



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.10.2022 Patentblatt 2022/43

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 27/20 ^(2022.01) **B61L 21/10** ^(2006.01)
B61L 23/14 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21191486.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 27/20; B61L 21/10; B61L 23/14;
B61L 2027/202

(22) Anmeldetag: **16.08.2021**

(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 AG**
8304 Wallisellen (CH)

(72) Erfinder:
• **HOFER, Michael**
8142 Uitikon Waldegg (CH)
• **DIETHELM, Bernhard**
8854 Galgenen (CH)

(30) Priorität: **22.04.2021 EP 21169878**

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

(54) **VERFAHREN ZUR OPTIMIERTEN BELEGUNGSBEWERTUNG FÜR DIE ERTEILUNG EINER FAHRERLAUBNIS FÜR EIN SCHIENENFAHRZEUG/ZUG BEI EINEM VORAUSFAHRENDEN ZUG**

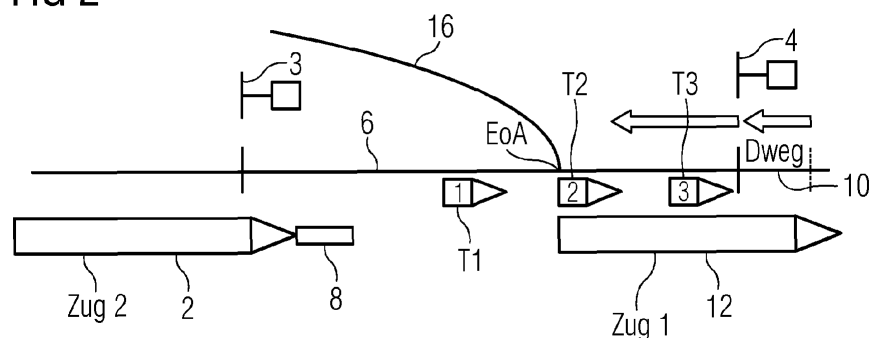
(57) Die Erfindung besteht in einem Verfahren zur optimierten Erteilung einer Fahrerlaubnis (Movement Authority) bei einem vorausfahrenden Zug (12) für einen Zug (2), dessen Einfahrt in einen mit einem Zielpunkt (4) gesicherten und in Fahrtrichtung des Zuges (2) gesehen vor diesem Zielpunkt (4) liegenden Zielabschnitt (6) unmittelbar bevorstehend vorgesehen ist, gelöst, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:

a) Bekanntgeben der Länge des Zuges (2) an ein auch diesen Streckenabschnitt (6) abdeckendes Leitsystem für die Zugdisposition;

b) Leitsystem- und Stellwerk-seitiges Vorsehen eines dem Zielpunkt (4) nachgeordneten Durchrutschweges (10); und

c) Leitsystem-seitiges Initiieren und Stellwerk-/RBC-seitiges Erteilen einer für die Einfahrt in den Zielabschnitt (6) berechtigenden Movement Authority für den Zug (2), wenn für eine für den Zielabschnitt (6) bestimmte Restbelegungsdauer durch einen den Zielabschnitt (6) verlassenden vorausfahrenden Zug (12) ein vorgegebener Grenzwert unterschritten wird.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur optimierten Belegungsbewertung für die Erteilung einer Fahrerlaubnis (Movement Authority) für ein Schienenfahrzeug/einen Zug bei einem vorausfahrenden Zug.

[0002] Die streckenseitigen Sicherungsanlagen (Stellwerk, RBC, zum Teil auch Leittechnik) müssen für den Bahnverkehr sowohl einen signaltechnisch sicheren als auch einen reibungslosen Betriebsablauf gewährleisten und die Betriebsprozesse optimal unterstützen. Die Ansprüche bzgl. Kapazität (Durchsatz) sind vor und seit der Einführung elektronischer Sicherungsanlagen gestiegen und werden aufgrund der gesellschaftlichen Entwicklung weiterhin ansteigen. Gleichzeitig steht die Forderung nach günstigeren und weniger komplexen Lösungen (Kostendruck seitens Infrastrukturbetreiber) dazu im Raum.

[0003] Zur Orientierung zeigt die Figur 1 einen Überblick über die heutige Struktur von Sicherungsanlagen und zeigt auch wie eine mögliche vereinfachte Struktur für die Zukunft gestaltet sein könnte.

[0004] Bei den elektronischen, streckenseitigen Sicherungsanlagen gibt es mehrere Ausprägungen mehrerer Hersteller. Bezogen auf die SBB (Infrastrukturbetreiber mit einer der höchsten Zugdichten im Bahnverkehr Europas) sind das die Folgenden:

1. Siemens: Stellwerk Simis® W CH + RBC Trainguard® 200 RBC + Leittechnik Ittis®
2. Thales: Stellwerk Elektra II + RBC Thales + Leittechnik Ittis®

[0005] Diese Stellwerke basieren entweder auf dem ursprünglichen Spurplanprinzip (Simis® W CH) oder auf dem ursprünglichen Verschlussplanprinzip (Elektra II), wobei aufgrund der Möglichkeiten in den elektronischen Systemen und den Tools zu deren Bereitstellung die Umsetzung dieser Prinzipien nicht mehr in reiner Form erfolgt.

[0006] Gemeinsam ist beiden Ansätzen, dass jede mögliche Rangier- und Zugfahrt über Fahrstrasseninstanzen abgewickelt wird. Als Fahrstrasse wird dabei die geordnete Menge aller relevanten Instanzen von Weichen, Gleisabschnitten, etc. bezeichnet, welche den Fahrweg von einem möglichen Start bis zu einem nächstmöglichen Ziel bilden.

[0007] Dies gilt insbesondere für die Leittechnik und den zentralen Teil des Stellwerks (Komponente IIC/OMC bei Simis® W CH) bzw. für das gesamte Stellwerk (Elektra II). Die RBC beider Hersteller folgen jeweils ähnlichen Prinzipien, stützen aber in jedem Fall auf zuverlässigen Informationen des jeweiligen Stellwerks ab, die wiederum auf der Basis der o.g. Fahrstrasseninstanzen ermittelt werden.

[0008] Die Anzahl der Fahrstrasseninstanzen und deren Kombinationen (mehrere aufeinanderfolgende Fahrstrassen) macht einen erheblichen Teil der Daten der

Sicherungsanlage aus. Die Fahrweg-Daten von Fahrstrasseninstanzen müssen konsistent mit der zugrundeliegenden Aussenanlage sein, da sie die Stetigkeit und Unterbruchsfreiheit von Fahrwegen deklarieren und damit Sicherheitsverantwortung tragen (SIL 4). Sie müssen daher bei Umbauten und Erweiterungen - zusätzlich zu den einzelnen Elementen wie Weichen, etc. - in jedem Fall konsistent nachgepflegt und auf Vollständigkeit und Korrektheit geprüft werden.

[0009] Bei den bisherigen Kapazitätssteigerungen (sowohl mit ETCS L0 bzw. L1LS als auch mit ETCS L2) wurde dabei der Ansatz verfolgt noch mehr Fahrstrassenabschnitte durch die Unterteilung mit weiteren Start- und Ziel-Elementen (optische Signale oder ETCS-Halt-signale/ETCS-Standortsignale, kurz EHS/ESS) einzuführen. Dies bedingt eine ungleich höhere Zahl an Signalen und Fahrstrasseninstanzen und deren Kombinationen und wirkt sich negativ auf die Beherrschbarkeit dieser Daten aus.

[0010] Ideen für ETCS L3, insbesondere Hybrid L3, gehen hier noch einen Schritt weiter und versuchen in einigen Ansätzen die optimale Länge dieser und noch mehr zusätzlicher Fahrstrasseninstanzen zu ermitteln (Virtual Subsectioning, Virtual Block). Allerdings wird in diesen Ansätzen oft als einziges Kriterium die Verbesserung des Headways zwischen zwei Zügen insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten herangezogen. Vollständiger Moving Block gemäss ETCS L3 wird in diesem Bereich vor dem Hintergrund des Fahrens im absoluten Bremswegabstand dabei kaum als Mehrwert betrachtet und für das Fahren im relativen Bremswegabstand bei hohen Geschwindigkeiten werden die Risiken noch immer als zu hoch beurteilt. Was in diesen Ansätzen jedoch zu kurz kommt, ist die Entwicklung und Bereitstellung von neuen Kriterien für einen optimalen Betrieb (sowohl Zugfolge, Fahrplan als auch Energieverbrauch) bei gemässigten Geschwindigkeiten in komplexen, dicht befahrenen Zonen.

[0011] Um beispielsweise den Durchsatz in einem Bahnhof zu steigern, bedarf es jedoch nach dem Stand der Technik und den aktuellen Regelwerken eines aufwändigen Anlagen-Designs und -Engineerings verbunden mit dem Einsatz zusätzlicher Signalstaffeln, sei es mit optischer Signalisierung oder ETCS-Halt/Standort-Signalen (EHS/ESS) bei ETCS Level 2 und zusätzlichen Gleisfreimeldeabschnitten, Achszählern und/oder Gleiskreise.

[0012] Neuere Technologien zur Ortung von Zügen (GNSS, etc.), durchgängige Train Integrity Monitoring Systeme (TIMS) über heterogene Fahrzeugflotten hinweg und höhere Informationsdichte (z.B. Häufigkeit eines Train Position Reports) mittels FRMCS anstatt GSM-R sind jedoch noch weit von einer Reife für eine flächendeckende Anwendung von ETCS Level 3 im Eisenbahnnetz entfernt. Erst diese Systeme würden zusätzliche Achszähler und den übermassigen Einsatz von ETCS-Halt/Standort-Signalen vermeiden.

[0013] Es mangelt daher an vernünftigen Übergangs-

lösungen bis zur Erlangung einer hinreichenden Reife mit geringerem Investitions- und/oder Engineering-Bedarfs.

[0014] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur optimierten Belegungsbewertung für die Erteilung einer Fahrerlaubnis (Movement Authority) für einen Zug in einen mit einem Zielpunkt gesicherten Zielabschnitt, z.B. ein Gleisabschnitt für einen Stationshalt, bei einem vorausfahrenden Zug anzugeben, mit dem ein hohes Sicherheitslevel und gleichzeitig eine hohe Flexibilität in der Streckennutzung ohne grossen zusätzlichen Investitions- und/oder Engineering-Bedarf erzielt werden kann.

[0015] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch ein Verfahren zur optimierten Belegungsbewertung für die Erteilung einer Fahrerlaubnis (Movement Authority) für einen Zug, dessen Einfahrt in einen mit einem Zielpunkt gesicherten und in Fahrtrichtung des Zuges gesehen vor diesem Zielpunkt liegenden Zielabschnitt unmittelbar bevorstehend vorgesehen ist, bei einem vorausfahrenden Zug gelöst, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:

- a) Bekanntgeben der Länge des Zuges an ein auch diesen Streckenabschnitt abdeckendes Leitsystem für die Zugdisposition;
- b) Leitsystem- und Stellwerk-seitiges Vorsehen eines dem Zielpunkt nachgeordneten Durchrutschweges; und
- c) Leitsystem-seitiges Initiieren und Stellwerk-/RBC-seitiges Erteilen einer für die Einfahrt in den Zielabschnitt

berechtigten Movement Authority für den Zug, wenn für eine für den Zielabschnitt bestimmte Restbelegungsdauer durch einen den Zielabschnitt verlassenden vorausfahrenden Zug ein vorgegebener Grenzwert unterschritten wird.

[0016] Auf diese Weise ist es möglich, dass der Zug bereits dann in den Zielabschnitt einfahren kann, wenn der vorausfahrende Zug den Zielabschnitt noch gar nicht verlassen hat, aber für die Restbelegungsdauer dieses Zielabschnitts durch den vorausfahrenden und aus dem Zielabschnitt herausfahrenden Zug ein vorgegebener Grenzwert unterschritten wird. Dabei kann nun kapazitätssteigernd ausgenutzt werden, dass ein in den Zielabschnitt zur Einfahrt vorgesehener Zug bereits dann in den Zielabschnitt einfahren darf, wenn aufgrund der Restbelegungsdauer des Zielabschnitts durch den vorausfahrenden Zug sicher erwartet werden darf, dass dieser vorausfahrende Zug den Zielabschnitt sicher verlassen haben wird, selbst wenn der in den Zielabschnitt einfahrende Zug eine Fahrerlaubnis bis zum Zielpunkt erhalten hat. Ist dieser einfahrende Zug jedoch inklusive seines dem Zug vorangehenden Schutzraums kürzer als der Zielabschnitt, muss der einfahrende Zug in diesem Zielabschnitt gar nicht bis zu dem ursprünglichen Haltepunkt aufschliessen, sondern kann aufgrund der im Dis-

play der Onboard-Unit in diesem Fall signalisierten verkürzten End-of-Authority (EoA) bereits deutlich vor dem ursprünglichen Haltepunkt am Ende des Zielabschnitts zum Halten kommen und kann folglich so noch eher für die Einfahrt in den Zielabschnitt zugelassen werden, da in diesem Fall eine höhere Restbelegungsdauer tolerierbar ist. Daher ist das Zurückziehen der End of Authority EoA für diese Belegungsprüfung mindestens soweit nötig, dass der damit zurückgezogene Durchrutschweg spätestens beim Zielpunkt 4 endet (ansonsten müsste ja auch noch der Abschnitt nach dem Ziel frei werden). Zieht man die EoA noch weiter zurück (beispielsweise bis zur Tafel T1), erhöht das dann nachfolgend bei der Ausfahrt des Zuges aus dem Zielabschnitt 6 nochmals nachträglich die tolerierbare Restbelegungsdauer.

[0017] Mit anderen Worten gesagt heisst dies, dass die Movement Authority für die Einfahrt des Zuges bereits dann erteilt werden kann, wenn die Zeitdauer des einfahrenden Zuges für das Erreichen des für ihn auch dynamisch bestimmbaren Zielpunkts in dem Zielabschnitt hinreichend länger ist als die zuvor bestimmte Restbelegungsdauer des Zielabschnitts durch den ausfahrenden Zug. Somit lassen sich bei den Bahnhofseinfahrten für Züge allgemein und im Besonderen auch für Züge, die kürzer als der Zielabschnitt sind, wertvolle Sekunden (etwa 4 bis 8 Sekunden) in der Zugfolge gewinnen. Bei einem Takt von 120 Sekunden entspricht dies etwa einem Zeitgewinn von 5% ohne in zusätzliche Sicherungshardware investiert haben zu müssen.

[0018] Eine geeignete Weise zur sachgemässen Bestimmung der Restbelegungsdauer kann erzielt werden, wenn die Restbelegungsdauer aus den Parametern Länge des vorausfahrenden Zuges, aktuelle Geschwindigkeit des vorausfahrenden Zuges und der Position des vorausfahrenden Zuges bestimmt wird.

[0019] Als ein zusätzlicher die Sicherheit des gewählten Verfahrens noch weiter erhöhender Parameter kann geprüft werden, ob zudem die Bedingung der Feststellung eines beschleunigenden oder mindestens konstanten Verhaltens des vorausfahrenden Zuges erfüllt ist. Damit kann definitiv gefolgert werden, dass der den Zielabschnitt verlassende Zug die bestimmte Restbelegungsdauer sogar eher noch unterschreiten wird, wodurch der Zielabschnitt für den in diesen Zielabschnitt einfahrenden nachfolgenden Zug noch schneller frei wird. Natürlich geschieht dies unter der Prämisse, dass es bei dem ausfahrenden Zug nicht zu einer ungewollten Zugtrennung kommt, indem beim Ablauf der Restbelegungsdauer geprüft werden kann, ob der Zielabschnitt tatsächlich als frei gemeldet ist, wobei im negativen Fall eine entsprechende Einkürzung des Zielwerts (EoA) der für die Einfahrt in den Zielabschnitt erteilten Fahrerlaubnis (MA) vorgenommen wird.

[0020] Grundsätzlich reicht aber für den vorausfahrenden Zug ein konstantes Geschwindigkeitsverhalten, wie dies beispielsweise auch bei durchfahrenden Zügen gegeben ist. Da man ja gerade zusätzliche Gleisfreimeldesysteme vermeiden will, ist hier die Zeitüberwachung bei

Ablauf der zuvor bestimmten Restbelegungsdauer entscheidend, da hiermit potentielle Zugtrennungen, verzögerndes Verhalten und ungültige (zu kurze) Zuglängenangaben, offenbart werden können.

[0021] Analog zur Ermittlung, ob der vorausfahrende Zug beschleunigt, kann ergänzend oder auch alternativ geprüft werden, ob zudem die Bedingung der Feststellung eines verzögernden Verhaltens des in den Zielabschnitt einfahrenden Zuges erfüllt ist.

[0022] Weiter kann es vorgesehen sein, dass mit dem fortschreitenden Verlassen des Zielabschnitts durch den vorausfahrenden Zug auch die Restbelegungsdauer für den ausfahrenden Zug bei bereits in den Zielabschnitt einfahrendem Zug dynamisch neu bewertet und die dem Zug erteilte Fahrerlaubnis (MA) weiter in den Zielabschnitt (6) hinein erstreckt werden kann. Entsprechend kann die Fahrerlaubnis dann sogar bis direkt vor den Zielpunkt reichen. Somit kann der einfahrende Zug schneller in den Zielabschnitt einfahren, weil die für ihn massgebliche Bremskurve im Verlauf immer weiter gegen den Zielpunkt verschoben wird (d.h. also in Fahrtrichtung immer weiter nach hinten in den Zielabschnitt verschoben wird).

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann es vorgesehen sein, dass die erteilte Fahrerlaubnis (MA) und ihre (vorstehende beschriebene) sukzessiven MA-Verlängerungen (weitere Erstreckung in den Zielabschnitt) im Full Supervision Mode FS, insbesondere im ETCS L2 FS, aufgrund der hinreichend signaltechnisch sicher überwachten Restbelegungsdauer ausgeführt und im Bedarfsfall auch signaltechnisch sicher wieder entzogen werden.

[0024] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass der dem Zug für die Einfahrt in den Zielabschnitt erteilten Movement Authority ein Zielwert (End of Authority) zugewiesen wird, der gesehen in Fahrtrichtung des Zuges und gerechnet ab dem Beginn des Zielabschnitts im Wesentlichen der Länge des Zuges und des für diesen Zug reservierten Schutzraums entspricht. Die entsprechende als neuer Zielpunkt dynamisch bestimmte End of Authority (EoA) wird dem Lokführer dabei so im Display der Onboard-Unit dynamisch angezeigt und auf Einhaltung des vorgesehenen in Fahrtrichtung gesehen nun zurückgezogenen dynamisch bestimmten Haltepunktes überwacht. Dabei ist es sicher zweckmässig bei der Bestimmung der Länge des Schutzraums nach vorne die aktuelle Bremsweglänge des Zuges und/oder die Länge des erforderlichen Durchrutschweges einfließen zu lassen.

[0025] Typischerweise kann es zur Gewährung der notwendigen Sicherheit auch immer noch notwendig sein, dass der Zielabschnitt und optional der Durchrutschweg durch Gleisfreimeldeeinrichtungen gesichert werden. Derartige Gleisfreimeldeeinrichtungen spielen ja auch schon bei der statisch generierten EoA am Zielpunkt des Zielabschnitts eine sicherheitsrelevante Rolle.

[0026] In geeigneter Weise kann aus der Position des Zuges und der Identität der Onboard-Unit eine eindeutige

leitsystemseitig adressierbare Zuginstanz gebildet werden, für die die Movement Authority initiiert, der Zielwert der Movement Authority leitsystemseitig an das Stellwerk ausgegeben und nach der dementsprechenden Sicherung des Fahrwegs dann diese Movement Authority von einem Radio Block Center signaltechnisch sicher ausgeführt auf den Zug (d.h. dessen Onboard-Unit) übertragen wird.

[0027] Das vorstehend genannte Verfahren eignet sich dabei besonders, wenn die Zugsicherung des Zielabschnitts sowie des Durchrutschweges gemäss ETCS Level 2 oder höher ausgeführt wird und die Zugsicherung durch die Erteilung des dynamisch ermittelten Zielwertes (EoA) dessen tatsächliche Einhaltung überwacht.

[0028] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen.

[0029] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden anhand der anhängenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 in schematischer Darstellung die Struktur von heute bestehenden Bahnsicherungsanlagen und einer zukünftigen mit Zuginstanzen arbeitenden zugorientierten Sicherungslogik; und

Figur 2 in schematischer Darstellung die Wirkung des erfindungsgemässen Verfahrens auf die Erteilung der Movement Authority (MA) und ihren Zielpunkt (End of Authority EoA).

[0030] Wie schon in der Beschreibungseinleitung besprochen, zeigt die Figur 1 in schematischer Darstellung die Struktur von heute bestehenden Bahnsicherungsanlagen und einer zukünftigen mit Zuginstanzen arbeitenden zugorientierten Sicherungslogik. Gut erkennbar in den heute eingesetzten Lösungen sind die dispositive Ebene mit dem Leitsystem (Leitebene) und dem Stellwerk und den Radio Block Centern (RBC, ab ETCS Level 2 und höher) in der Sicherungsebene.

[0031] Das erfindungsgemässe Verfahren zur optimierten Belegungsbewertung für die Erteilung einer Fahrerlaubnis (Movement Authority) bei einem vorausfahrendem Zug 12 für einen Zug 2, dessen Einfahrt in einen Zielabschnitt 6 unmittelbar bevorstehend vorgesehen ist, spielt sich vor allen Dingen auf der Ebene des dispositiven Leitsystems, des Stellwerks und des RBC ab. Dabei ist dieser Zielabschnitt 6 mit einem Einfahrtssignal 3 und einem Zielsignal 4 gesichert und liegt in Fahrtrichtung des Zuges 2 gesehen (siehe Pfeil am Symbol für den Zug 2) vor diesem Zielsignal 4.

[0032] Für die Gewährung einer Movement Authority MA für die Einfahrt in den Zielabschnitt 6 kann es bei der vorliegenden Erfindung erforderlich sein, dass das Leitsystem die Länge des Zuges 2 und eines vor dem Zug 2 zu reservierenden Schutzraums 8 kennt. Zudem kann auch im Leitsystem ein dem Zielsignal 4 nachgeordneter Durchrutschweg 10 bekannt sein.

[0033] Ist nun die Einfahrt des Zuges 2 in den Zielabschnitt 6 unmittelbar bevorstehend, prüft das Leitsystem, ob die Bedingungen für eine Erteilung der Movement Authority und ihres Zielpunkts, der auch als End of Authority EoA bezeichnet wird, erfüllt sind. Das Leitsystem-seitige Initiieren und Stellwerk-/RBC-seitige signaltechnisch sichere Erteilen der für die Einfahrt in den Zielabschnitt 6 berechtigenden Movement Authority für den Zug 2 erfolgt bei diesem Verfahren, wenn für eine für den Zielabschnitt 6 bestimmte Restbelegungsdauer durch einen den Zielabschnitt 6 verlassenden vorausfahrenden Zug 12 ein vorgegebener Grenzwert unterschritten wird. Dabei kann die Restbelegungsdauer aus den Parametern Länge des vorausfahrenden Zuges 12, aktuelle Geschwindigkeit des vorausfahrenden Zuges 12 und der Position des vorausfahrenden Zuges 12 bestimmt werden.

[0034] Auf diese Weise ist es so möglich, dass der Zug 2 bereits dann in den Zielabschnitt 6 einfahren kann, wenn der vorausfahrende Zug 12 den Zielabschnitt 6 noch gar nicht vollständig verlassen hat, aber für die Restbelegungsdauer dieses Zielabschnitts 6 durch den vorausfahrenden und aus dem Zielabschnitt 6 herausfahrenden Zug 12 ein vorgegebener Grenzwert unterschritten wird. Diese Situation ist für den vorausfahrenden Zug 12 anhand des Pfeilsymbols, das sich zum Teil noch in dem Zielabschnitt 6 befindet, dargestellt. Die Restbelegungsdauer sagt nun aus, wieviel Zeit der vorausfahrende Zug 12 noch benötigen wird, um den Zielabschnitt 6 mit genügend hoher Wahrscheinlichkeit freigemacht zu haben (also aus diesem ausgefahren zu sein).

[0035] Im Ergebnis wird somit kapazitätssteigernd genutzt, dass der in den Zielabschnitt 6 zur Einfahrt vorgesehene Zug 2 bereits dann in den Zielabschnitt 6 einfahren darf, wenn aufgrund der Restbelegungsdauer des Zielabschnitts 6 durch den vorausfahrenden Zug 12 mit genügend hoher Wahrscheinlichkeit erwartet werden darf, dass dieser vorausfahrende Zug 12 den Zielabschnitt 6 verlassen haben wird, selbst wenn der in den Zielabschnitt 6 einfahrende Zug 2 eine Fahrerlaubnis bis zum Zielpunkt 4 erhalten würde.

[0036] Wie in Figur 2 anhand des Pfeilsymbols und des dem Zug 2 vorangehenden Schutzraums 8, die sich bereits im Zielabschnitt 6 befinden, gezeigt ist, ist hier vorliegend dieser einfahrende Zug 2 jedoch inklusive seines dem Zug 2 vorangehenden Schutzraums 8 kürzer als der Zielabschnitt 6. Somit muss der einfahrende Zug 2 in diesem Zielabschnitt 6 gar nicht bis zu dem ursprünglichen Ziel-/Haltepunkt 4 aufschliessen, sondern kann aufgrund der im Display der Onboard-Unit in diesem Fall signalisierten verkürzten End-of-Authority EoA bereits deutlich vor dem ursprünglichen Ziel-/Haltepunkt 4 nun bereits an vordefinierbaren dynamisch zugeteilten Haltepunkte T1, T2 oder T3 im Zielabschnitts 6 zum Halten kommen und kann folglich so noch eher für die Einfahrt in den Zielabschnitt 6 zugelassen werden, da in diesem Fall eine höhere Restbelegungsdauer tolerierbar ist. Hier vorliegend ist der dynamisch zugeteilte Haltepunkt (die

End of Authority EoA) auf den Haltepunkt T2 gelegt worden, wie dies auch mit einer entsprechenden Bremskurve 16 symbolisiert sein soll.

[0037] Sobald der vorausfahrende Zug 1 den Zielabschnitt 6 weiter geräumt hat, kann die zunächst nur bis T2 erteilte MA dynamisch auf T3 und anschliessend auf das Zielsignal 4 verlängert werden. Dadurch kann der Zug 2 schneller in das Zielgleis einfahren, da sich das EoA (bei T2, T3 und schliesslich beim Zielsignal 4) genügend weit vom effektiven Halteort (T2) befindet und die Bremskurvenüberwachung den Zug somit nicht unnötig früh abbremsen lässt.

[0038] An dieser Stelle lässt sich besonders hervorheben, dass alle MAs und ihre sukzessiven MA-Verlängerungen im Full Supervision Mode FS ausgeführt werden können, was im ETCS L2 ebenfalls ein entscheidender Fortschritt bei teilweise überlappenden Fahrstrassenbeanspruchungen ist. Bisherige Lösungen (Folgezugfahrstrasse) operieren mit OS, was sehr einschränkend wirkt. Erst mit diesem FS erreicht man die Wirkungen, welche heute im Bereich ETCS L1 LS mit «Besetzter Folgefahrt» möglich sind (Fahrbegriff «Besetztes Gleis» mit ETCS L1LS-Überwachung lässt eine progressivere Einfahrt als OS zu).

[0039] Mit anderen Worten gesagt heisst dies, dass die Movement Authority für die Einfahrt des Zuges 2 bereits dann erteilt werden kann, wenn die Zeitdauer des einfahrenden Zuges 2 für das Erreichen des für ihn auch dynamisch bestimmbaren Zielpunkts, hier T2, in dem Zielabschnitt 6 hinreichend länger dauert als die zuvor bestimmte Restbelegungsdauer des Zielabschnitts 6 durch den ausfahrenden Zug 12. Somit lassen sich bei den Bahnhofseinfahrten für Züge allgemein und im Besonderen auch für Züge, die kürzer als der Zielabschnitt 6 sind, wertvolle Sekunden (etwa 4 bis 8 Sekunden) in der Zugfolge gewinnen. Bei einem Takt von 120 Sekunden entspricht dies etwa einem Zeitgewinn von 5% ohne in zusätzliche Sicherungshardware investiert haben zu müssen.

[0040] Als ein zusätzlicher die Sicherheit des gewählten Verfahrens noch weiter erhöhender Parameter kann geprüft werden, ob zudem die Bedingung der Feststellung eines beschleunigenden oder mindestens konstanten Verhaltens des vorausfahrenden Zuges 12 erfüllt ist. Damit kann definitiv gefolgert werden, dass der den Zielabschnitt 6 verlassende Zug 12 die bestimmte Restbelegungsdauer sogar eher noch unterschreiten wird, wodurch der Zielabschnitt 6 für den in diesen Zielabschnitt 6 einfahrenden nachfolgenden Zug 2 noch schneller frei wird. Natürlich geschieht dies unter der Prämisse, dass es bei dem ausfahrenden Zug 12 nicht zu einer ungewollten Zugtrennung kommt, indem beim Ablauf der Restbelegungsdauer geprüft werden kann, ob der Zielabschnitt tatsächlich als frei gemeldet ist, wobei im negativen Fall eine entsprechende Einkürzung des Zielwerts (EoA) der für die Einfahrt in den Zielabschnitt erteilten Fahrerlaubnis (MA) vorgenommen wird. Analog zur Ermittlung, ob der vorausfahrende Zug 12 beschleu-

nigt, kann ergänzend oder auch alternativ geprüft werden, ob zudem die Bedingung der Feststellung eines verzögernden Verhaltens des in den Zielabschnitt 6 einfahrenden Zuges 2 erfüllt ist, wie dies beispielsweise durch die den vorgesehenen Geschwindigkeitsverlauf für den Zug 2 repräsentierende Bremskurve 16 symbolisiert ist.

[0041] Unter einer sinnvollen Aufgabenverteilung des in einer nach ETCS Level 2 betriebenen Infrastruktur vorhandenen Stellwerks, Leitsystems und Radio Block Centers (RBC) kann eine mögliche Realisierungsform des Verfahrens nun wie folgt ablaufen: Das RBC ermittelt während der Ausfahrt des vorausfahrenden Zuges 12 unter Kenntnis der Zuglänge, der Zuggeschwindigkeit und Zugposition eine wahrscheinliche verbleibende Restbelegungszeit des Zielabschnitts 6. Liegt diese unter einem durch eine Risikoanalyse zu ermittelnden Schwellwert (z.B. vorhanden in Form eines Kennfelds in Abhängigkeit der relevanten und signifikanten Einflussparameter) und kann für den vorausfahrenden Zug 12 beschleunigendes oder mindestens konstantes Verhalten ermittelt werden (v im aktuellen Train Position Report (TPR) grösser als oder gleich wie im zuletzt gemeldeten TPR), so wird diese Information für die Freigabe der nachfolgenden Fahrt sowie der Wert der Restbelegungs-
dauer über die erweiterte Schnittstelle vom RBC an das Stellwerk übermittelt. Das Stellwerk übersteuert damit die Belegungsprüfung für die nachfolgende Fahrt des Zuges 2, vollzieht früher die Festlegung der in den Zielabschnitt 6 hineinreichenden Zugfahrstrasse und bewirkt damit im RBC eine noch frühere Erteilung der Fahrerlaubnis (MA) an den Zug 2.

[0042] Aus zusätzlichen sicherheitstechnischen Überlegungen kann nun gleichzeitig beim Empfang der Fahrerlaubnis ein Timer mit dem Wert der Restbelegungs-
dauer «aufgezogen» werden. Läuft dieser Timer aber ab, bevor der Zielabschnitt 6 tatsächlich beispielsweise über ein Achszählsystem frei gemeldet wird, so wird sofort eine Einkürzung der frühzeitig erteilten Fahrfreigabe (MA) vorgenommen. Dabei wird der Wert der Restbelegungs-
dauer für die gemeldete Geschwindigkeit unter Annahme konstanter Geschwindigkeit berechnet, weshalb der Wert bei Ermittlung beschleunigenden Verhaltens des ausfahrenden Zuges 12 noch besser auf der sicheren Seite liegt.

[0043] Mit diesen Mechanismen werden unbeabsichtigtes, unerwartetes Trennen von Zugverbänden, verzögerndes Verhalten sowie ungültige (zu kurze) Zuglängeneingaben überwacht bzw. offenbart. Zudem ist in einer derartigen Anwendung dem vorausfahrenden Zug 12 ein beschleunigendes oder mindestens konstantes Verhalten und dem nachfolgenden Zug 2 ein verzögerndes Verhalten zwecks betrieblichen Halt zueigen. Dabei ist besonders interessant, dass sich dieses Verfahren ohne Anpassungen an den ETCS-Spezifikationen BL3 Release 2 (man kann diese sogar auch mit BL2 realisieren) umsetzen lässt («Software statt Beton»).

Patentansprüche

1. Verfahren zur optimierten Belegungsbewertung für die Erteilung einer Fahrerlaubnis (Movement Authority) für einen Zug (2), dessen Einfahrt in einen mit einem Zielpunkt (4) gesicherten und in Fahrtrichtung des Zuges (2) gesehen vor diesem Zielpunkt (4) liegenden Zielabschnitt (6) unmittelbar bevorstehend vorgesehen ist, bei einem vorausfahrenden Zug (12) umfassend die folgenden Verfahrensschritte:

- a) Bekanntgeben der Länge des Zuges (2) an ein auch diesen Streckenabschnitt (6) abdeckendes Leitsystem für die Zugdisposition;
- b) Leitsystem- und Stellwerk-seitiges Vorsehen eines dem Zielpunkt (4) nachgeordneten Durchrutschweges (10); und
- c) Leitsystem-seitiges Initiieren und Stellwerk-/RBC-seitiges Erteilen einer für die Einfahrt in den Zielabschnitt (6) berechtigenden Movement Authority für den Zug (2), wenn für eine für den Zielabschnitt (6) bestimmte Restbelegungs-
dauer durch einen den Zielabschnitt (6) verlassenden vorausfahrenden Zug (12) ein vorgegebener Grenzwert unterschritten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Restbelegungs-
dauer aus den Parametern Länge des vorausfahrenden Zuges (12), aktuelle Geschwindigkeit des vorausfahrenden Zuges (12) und der Position des vorausfahrenden Zuges (12) bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
zudem die Bedingung der Feststellung eines beschleunigenden oder mindestens konstanten Verhaltens des vorausfahrenden Zuges (12) erfüllt ist.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
zudem die Bedingung der Feststellung eines verzögernden Verhaltens des Zuges (2) erfüllt ist.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei Ablauf der Restbelegungs-
dauer geprüft wird, ob der Zielabschnitt tatsächlich als frei gemeldet ist, wobei im negativen Fall eine entsprechende Einkürzung des Zielwerts (EoA) der für die Einfahrt in den Zielabschnitt (6) erteilten Fahrerlaubnis (MA) vorgenommen wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

mit dem fortschreitenden Verlassen des Zielabschnitts (6) durch den vorausfahrenden Zug (12) auch die Restbelegungsdauer für den ausfahrenden Zug bei bereits in den Zielabschnitt (6) einfahrenden Zug (2) dynamisch neu bewertet und die dem Zug (2) erteilte Fahrerlaubnis (MA) weiter in den Zielabschnitt (6) hinein erstreckt wird und ggfs. dann sogar bis direkt vor den Zielpunkt (4) reicht.

5

10

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die erteilte Fahrerlaubnis (MA) und ihre sukzessiven MA-Verlängerungen im ETCS Full Supervision Mode FS aufgrund der hinreichend signaltechnisch sicher überwachten Restbelegungsdauer ausgeführt und im Bedarfsfall auch signaltechnisch sicher wieder entzogen werden.

15

20

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die dem Zug (2) für die Einfahrt in den Zielabschnitt (6) erteilten Fahrerlaubnis (Movement Authority MA) einen Zielwert (EoA) aufweist, der gesehen in Fahrtrichtung des Zuges (2) und gerechnet ab dem Beginn des Zielabschnitts (6) im Wesentlichen der Länge des Zuges (2) und des für diesen Zug (2) reservierten Schutzraums (8) entspricht.

25

30

8. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, dass

in die Bestimmung der Länge des Schutzraums (8) nach vorne die aktuelle Bremsweglänge des Zuges (2) und/oder die Länge des erforderlichen Durchrutschweges einfließt.

35

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

aus der Position des Zuges (2) und der Identität der Onboard-Unit eine eindeutige leitssystemseitig adressierbare Zuginstanz gebildet wird, an die die Movement Authority (MA) und der nun dynamisch ermittelte Zielwert (EoA) der Movement Authority (MA) leitssystemseitig und von einem Radio Block Center (RBC) ausgeführt übertragen werden.

40

45

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

50

dadurch gekennzeichnet, dass

die Zugsicherung für den dynamisch ermittelten Zielwert des Zielabschnitts (6) sowie des dynamisch in den Zielabschnitt (6) verschobenen Durchrutschweges (10) gemäss ETCS Level 2 oder höher ausgeführt wird.

55

11. Verfahren nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Zugsicherung durch die Erteilung des dynamisch ermittelten Zielwertes (EoA) dessen tatsächliche Einhaltung durch den Zug (2) überwacht.

FIG 1

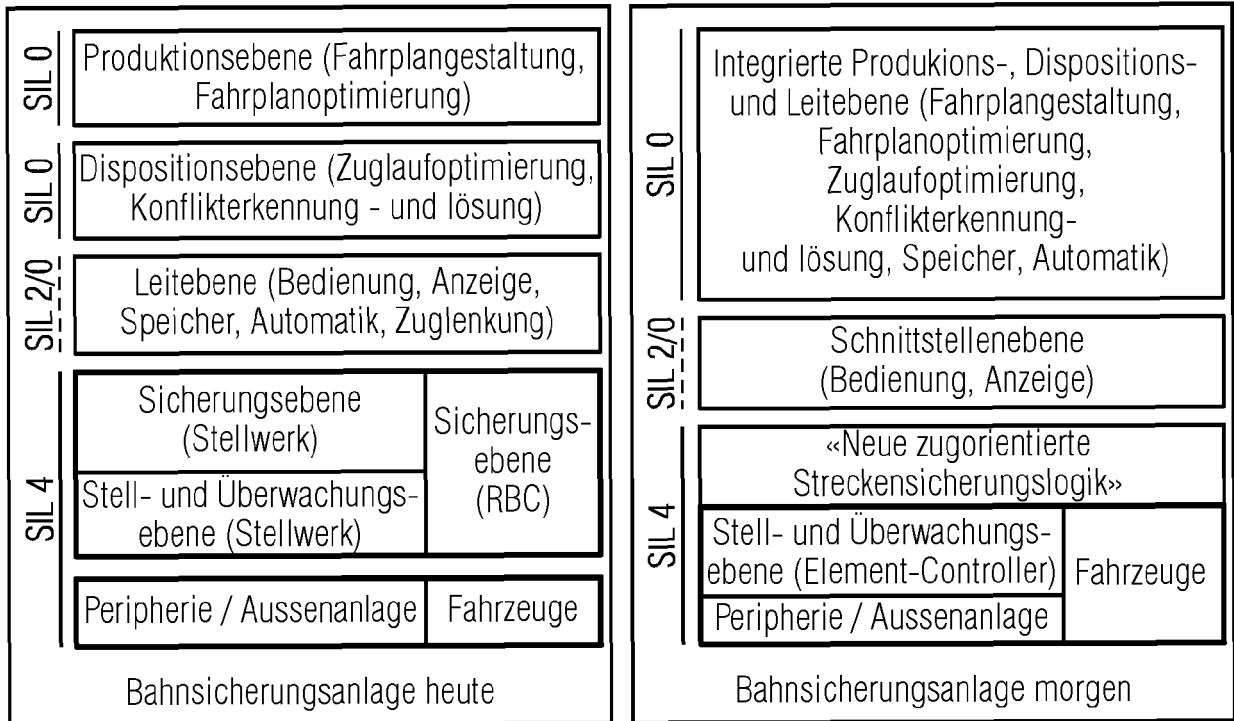
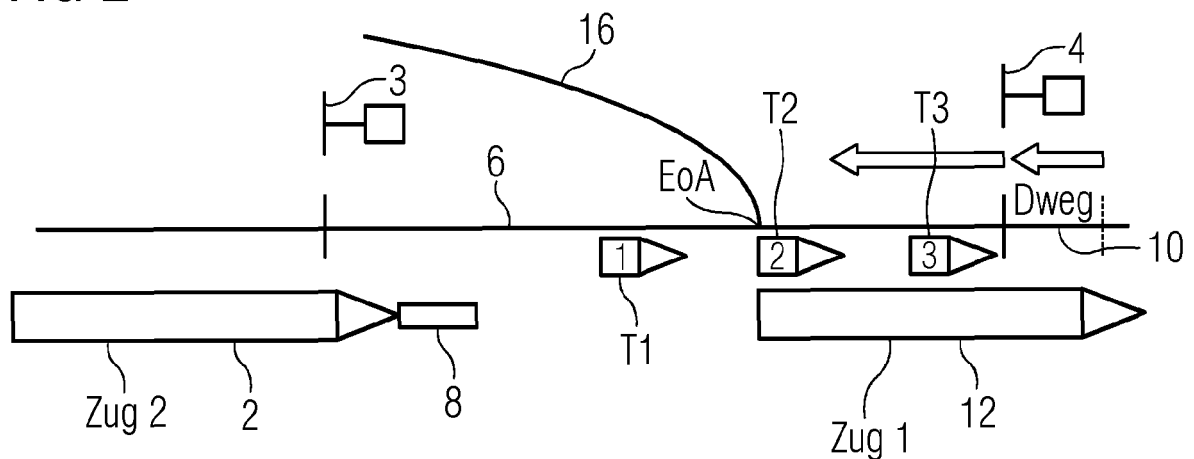


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 19 1486

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	EP 3 222 490 A1 (SIEMENS RAIL AUTOMATION S A U [ES]) 27. September 2017 (2017-09-27)	1, 3, 4, 6, 9-11	INV. B61L27/20
A	* Absatz [0003] * * Absätze [0017], [0018], [0021], [0025], [0026]; Abbildungen 1A-1D, 2A-2D *	2, 5, 7, 8	B61L21/10 B61L23/14

A	EP 3 339 133 A1 (SIEMENS RAIL AUTOMATION S A U [ES]) 27. Juni 2018 (2018-06-27)	1-11	
	* Absätze [0012], [0013]; Abbildungen 1, 2 *		

A	EP 3 782 870 A1 (SIEMENS MOBILITY GMBH [DE]) 24. Februar 2021 (2021-02-24)	1-11	
	* Absätze [0023], [0026], [0027]; Abbildung 1 *		
	* Absätze [0031] - [0033]; Abbildung 2 *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61L
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. Februar 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 21 19 1486

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

07-02-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3222490 A1	27-09-2017	EP 3222490 A1	27-09-2017
		ES 2825750 T3	17-05-2021
		PT 3222490 T	28-08-2020
EP 3339133 A1	27-06-2018	EP 3339133 A1	27-06-2018
		ES 2749899 T3	24-03-2020
		PT 3339133 T	10-09-2019
EP 3782870 A1	24-02-2021	DE 102019212177 A1	18-02-2021
		EP 3782870 A1	24-02-2021

EPO FORM P0461

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