert. Da der Ort des Fahrzeugs sowie der Ort des zu erfassenden Objektes bekannt sind, lässt sich aus der daraus resultierenden Blickachse schließen, in welchen Teilen des Lichtraumprofils das Hindernis das Objekt verdeckt. Auf diese Weise ist es möglich, unter Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufes ein präziseres Bild des Hindernisses zu erstellen.

[0042] So könnte man den zeitlichen Verlauf der erkannten Hindernisse verfolgen, wenn es zu temporären Störungen bei der Sensorik kommt. Denn ist es unwahrscheinlich, dass, wenn bis zu einem bestimmten Zeitpunkt ein bestimmtes Hindernis ausgeschlossen werden konnte, dieses innerhalb einer kurzen Zeitspanne auftritt. Bei bestimmten Hindernissen, die eine große Tiefe haben, könnte man statt einer Scheibe des Lichtraumprofils auch einen Volumenschnitt vergleichen, d. h. Scheiben über einen bestimmten Bereich.

[0043] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass nach dem Auslösen der Bewertung, dass sich ein Hindernis auf der Strecke befindet, das Fahrzeug mit der Sensoreinrichtung das in Fahrtrichtung vor dem Fahrzeug liegende Hindernis erfasst und das erfasste Hindernis rechnergestützt erkannt wird.

[0044] Mit anderen Worten wird für den Fall, dass das Vorhandensein eines Hindernisses erkannt wurde, eine Hinderniserkennung in dem Sinne durchgeführt, wie dies

gemäß dem Stand der Technik an sich bekannt ist. Im Vergleich zu dem Verfahren gemäß dem Stand der Technik ist allerdings zu diesem Zeitpunkt bereits bekannt, dass sich ein Hindernis auf der Strecke befindet. Sicherheitsmaßnahmen können daher bereits eingeleitet werden. Die Erkennung des Hindernisses als solchem, insbesondere die Erkennung der Art des Hindernisses kann allerdings zusätzliche Informationen hervorbringen, die die Entscheidung beeinflussen können, wie die Sicherheitsmaßnahme durchzuführen ist (hierauf wurde bereits eingegangen).

[0045] Die genannte Aufgabe wird alternativ mit dem eingangs angegebenen Anspruchsgegenstand (Anordnung) erfindungsgemäß auch dadurch gelöst, dass die Anordnung eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche auszuführen.

[0046] Die genannte Aufgabe wird alternativ mit dem eingangs angegebenen Anspruchsgegenstand (Fahrzeug) erfindungsgemäß auch dadurch gelöst, dass die Anordnung eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6 auszuführen.

[0047] Mit der Anordnung und dem Fahrzeug lassen sich die Vorteile erreichen, die im Zusammenhang mit dem obenstehend näher beschriebenen Verfahren bereits erläutert wurden. Das zum erfindungsgemäßen Verfahren Aufgeführte gilt entsprechend auch für diese erfindungsgemäßen Vorrichtungen.

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

[0048] Darüber hinaus wird eine Bereitstellungsvorrichtung zum Speichern und/oder Bereitstellen des Computerprogrammprodukts beansprucht. Die Bereitstellungsvorrichtung ist beispielsweise ein Speichereinheit, die das Computerprogrammprodukt speichert und/oder bereitstellt. Alternativ und/oder zusätzlich ist die Bereitstellungsvorrichtung beispielsweise ein Netzwerkdienst, ein Computersystem, ein Serversystem, insbesondere ein verteiltes, beispielsweise cloudbasiertes Computersystem und/oder virtuelles Rechnersystem, welches das Computerprogrammprodukt vorzugsweise in Form eines Datenstroms speichert und/oder bereitstellt.

[0049] Die Bereitstellung erfolgt in Form eines Programmdatenblocks als Datei, insbesondere als Downloaddatei, oder als Datenstrom, insbesondere als Downloaddatenstrom, des Computerprogrammprodukts. Diese Bereitstellung kann beispielsweise aber auch als partieller Download erfolgen, der aus mehreren Teilen besteht. Ein solches Computerprogrammprodukt wird beispielsweise unter Verwendung der Bereitstellungsvorrichtung in ein System eingelesen, sodass das erfindungsgemäße Verfahren auf einem Computer zur Ausführung gebracht wird.

[0050] Weitere Einzelheiten der Erfindung werden

nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Gleiche oder sich entsprechende Zeichnungselemente sind jeweils mit den gleichen Bezugssymbolen versehen und werden nur insoweit mehrfach erläutert, wie sich Unterschiede zwischen den einzelnen Figuren ergeben.

[0051] Beiden im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung. Bei den Ausführungsbeispielen stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsformen jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden und damit auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung anzusehen sind. Des Weiteren sind die beschriebenen Komponenten auch durch mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen der Erfindung kombinierbar.

[0052] Es zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtungen mit ihren Wirkzusammenhängen schematisch,

Figur 2 ein schematisches Beispiel für ein Lichtraumprofil, welches das Hindernis gemäß Figur 1 darstellt.

Figur 3 ein Lichtraumprofil, welches als Hindernis ein auf dem Gleis befindliches Fahrzeug darstellt.

Figur 4 ein Ausführungsbeispiel einer Computer-Infrastruktur der Vorrichtung gemäß Figur 1 als Blockschaltbild, wobei die einzelnen Funktionseinheiten Programmmodulen enthalten, die jeweils in einem oder mehreren Prozessoren ablaufen können und die Schnittstellen demgemäß softwaretechnisch oder hardwaretechnisch ausgeführt sein können,

Figur 5 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens als Flussdiagramm, wobei die einzelnen Verfahrensschritte einzeln oder in Gruppen durch Programmmodulen verwirklicht sein können und wobei die Funktionseinheiten und Schnittstellen gemäß Figur 4 beispielhaft angedeutet sind.

[0053] In Figur 1 ist ein Fahrzeug FZ dargestellt, welches in einer Fahrtrichtung FR auf einem Gleis GL unterwegs ist. Dieses Fahrzeug FZ weist einen ersten Sensor SN1 an der Vorderseite auf, welcher in einer Blickrichtung BR, angedeutet als optischer Aperturwinkel mit Strichpunktlinien als Winkelschenkel, Objekte OB1 ... OB8 auf und an dem Gleis GL erfassen kann.

[0054] In Figur 1 sind viele verschiedene mögliche Objekte, die zur Erfassung vorgesehen sind, dargestellt. Bei dem ersten Objekt OB1 handelt es sich um eine im Gleis GL verbaute Balise. Bei dem zweiten Objekt OB2 handelt es sich um eine Mast für eine Oberleitung. Dieser ist exemplarisch dargestellt, wobei die durch das Gleis GL ge-

bildete Strecke selbstverständlich eine Vielzahl solcher Masten begleitet, welche durch den ersten Sensor SN1 erfasst werden können. Bei dem dritten Objekt OB3 handelt es sich um ein Signal. Bei dem vierten bis siebten Objekt OB4, OB5, OB6, OB7 handelt es sich um spezielle Verkehrszeichen, die angedeutet durch ein X, eine Kennung tragen, die optisch erfasst werden kann. Bei dem achten Objekt OB8 handelt es sich um den Eingang eines Tunnels. Die Objekte OB1 ... OB6 befinden sich in einem Sicherheitsabstand SCA, innerhalb dessen dies zuverlässig erkannt sein müssen.

[0055] Das Fahrzeug FZ weist eine Antenne AT auf, und ist über Funk über eine erste Schnittstelle S1 mit einer Antenne AT einer Leitzentrale LZ sowie über eine zweite Schnittstelle S2 mit einem Satelliten STL verbunden. Der Satellit gehört vorzugsweise zu einem Navigationssystem (beispielsweise GPS), sodass das Fahrzeug FZ selbstständig seine Position ermitteln kann. Über die Leitzentrale LZ können beispielsweise Fahrplandaten sowie ein Streckenatlas an das Fahrzeug FZ übertragen werden (hierzu im Folgenden mehr).

[0056] Auf dem Gleis GL liegt weiterhin ein erstes Hindernis HD1 in Form eines umgestürzten Baumes. Dieses ist nicht als Objekt bekannt. Allerdings verdeckt dieses in Blickrichtung BR des Fahrzeugs FZ gesehen, einige Objekte OB4 ... OB7, die deswegen durch den ersten Sensor SN1 nicht an der erwarteten Stelle detektiert werden können (obwohl sie im Sicherheitsabstand SCA liegen).

[0057] Betrachtet man ein erstes Lichtraumprofil LPR1, welches in Figur 1 dargestellt ist, so wird innerhalb dieses Lichtraumprofils ein Bild der Objekte OB4, OB5, OB6, OB7 nicht ermittelt werden können. Die Verkehrszeichen, die diese Objekte darstellen, sind in ihrer Höhe so gewählt, dass sie vorzugsweise durch Hindernisse nah am Boden, wie das erste Hindernis HD1 in Form eines Baumstamms, verdeckt werden.

[0058] In Figur 2 ist das erste Lichtraumprofil LPR1 dargestellt. Das erste Hindernis HD1 erscheint als schraffierte Fläche, wobei deren genaue Gestalt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht erkannt wird. Allerdings kann auf die Form des ersten Hindernisses HD1 geschlossen werden, da dieses das vierte Objekt OB4, das fünfte Objekt OB5, das sechste Objekt OB6 und das siebte Objekt OB7 verdeckt. Demgegenüber ist das dritte Objekt in Form eines Signals noch zu erkennen, wodurch bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auf die Höhe des ersten Hindernisses HD1 geschlossen werden kann.

[0059] Außerdem ist in Figur 2 zu erkennen, dass die Ausdehnung des ersten Hindernisses HD1 nur innerhalb des ersten Lichtraumprofils LRP1 bestimmt wird. Auch, wenn beispielsweise das vierte Objekt OB4 auch durch das erste Hindernis HD1 (vgl. Figur 1) verdeckt wird, so ist das nicht relevant für das erste Lichtraumprofil LPR1. Anders gesagt, würde ein Hindernis, welches in der augenblicklichen Blickrichtung BR, wie diese in Figur 1 dargestellt ist, nur das vierte Objekt OB4 verdeckt, kein Hindernis darstellen, weil dieses außerhalb des Lichtraum-

profils liegen würde.

[0060] Figur 3 stellt ein zweites Lichtraumprofil LRP2 dar, welches nicht in Figur 1 gekennzeichnet ist. In diesem befindet sich beispielhaft ein zweites Hindernis HD2, welches das Lichtraumprofil LRP2 fast vollständig ausfüllt. Hier kann auf ein weiteres Fahrzeug auf dem Gleis GL geschlossen werden, weswegen zur Vermeidung von Kollisionen ein sofortiges Handeln, vorzugsweise in Form einer Notbremsung, erforderlich ist.

[0061] In Figur 4 ist eine Computerinfrastruktur dargestellt, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. Programmmodulen können hierbei durch einen ersten Computer CP1 in der Leitzentrale LZ, durch einen zweiten Computer CP2 im Fahrzeug FZ und innerhalb einer Cloud CLD abgearbeitet werden.

[0062] Die Leitzentrale LZ besitzt einen ersten Computer CP1, der über eine dritte Schnittstelle S3 mit einer ersten Speichereinrichtung SE1 verbunden ist. Außerdem ist der erste Computer CP1 über eine achte Schnittstelle S8 mit der Cloud CLD verbunden. Wie bereits erwähnt, ist der erste Computer CP1 über eine erste Schnittstelle S1 mit einem zweiten Computer CP2 des Fahrzeugs FZ verbunden.

[0063] Der zweite Computer CP2 weist eine vierte Schnittstelle S4 zu einer zweiten Speichereinrichtung SE2 auf. Außerdem ist in dem Fahrzeug FZ ein Ortungsmodul GPS vorgesehen, welches über eine siebte Schnittstelle S7 mit dem zweiten Computer CP2 sowie über die zweite Schnittstelle S2 mit dem Satelliten SEL verbunden ist. Das Fahrzeug FZ weist außerdem einen ersten Sensor SN1, beispielsweise eine Kamera, und einen zweiten Sensor SN2, beispielsweise ein Radar, auf. Die Sensordaten des ersten Sensors SN1 werden über eine fünfte Schnittstelle S5 und die Sensordaten des zweiten Sensors SN2 über eine sechste Schnittstelle S6 an den zweiten Computer CP2 übertragen.

[0064] Figur 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel für einen Verfahrensablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens, ergänzt um einige vorbereitende Abläufe. Dargestellt ist die Cloud CLD, die einen Dienst zur Erstellung eines Streckenatlasses STA zur Verfügung stellt. Zu diesem Zweck wird durch ein Messfahrzeug FZM eine Messfahrt durchgeführt, die nach einem Start des Verfahrens in einem Erzeugungsschritt für Streckendaten GEN STD Streckendaten erzeugt, bei denen es sich beispielsweise um die digitalen Bilder von Streckenausschnitten handelt. Diese können in einem Ausgabeschritt für Streckendaten STD_OT über eine Schnittstelle S9 an die Cloud CLD übertragen werden und dort gespeichert werden. An die Cloud CLD ist weiterhin ein nicht näher dargestellter Dienstleister angeschlossen, welcher in einem Erzeugungsschritt für den Streckenatlas GEN_STA einen Streckenatlas erstellt. Dieser kann insbesondere aus einer virtuellen Realität VR bestehen, also einer dreidimensionalen Darstellung des Umfelds der Strecke. Alternativ ist es möglich, eine zweidimensionale oder sogar eindimensionale Darstellung zu wählen. Der Streckenatlas STA wird in der Cloud CLD abgespeichert.

[0065] Nachdem in der Leitzentrale LZ das Verfahren gestartet wurde, wird der Streckenatlas STA über die achte Schnittstelle S8 in einem Eingabeschritt für den Streckenatlas STA_IN zur Verfügung gestellt. Außerdem wird in einem Eingabeschritt für den Fahrplan FPL_IN ebenfalls über die achte Schnittstelle S8 aus der Cloud CLD ein Fahrplan FPL geladen.

[0066] In einem darauffolgenden Abfrageschritt FZ? wird geklärt, ob sich ein Fahrzeug im Einsatz befindet. Ist dies nicht der Fall, wird in einem Abfrageschritt für das Verfahrensende FTP? abgefragt, ob das Betriebsverfahren in der Leitzentrale LZ beendet werden soll. Ist dies der Fall, wird das Verfahren gestoppt. Ist dies nicht der Fall, so wird in einem weiteren Eingabeschritt FPL_IN eine Erneuerung der Fahrplandaten vorgenommen und das Verfahren beginnt von Neuem.

[0067] Wenn das Fahrzeug FZ gestartet wurde, führt der Abfrageschritt FZ? dazu, dass der Leitzentrale LZ bestätigt wird, dass ein Fahrzeug im Einsatz ist, sodass

der Streckenatlas STA über die erste Schnittstelle S1 in einem Eingabeschritt für den Fahrplan STA_IN eingelesen werden kann. Anschließend erfolgt im Fahrzeug ein Erfassungsschritt für Objekte SEN_OB, bei dem Sensordaten zur Erkennung von Objekten erzeugt werden. In einem nachfolgenden Erkennungsschritt für Objekte IDF_OB werden die Sensordaten dahingehend verarbeitet, dass vor dem Fahrzeug FZ liegende Objekte OB erkannt werden.

[0068] In einem nachfolgenden Erkennungsschritt für Hindernisse IDF_HD wird ein Abgleich der im vorhergehenden Erkennungsschritt für Objekte IDF_OB gefundenen Objekte mit den aufgrund einer Auswertung des Streckenatlas STA zu erwartenden Objekten durchgeführt. Hierbei geht in nicht dargestellter Weise die Kenntnis der Fahrzeugposition ein. Ein Hindernis wird identifiziert, wenn ein Objekt, dessen Erkennung aufgrund der Kenntnis des Streckenatlasses zu erwarten wäre, im Blickfeld BF des Fahrzeugs nicht erkannt werden kann. Hierbei wird der in Figur 1 dargestellte Sicherheitsabstand SCA berücksichtigt, der ein Maß für den kleinsten Abstand vom Fahrzeug und somit auch den spätesten Zeitpunkt darstellt, wann ein Objekt erkannt worden sein muss. Also spätestens, wenn dieses in den Sicherheitsabstand SCA eindringt.

[0069] Wurde ein Hindernis erkannt, wird in einem Abfrageschritt für kritische Hindernisse CRT? geprüft, ob das Hindernis ein Problem für das herannahende Fahrzeug darstellt. Dies ist insbesondere der Fall, wenn das Hindernis in das Lichtraumprofil hineinragt (vgl. das zu Figur 1 und 2 Ausgeführte). Ist das Hindernis nicht kritisch, wird in einem Abfrageschritt für das Verfahrensende ermittelt, ob der Betrieb des Fahrzeugs FZ beendet wurde. Ist dies der Fall, wird das Verfahren gestoppt. Ist dies nicht der Fall, beginnt der geschilderte Verfahrensablauf mit dem Erfassungsschritt für Objekte SEN_OB von neuem.

[0070] Handelt es sich um ein kritisches Hindernis, wird in einem nächsten Schritt eine Notbremsung EBK

ausgelöst. Anschließend erfolgt in einem Ausgabeschritt für den Notfall E OT über die erste Schnittstelle S1 eine Mitteilung an die Leitzentrale LZ, die daraufhin eine entsprechende Fahrplanänderung vornimmt (in Figur 5 nur angedeutet). In jedem Falle wird auch nach der Notbremsung EBK das Verfahren in dem Fahrzeug FZ gestoppt.

Bezugszeichenliste

[0071]

LZ	Leitzentrale
FZ	Fahrzeug
FZM	Messfahrzeug
FR	Fahrtrichtung
BR	Blickrichtung
GL	Gleis
AT	Antenne
STL	Satellit
SCA	Sicherheitsabstand
LRP1 ... LRP2	Lichtraumprofil
HD1 ... HD2	Hindernis
OB1 ... OB8	Objekt
CP1 ... CP2	Computer
SE1 ... SE	Speichereinrichtung
SN1 ... SN	Sensor
S1 ... S	Schnittstelle
CLD	Cloud
GPS	Ortungsmodul
STA	Streckenatlas
STD	Streckendaten
GEN_STD	Erzeugungsschritt für Streckendaten
STD_OT	Ausgabeschritt für Streckendaten
GEN_STA	Erzeugungsschritt für Streckenatlas
STA_IN	Eingabeschritt für Streckenatlas
FPL_IN	Eingabeschritt für Fahrplan
SEN_OB	Erfassungsschritt für Objekte
IDF_OB	Erkennungsschritt für Objekte
IDF_HD	Erkennungsschritt für Hindernisse
CRT?	Abfrageschritt für kritisches Hindernis
EBK	Notbremsung
STP?	Abfrageschritt für Verfahrensende
FZ?	Abfrageschritt für Fahrzeug im Einsatz
E_OT	Ausgabeschritt für Notfall

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen von Hindernissen (HD1 ... HD2) auf einer Strecke, die von einem Fahrzeug (FZ) befahren wird, bei dem

- das Fahrzeug (FZ) mit einer Sensoreinrichtung in Fahrtrichtung (FR) vor dem Fahrzeug (FZ) liegende Objekte (OB1 ... OB8) erfasst,
- die erfassten Objekte (OB1 ... OB8) rechner-

gestützt erkannt werden und
• zur Erkennung von Hindernissen (HD1 ... HD2) rechnergestützt bewertet werden,

dadurch gekennzeichnet,

dass für das Bewerten der Objekte (OB1 ... OB8) ein Streckenatlas (STA) verwendet wird, der eine Vielzahl von zu erkennenden Objekten (OB1 ... OB8) und deren Position an oder auf der Strecke enthält, wobei

- für die erkannten Objekte (OB1 ... OB8) Ortsangaben ermittelt werden,
- die Ortsangaben mit dem Streckenatlas (STA) abgeglichen werden,
- jedes erkannte Objekt (OB1 ... OB8), dessen Ortsangabe mit der Position eines entsprechenden zu erkennenden Objektes (OB1 ... OB8) übereinstimmt, eine Bewertung auslöst, dass die Strecke frei ist,

solange, bis

- innerhalb eines vorgegebenen Sicherheitsabstandes (SCA) vor dem Fahrzeug (FZ) ein zu erkennendes Objekt (OB1 ... OB8) in dem Streckenatlas (STA) enthalten ist, dem kein erkanntes Objekt (OB1 ... OB8) zugeordnet wurde, und
- unabhängig von vorher ausgelösten Bewertungen die Bewertung auslöst wird, dass sich ein Hindernis (HD1 ... HD2) auf der Strecke befindet.

2. Verfahren nach Anspruch 1

dadurch gekennzeichnet,

dass die Bewertung, dass sich ein Hindernis (HD1 ... HD2) auf der Strecke befindet, nur ausgelöst wird, wenn sich das Hindernis (HD1 ... HD2) zumindest teilweise im Lichtraumprofil (LRP1 ... LRP2) befindet.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass im Falle der Anwesenheit eines Hindernisses (HD1 ... HD2)

- ermittelt wird, welche Teile des Lichtraumprofils (LRP1 ... LRP2) von dem Hindernis (HD1 ... HD2) verdeckt sind,
- die verdeckten Teile des Lichtraumprofils (LRP1 ... LRP2) mit Mustern für bestimmte Arten von Hindernissen (HD1 ... HD2) verglichen werden,
- wenn eine Übereinstimmung mit einem Muster festgestellt wird, die verdeckten Teile des Lichtraumprofils (LRP1 ... LRP2) der durch das Muster repräsentierten Art von Hindernissen

- (HD1 ... HD2) zugeordnet wird.
- 4.** Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Objekte (OB4 ... OB7) Verkehrszeichen erfasst werden, die eine Information für die Erfassung der Objekte (OB4 ... OB7) tragen.
- 5.** Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass nach dem Auslösen der Bewertung, dass sich ein Hindernis (HD1 ... HD2) auf der Strecke befindet,
10
15
 - der zeitliche Verlauf bei der Erfassung der Objekte (OB1 ... OB8) verfolgt wird,
 - Zeitintervalle, in denen die Objekte (OB1 ... OB8) nicht erfasst werden können, unter Berücksichtigung des Streckenanlasses zur Bestimmung der Geometrie des Hindernisses (HD1 ... HD2) genutzt werden.
- 6.** Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass nach dem Auslösen der Bewertung, dass sich ein Hindernis (HD1 ... HD2) auf der Strecke befindet,
25
30
 - das Fahrzeug (FZ) mit der Sensoreinrichtung das in Fahrtrichtung (FR) vor dem Fahrzeug (FZ) liegende Hindernis (HD1 ... HD2) erfasst,
 - Das erfasste Hindernis (HD1 ... HD2) rechnergestützt erkannt wird.
- 7.** Anordnung zur Erkennung von Hindernissen (HD1 ... HD2) mit
35
40
 - einer Sensoreinrichtung zum Erfassen von Objekten (OB1 ... OB8),
 - einem Computer (CP2) zum Erkennen der erfassten Objekte (OB1 ... OB8),**dadurch gekennzeichnet,**
dass die Anordnung eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche auszuführen.
- 8.** Fahrzeug (FZ), welches eine Anordnung zur Erkennung von Hindernissen (HD1 ... HD2) mit
45
50
55
 - einer Sensoreinrichtung zum Erfassen von in Fahrtrichtung (FR) vor dem Fahrzeug (FZ) liegenden Objekten (OB1 ... OB8),
 - einem Computer (CP2) zum Erkennen der erfassten Objekte (OB1 ... OB8)
aufweist,

dadurch gekennzeichnet,
dass die Anordnung eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6 auszuführen.

- 5** **9.** Computerprogrammprodukt mit Programmbefehlen zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 - 6.

- 10.** Bereitstellungsvorrichtung für das Computerprogrammprodukt nach dem letzten voranstehenden Anspruch, wobei die Bereitstellungsvorrichtung das Computerprogrammprodukt speichert und/oder bereitstellt.

15

20

25

35

40

45

50

55

FIG 1

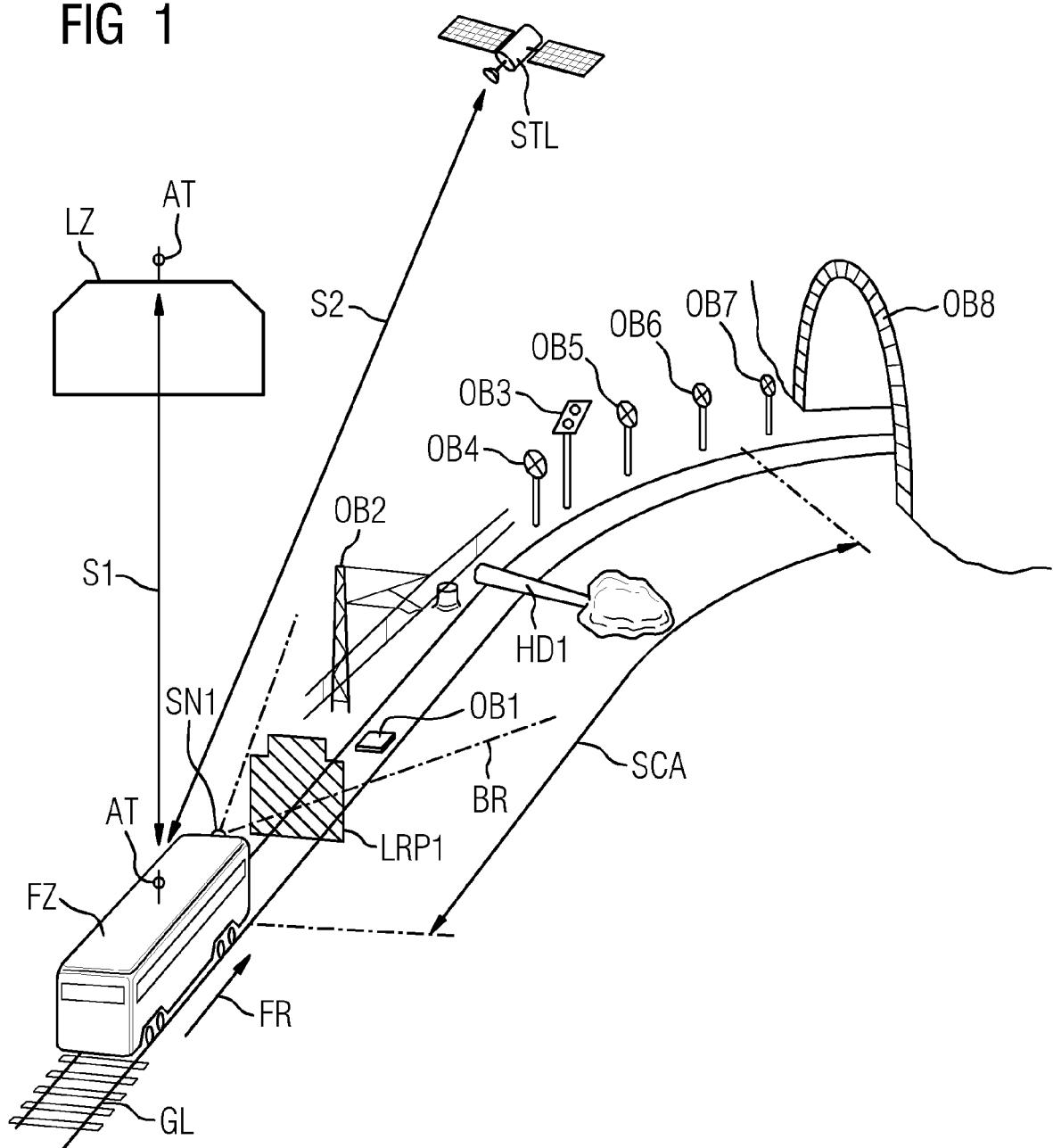


FIG 2

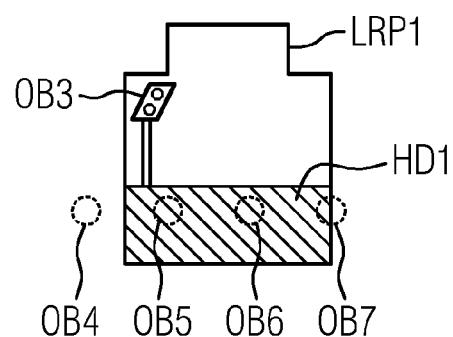


FIG 3

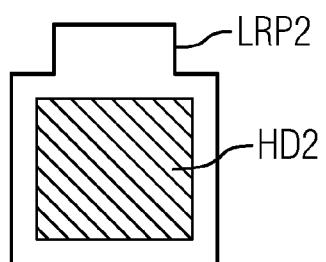


FIG 4

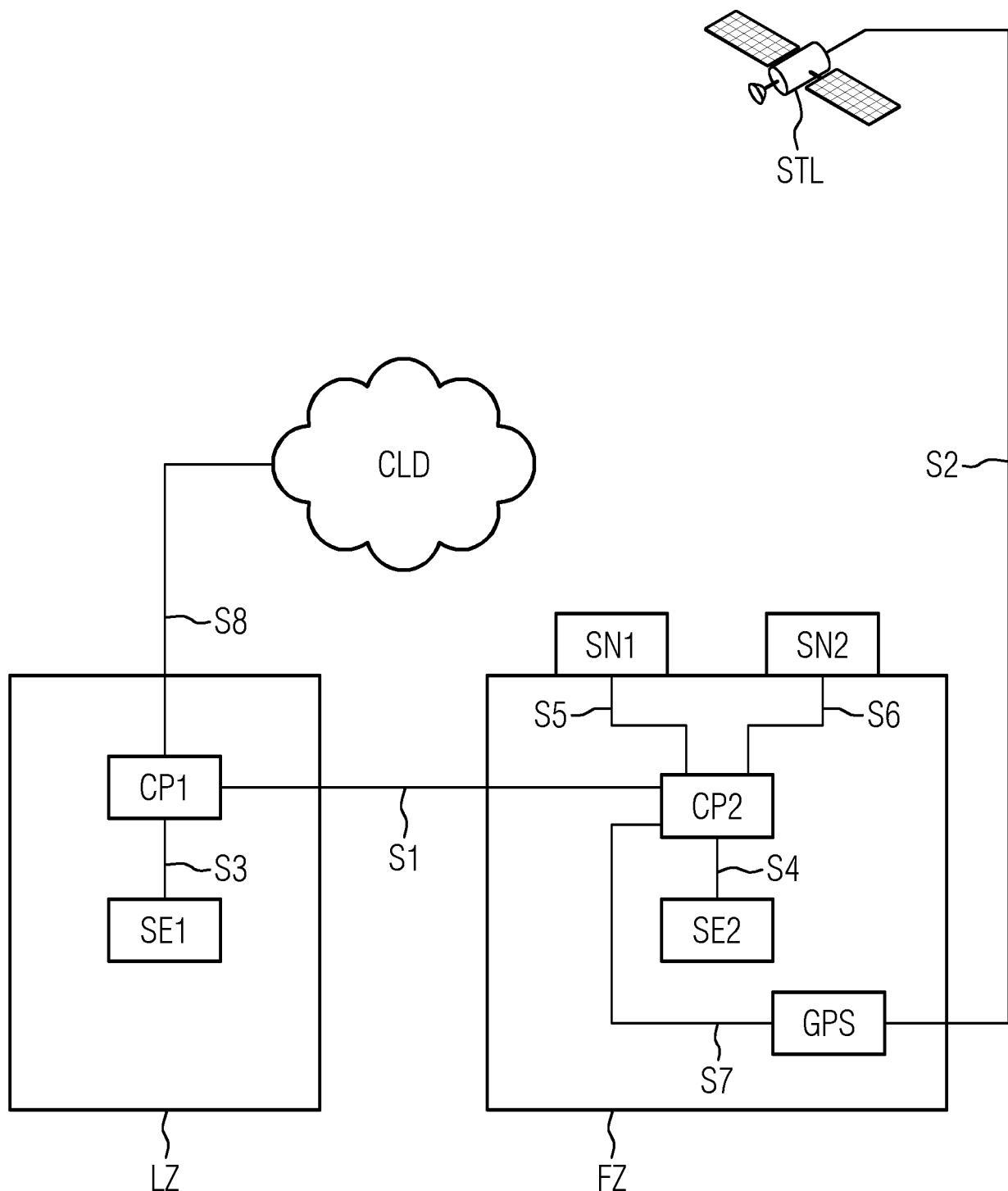
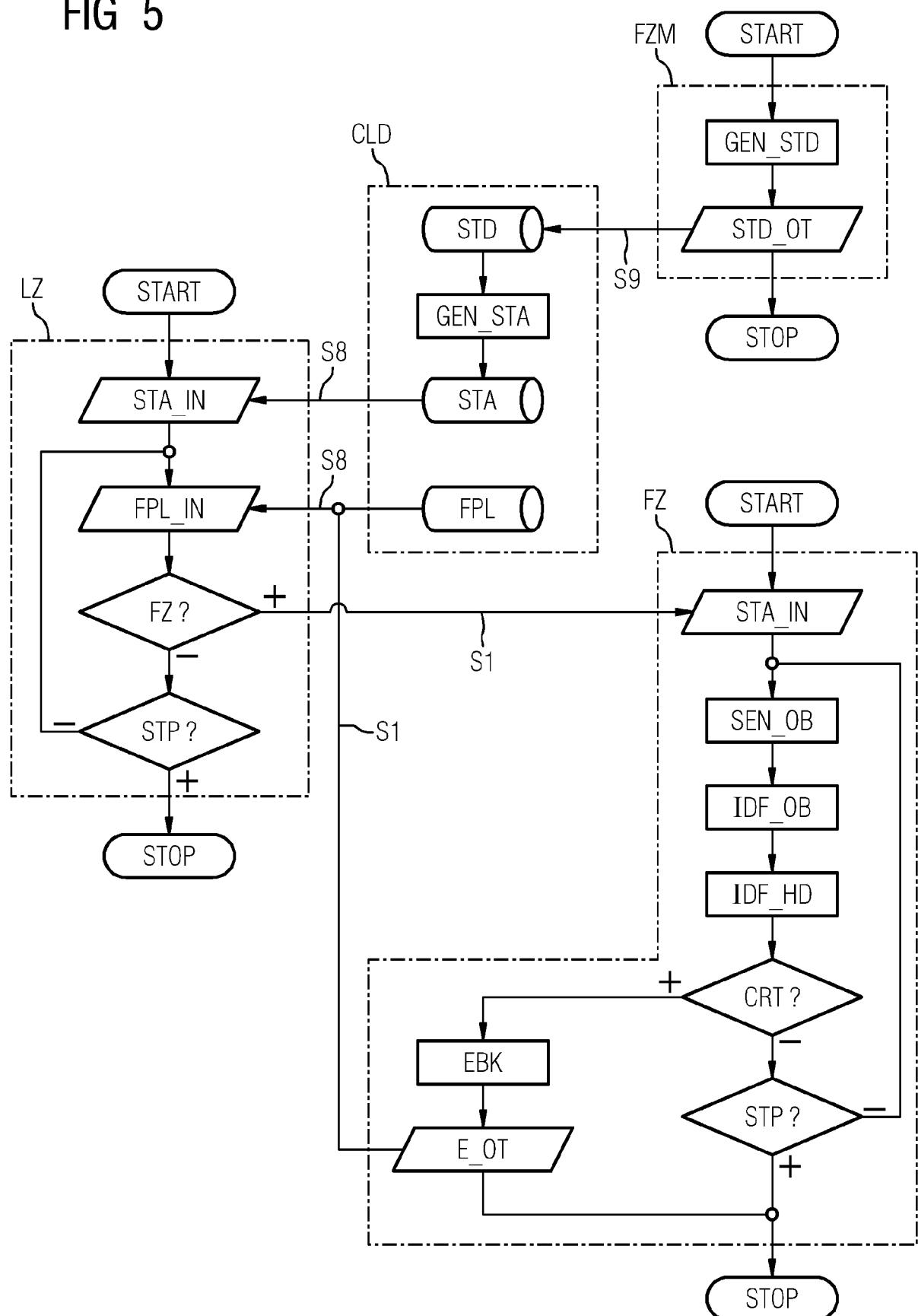


FIG 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 18 8893

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X	DE 10 2006 007788 A1 (SIEMENS AG [DE]) 30. August 2007 (2007-08-30)	1, 4, 6-10	INV. B61L23/04 G08G1/16
15	Y	* Zusammenfassung * * Absätze [0008] - [0010], [0014] - [0018], [0026] - [0032], [0035] * * Ansprüche 1-22 * * Abbildungen 1,2 *	2, 3, 5	
20	Y	DE 10 2014 206473 A1 (BOMBARDIER TRANSP GMBH [DE]) 8. Oktober 2015 (2015-10-08)	2, 3	
25	A	* Zusammenfassung * * Absätze [0007] - [0012], [0015], [0017], [0020], [0022], [0035], [0044] - [0050], [0089] * * Ansprüche 1,4-8,11-15 *	1, 4-10	
30	Y	US 2019/370569 A1 (GULATI KAPIL [US] ET AL) 5. Dezember 2019 (2019-12-05)	5	
35	A	* Zusammenfassung * * Abbildungen 14,15,19 * * Absätze [0004], [0009], [0012] - [0014], [0073], [0177] - [0184] * * Ansprüche 1-4,11-14 *	1-4, 6-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
40				B61L G08G
45			-/-	
50	1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 19. Januar 2022	Prüfer Quartier, Frank	
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
	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			



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 18 8893

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X	WO 2018/104454 A2 (SIEMENS AG [DE]) 14. Juni 2018 (2018-06-14)	1, 4, 6-10	
15	A	* Zusammenfassung * * Seite 1, Zeilen 3-5, 30-38 * * Seite 2, Zeilen 12-19 * * Seite 4, Zeile 13 - Seite 5, Zeile 11 * * Seite 6, Zeilen 10-38 * * Seite 7, Zeilen 12-20 * * Seite 7, Zeile 32 - Seite 8, Zeile 11 * * Seite 10, Zeile 23 - Seite 11, Zeile 29 * * * Seite 14, Zeilen 4-21 * * Seite 15, Zeilen 11-25 * * Seite 16, Zeile 4 - Seite 17, Zeile 21 * * Ansprüche 1-20 * * Abbildungen 1,2 *	2, 3, 5	
20		-----		
25	A	DE 10 2016 224212 A1 (SIEMENS AG [DE]) 7. Juni 2018 (2018-06-07) * Zusammenfassung * * Absätze [0001], [0006], [0008], [0009], [0011], [0015], [0016], [0018], [0020] - [0022], [0024], [0025], [0028], [0032], [0034], [0035] * * Absätze [0043], [0044], [0046], [0047] * * Ansprüche 1-14 * * Abbildung 1 *	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
30		-----		
35		-----		
40				
45				
50	1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
	Den Haag	19. Januar 2022	Quartier, Frank	
	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 Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		
55	EPO FORM 15/03 03/82 (P04C03)			

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

EP 21 18 8893

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

19-01-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102006007788 A1	30-08-2007	DE 102006007788 A1 WO 2007096273 A1	30-08-2007 30-08-2007
15	DE 102014206473 A1	08-10-2015	DE 102014206473 A1 WO 2015150340 A1	08-10-2015 08-10-2015
	US 2019370569 A1	05-12-2019	CN 112204635 A EP 3803832 A1 US 2019370569 A1 WO 2019232144 A1	08-01-2021 14-04-2021 05-12-2019 05-12-2019
20	WO 2018104454 A2	14-06-2018	CN 110087970 A EP 3523177 A2 RU 2719499 C1 WO 2018104454 A2	02-08-2019 14-08-2019 20-04-2020 14-06-2018
25	DE 102016224212 A1	07-06-2018	DE 102016224212 A1 EP 3526624 A1 WO 2018104191 A1	07-06-2018 21-08-2019 14-06-2018
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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