

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 147 966 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.10.2001 Patentblatt 2001/43

(51) Int Cl.7: **B61L 11/00, B61L 3/12,**
B61L 25/02, B61L 23/34

(21) Anmeldenummer: **01250059.1**

(22) Anmeldetag: **23.02.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **06.04.2000 DE 10018967**

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Ohmstede, Hartwig
38114 Braunschweig (DE)**

(54) **Funkbasiertes Zugsicherungssystem fuer ein von einer Mehrzahl von Zuegen befahrbares Bahn-Streckennetz**

(57) Das Streckennetz ist in Streckenbereiche unterteilt, von denen jeder durch eine Buchführungseinrichtungen verwaltet wird. Die Züge stellen an die Buchführungseinrichtungen der Gleisabschnitte, die sie zu befahren wünschen, Belegungsanforderungen. Diese werden von der jeweils zuständigen Buchführungseinrichtung in der Reihenfolge ihres Eingangs in eine Belegungstabelle eingetragen. Die Buchführungseinrichtungen unterrichten die Züge von den bei ihnen hinterlegten Belegungen sowie über relevante Streckendaten. Die Fahrzeuge bewerten die übermittelten Daten und bestimmen, ob sie die von ihnen belegten Streckenabschnitte befahren dürfen oder nicht. Ein Abschnitt darf nur von dem Zug mit der ältesten für den Abschnitt

hinterlegten Belegung befahren werden, es sei denn, der Zug hätte von allen Zügen mit älteren Belegungen entsprechende Befahrungsrechte erhalten oder würde für den Abschnitt hinterlegte Bedingungen erfüllen, unter denen ihm das Eindringen in den noch belegten Abschnitt gestattet ist. Solche Bedingungen können von einem anderen, früher belegenden Zug stammen oder von einer zusätzlichen Fahrzeugsicherheitseinrichtung, über die vorzugsweise Geschwindigkeitsbeschränkungen vorgegeben werden können. Die Verantwortung für das Befahren der Stecke liegt ausschließlich bei den Zügen. In der Belegungstabelle rücken die für die Streckenabschnitte hinterlegte Belegungen jeweils um eine Stelle auf, wenn eine ältere Belegung zurückgenommen wird.

25 26 27 28 29 30 31 32 33

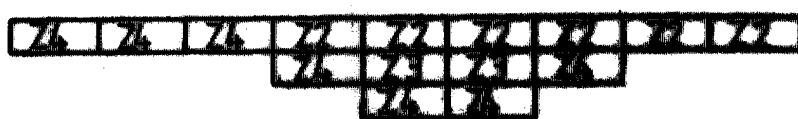


FIG. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein funkbasierter Zugssicherungssystem für ein von einer Mehrzahl von Zügen befahrbaren Bahn-Streckennetz mit von den Zügen steuerbaren Streckenelementen, wobei jeder Zug mit einer auf sein Bremsystem einwirkenden Fahrzeugsicherheitseinrichtung sowie mit einer Ortungseinrichtung und einem Funksystem zum Datenaustausch mindestens mit den Streckenelementen ausgerüstet sind.

[0002] Funkbasierte Zugsicherungssysteme sind bekannt.

[0003] So ist unter dem Begriff FunkFahrBetrieb (FFB) ein Betriebsverfahren bekannt geworden, bei dem die Funktionen "Fahrwegeinstellung" und "Fahrwegsicherung" nicht wie bisher durch ein Stellwerk, sondern durch lokale Streckenelemente und Fahrzeugrechner realisiert werden. Die Fahrberechtigung für die zu befahrenden Fahrwegabschnitte wird von einer Zentrale aus über einen Fahrwegrechner vorgegeben. Durch die Zentrale werden die Triebfahrzeugführer der Züge über die jeweils vorausliegenden Streckenelemente, vorzugsweise Bahnübergänge und Weichen, unterrichtet. Die Streckenelemente und die Fahrzeugrechner können per Funk entweder direkt oder über die Zentrale (Gateway-Rechner) auch miteinander kommunizieren. Die Streckenelemente werden ohne Zutun des Triebfahrzeugführers bedarfsweise ein- und ausschaltet; ihre Statusmeldung werden durch den Fahrzeugrechner erfasst, wobei gegebenenfalls eine Bremseung bei nicht rechtzeitig erfolgter Einschaltung eines Streckenelementes eingeleitet wird. Signale oder eine punktförmige Zugbeeinflussung werden bei dem Funkfahrbetrieb zur Sicherung der Zugfolge nicht mehr benötigt, ebenso wenig wie eine konventionelle Gleisfreimeldung. Ein weiterer Vorteil ist der Wegfall der Streckenverkabelung.

[0004] Die Züge müssen neben einem sicheren Rechner zum Einschalten der Streckenelemente über eine Ortungs- und Geschwindigkeitsmesseinrichtung verfügen, die z. B. auf passiven Balisen im Gleisnetz beruhen kann. Daneben ist eine Zugintegritätskontrolle unverzichtbar, damit nochfolgenden Zügen nur solche Fahrwegabschnitte zugewiesen werden, die vollständig geräumt sind. Die Zentrale muss über einen aktuellen Streckenatlas verfügen. Zur Datensicherung erfolgt die Funkübertragung mit einem kryptologischen Verfahren.

[0005] Beim Räumen eines zugeteilten Streckenabschnitts gibt der Zug seine Berechtigung an die Zentrale zurück, die dann den zurückgegebenen Streckenabschnitt einem folgenden Zug zuweisen kann.

[0006] Der Funkfahrbetrieb erlaubt einen stellwerkslosen Bahnbetrieb in lokalen Teilnetzen, erfordert jedoch noch eine Vielzahl von zentralen Einrichtungen zur Aufrechterhaltung des Bahnbetriebes.

[0007] Aus der DE-A 44 06 720 C2 ist ein Zugsicherungssystem bekannt, das ohne Stellwerke und ohne

zentrale Einrichtungen zum bedarfsweisen Zuweisen von Fahrberechtigungen auskommt. Die Entscheidung darüber, welcher Zug eine Strecke aktuell befahren darf, wird von den Stellelementen der Strecke getroffen. Die

5 Strecke ist hierzu in Abschnitte unterteilt, die durch aufeinander folgende Weichen definiert sind. In jedem solchen Streckenabschnitt darf sich üblicherweise nur immer ein einziger Zug aufhalten. Die Züge stellen auf dem Funkweg Anforderungen zum Erteilen der Zugriffs-
10 berechtigung auf das betreffende Streckenelement und zum Befahren des anschließenden Streckenabschnittes. Die Streckenelemente speichern diese Anforderungen in der Reihenfolge ihres Eingangs und teilen die Zugriffsberechtigung dem Zug zu, dessen Anforderung jeweils die älteste ist. Hat dieser Zug einen Steckenabschnitt nach dem Befahren vollständig geräumt, nimmt er bei dem zurückliegenden Streckenelement eine dort
15 für ihn gesetzte Markierung zurück. Das Streckenelement kann dann die Zugriffsberechtigung dem nächsten in
20 der Anforderungsliste stehenden Zug zuweisen.

[0008] Bei diesem Zugsicherungssystem übernehmen die Streckenelemente die Verantwortung für die Sicherheit des Bahnbetriebes. Durch die Vielzahl der für die Sicherung des Bahnbetriebes räumlich verteilt angeordneten Elemente und ihre sicherheitsbezogene Ausgestaltung ist das Zugsicherungssystem aufwendig, insbesondere auch was die Wartung der Streckenelemente angeht. Durch die vorgesehene Streckenunterteilung in Abschnitte zwischen benachbarten Weichen ist es schwierig, im Voraus längere Fahrwege für eine Zugfahrt einzustellen, zumindest ist ein erheblicher Kommunikationsaufwand hierfür erforderlich.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Zugsicherungssystem der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 angegebene Art anzugeben, das ebenfalls ohne Stellwerke und FFB-Zentrale auskommt, aber flexibel in der Zuordnung von Fahrwegen zu Fahrzeugen ist und für die Implementierung der Sicherheit weniger aufwendig ist als das bekannte Zugsicherungssystem, 35 bei dem die Streckenelemente die Sicherungsfunktionen übernehmen.

[0010] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch die Merkmale des Anspruches 1. Zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Danach belegen die Züge die Streckenelemente des Streckennetzes bedarfsweise in einer die Streckenelemente verwaltenden Buchführung, die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen kommunizieren mit 50 den Buchführungseinrichtungen drahtlos, die Buchführungseinrichtungen sind rechnergestützt und kommunizieren vorzugsweise drahtlos nach der Art eines dezentralen Telekommunikationssystems miteinander.

[0012] Die Fahrzeugssicherheitseinrichtungen übernehmen alle sicherheitsrelevanten Funktionen. Zentrale Einrichtungen sind für sicherheitsrelevante Funktionen nicht mehr erforderlich. Ihre Aufgabe kann über ein oder mehrere zusätzliche Rechnersysteme auf be-

triebsleittechnische und dispositivo Aufgaben beschränkt werden. Diese Einrichtungen können im Streckennetz beliebig verteilt sein. Sie können sich auch auf Triebfahrzeugen befinden. Disposition und Fahrdienstleitertätigkeiten lassen sich so auch in Fahrzeugen durchführen. Auf diese Weise können z. B. mehrere Bahnbetreiber unabhängig voneinander dispositivo und leittechnische Aufgaben wahrnehmen und die Aktivitäten der Fahrzeugsbetreiber koordinieren, das heißt auf ein und demselben Streckennetz können voneinander unabhängige Verkehrsbetriebe mit spezifisch ausgerichteter Aufgabenstellung tätig werden; beispielsweise kann neben fahrplangebundenem Verkehr Frachtverkehr ohne einen strengen Fahrplan durchgeführt werden.

[0013] Die im Vergleich mit anderen Automatisierungssystemen deutlich größere räumliche Ausdehnung eines Bahnnetzes macht ein drahtloses Kommunikationssystem auch zwischen Streckenelementen kostengünstiger als kabelgebundene Lösungen. Kurze Übertragungsdistanzen zwischen den Zügen und den Streckenelementen und kleine Datenmengen reduzieren das Kommunikationsaufkommen und steigern die Wirtschaftlichkeit des Kommunikationssystems. Die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen und die Buchführungseinrichtungen verwenden telegrammorientierte sichere Datenübertragung und kommunizieren auf kurzem Wege miteinander.

[0014] Die Fahrzeuge kommunizieren hinsichtlich weiter entfernt angeordneter Streckenelemente ausschließlich mit den nächstliegenden bzw. in ihrem Empfangsbereich liegenden Buchführungseinrichtungen, wobei von den folgenden Regeln zur Betriebsführung und zur Weitergabe der Informationen ausgegangen wird:

1. Jedes Fahrzeug hat das Recht, auf dem Streckennetz einen bestimmten Belegungsraum, das heißt Ort und Länge einer Fahrstrecke, gegebenenfalls auch deren Lichtraumprofil, zu belegen. Die Belegungsräume können im Streckennetz definiert sein. Sie können auch erst durch das jeweilige Fahrzeug zu definieren sein. Das Fahrzeug kann bei der Belegung Bedingungen, z.B. für das Befahren des Belegungsraumes durch weitere Fahrzeuge, hinterlegen.

2. Jedes Fahrzeug kann sich innerhalb des Belegungsraumes frei bewegen, hat aber die Pflicht, im eigenen Belegungsraum zu bleiben.

3. Ein Fahrzeug hat das Recht, in Belegungsräume anderer Fahrzeuge einzudringen, wenn eine der nachfolgenden Bedingungen erfüllt ist:

a) wenn eine direkte Absprache zwischen den belegenden Fahrzeugen das erlaubt,

b) wenn die im Belegungsraum hinterlegten Bedingungen durch das zweite Fahrzeug erfüllt sind.

5 **[0015]** Das zu 3. genannte Recht zum Eindringen in einen "fremden" Belegungsraum kann dabei auch untersagt sein, ohne dass die Funktionsfähigkeit des Systems leidet.

10 **[0016]** Die Buchführungseinrichtungen geben die von den Fahrzeugen ausgehenden Stell- und Sicherungsbefehle an die Streckenelemente weiter, ohne die drei Regeln zu überprüfen. Die sichere Datenübertragung garantiert, dass die Befehle nur von einer Fahrzeugsicherheitseinrichtung stammen können. Die Buchführung ist in ein Verwaltungssystem eingegliedert, dessen Buchführungseinrichtungen die Streckenelemente verwalten. Die Buchführung verfügt über lokale Streckeninformationen, aus denen die Fahrzeuge mit der Belegung sicherheitsrelevante Daten über die Streckentopologie und -parameter, die in den Belegungsräumen geführten Fahrzeuge und deren zeitliche Folge sowie die Adressen der benachbarten Buchführungseinrichtungen erhalten. Ein sicherer Streckenatlas, in dem alle Streckenelemente verzeichnet sind, wie er beim Funkfahrbetrieb benötigt wird, ist nicht vorhanden. Lediglich zur Fahrwegdisposition kann gegebenenfalls ein nicht sicherheitsrelevanter globaler Streckenatlas verwendet werden.

15 **[0017]** Die "Verwaltungsbezirke" müssen nicht identisch sein mit den Belegungsräumen der Fahrzeuge; diese werden vielmehr die Verwaltungsgrenzen der Buchführungseinrichtungen oftmals überschreiten.

20 **[0018]** Bei Umbaumaßnahmen sind nur die Streckeninformationen in den unmittelbar betroffenen Buchführungseinrichtungen zu ändern. Abweichungen zwischen einem eventuell vorhandenen Streckenatlas und der Buchführung können zu keiner Gefährdung führen.

25 **[0019]** In den Fahrzeugen der Züge ist die Fahrzeugsicherung der Fahrzeugsicherheitseinrichtungen die Instanz, welche die Einhaltung der drei Regeln des erfundungsgemäßigen Verfahrens sicherstellt. Sie kontrolliert anhand der Buchführung die Zulässigkeit von Stell- und Sicherungsbefehlen, bevor diese an Streckeneinrichtungen gesendet werden. Sie überprüft z. B., ob eine 30 von einem Leitstand geforderte Zurücknahme von Belegungsräumen unter Berücksichtigung von Fahrzeuggeschwindigkeit und -bremsvermögen der betroffenen Fahrzeuge die Regel zwei erfüllt, und sie bremst die Fahrzeuge rechtzeitig ab, bevor die Regeln zwei oder 35 drei verletzt werden. Außerdem zieht sie die Konsequenzen aus bei Belegungsräumen hinterlegten Bedingungen und Absprachen zwischen den Fahrzeugen mehrerer Züge.

40 **[0020]** Ein Leitstand auf einem Fahrzeug eines Zuges kann nicht sicherheitsrelevante Bedien- und Anzeigefunktionen realisieren. Bei minimaler Fahrzeugausstattung bildet er eine Bedienerschnittstelle, mit der ein "Zugchef" die Fahrwege festlegt und dem Lokführer 45

Haltepunkte, Soll- und Höchstgeschwindigkeiten angezeigt werden. Der Leitstand bestimmt die Sollgeschwindigkeit im Sinne einer energiesparenden, verbraucheroptimierten Fahrweise. Diese vermeidet unnötige Beschleunigungs- und Bremsvorgänge, indem sie dafür sorgt, dass Wartepunkte nicht vor dem voraussichtlichen Freiwerdezeitpunkt erreicht werden. Der Leitstand führt darüber hinaus die sichere Belegung und Freigabe der Belegungsräume automatisch oder manuell über die Bedienerschnittstelle durch. Sicherheitsrelevante Sonderbedienhandlungen werden verfahrensgesichert ausgeführt.

[0021] Die Fähigkeiten des Fahrzeuges lassen sich durch Ausbau der Fahrzeugausstattung skalieren, ohne die Streckenausstattung ändern zu müssen. Hierzu zählen:

- Kommunikationseinrichtungen für Absprachen zwischen mehreren Triebfahrzeugen,
- Abstandsmesseinrichtungen für das Eindringen in Belegungsräume mit hinterlegter Richtungsbedingung für eine abstandsgeregelte Folgefahrt,
- Einrichtungen zur Fahrtroutenplanung nach individueller Strategie,
- Anbindung von Fahrgastinformationssystemen, gegebenenfalls interaktiv,
- Einrichtungen für lokführerloses Fahren.

[0022] Die Buchführung für die Streckeneinrichtungen ist durch Führung von Belegungstabellen möglich. Diese können in den Streckeneinrichtungen selbst geführt werden. Die Buchführungseinrichtungen tragen die Belegungsräume in der Reihenfolge der Anforderungen durch die Fahrzeuge in die Belegungstabellen ein. Die Fahrzeuge erhalten mit der Belegungsbestätigung Informationen über gegebenenfalls vorher eingetragene Belegungen und die belegenden Fahrzeuge zurückgemeldet. Aus der Position seiner Belegung in der Belegungstabelle kann ein Fahrzeug die Priorität seiner Belegung bestimmen. Entsprechend den Regeln zwei und drei grenzt das Fahrzeug den Bereich ein, in dem es sich aufzuhalten darf und muss.

[0023] Die Verwaltung eines Belegungsraums kann aber auch zentralisiert erfolgen, indem die Buchführung für die Streckenelemente als unabhängige Instanz geführt wird. Dies eröffnet folgende Möglichkeiten:

- Die Grenzen der von einzelnen Buchführungen zu verwaltenden Streckenabschnitte lassen sich beliebig festlegen und können beispielsweise nach betrieblichen Erfordernissen optimiert werden.
- Die Festlegung, welche Buchführungseinrichtungen mit der Buchführung befasst sind, ist ebenfalls

beliebig möglich. Sowohl Streckeneinrichtungen als auch Fahrzeugeinrichtungen können die Buchführung übernehmen.

- 5 - In den meisten Betriebsfällen liegt eine Unterbringung der Buchführung in den Streckeneinrichtungen nahe. Hier lässt sich wiederum beispielsweise nach betrieblichen Erfordernissen optimiert festlegen, welche Streckeneinrichtung für die Buchführung welcher Streckenabschnitte zuständig ist.

10 **[0024]** Sind für das Streckennetz keine festen Belegungsräume definiert, sondern wird der jeweilige Belegungsraum von einem Fahrzeug oder einer zusätzlichen Fahrzeugsicherheitseinrichtung definiert, so muss die Buchführung in der Lage sein, sich verändernde Belegungsräume zu verwalten. Dies geschieht dadurch, dass die Buchführung ihre auf die Streckenelemente bezogene Zuständigkeitsbereiche entsprechend den 15 von den Fahrzeugen definierten Belegungsraumgrenzen mit der Belegung in getrennt zu verwaltende Bereiche unterteilt und mit der Freigabe des Belegungsraums diese Bereiche wieder vereinigt. Die Fahrzeugsicherung der Fahrzeugsicherheitseinrichtungen ist in die Lage zu versetzen, vom Leitstand ausgehende, beliebig feine Belegungsraumgrenzen zu verarbeiten, das heißt entsprechend der Regel zwei zu überprüfen und die entsprechenden betrieblichen Sicherheitskonsequenzen daraus abzuleiten und auszuführen, sowie entsprechende Rückmeldungen an die Fahrzeuge zu übermitteln.

20 **[0025]** Bei Zügen mit besonderem Lichtraumprofil verfügt die Fahrzeugsicherheitseinrichtung über geometrische Kenntnisse des eigenen Fahrzeugs und ist 25 durch entsprechende Geometrie-Algorithmen in der Lage, das effektiv bei der Befahrung der Strecke benötigte Lichtraumprofil zu bestimmen. Entsprechend der Regel zwei überprüft und sichert die Fahrzeugsicherung der Fahrzeugsicherheitseinrichtung die geometrischen Verhältnisse der Strecke mit dem Raumbedarf des Triebfahrzeugs vor einer Befahrung. Sie belegt entsprechend breite und hohe Belegungsräume, überprüft diese dem Verfahren entsprechend und ermöglicht eine Befahrung nur bei ausreichender Streckengeometrie 30 und entsprechenden Belegungsräumen. Entsprechendes gilt für besondere betriebliche Anforderungen, wenn z. B. für das Befahren eines Gleises ein benachbartes Gleis gesperrt sein soll; in diesem Fall erstreckt sich das Lichtraumprofil eines Gleises und damit die Belegung durch einen Zug auch auf das Nachbargleis.

35 **[0026]** Die Buchführung lässt sich auch dahingehend erweitern, dass sie in der Lage ist, dreidimensionale Belegungsräume mit beliebigen Grenzen zu verwalten. Dies geschieht dadurch, dass die Buchführung geometrische Parameter in der Streckenführung speichert und bei der Bestätigung von Belegungen diese an die belegenden Triebfahrzeuge übermittelt.

40 **[0027]** Auf diese Weise wird die Lichtraumprofilsiche-

rung technisch ermöglicht, ohne dass wie bisher bahnbetriebliche Verwaltungsvorgänge ausgelöst werden müssen.

[0028] Auf die gleiche Weise lassen sich temporäre Bedingungen für einen Belegungsraum verwalten, indem Geschwindigkeitsbegrenzungen, Fahrverbote für Gefahrenguttransporte, Vorgaben für Befahrungsrichtungen, Handhabung von Rangier- und Zugbildungs vorgängen etc. durch eine der beteiligten Bahnverwaltungen, eine Fahrzeugsicherheitseinrichtung oder eine transportable Fahrzeugsicherheitseinrichtung vorgegeben werden.

[0029] Einzelne Waggons oder Waggonverbände ohne eigene Fahrzeugsicherheitseinrichtungen müssen sich nach Regel zwei innerhalb von Belegungsräumen befinden, die durch Fahrzeugsicherheitseinrichtungen oder zusätzliche, vorzugsweise transportable Sicherheitseinrichtungen belegt wurden, bevor die Waggons abgestellt wurden. Bevor die Waggons abgestellt wurden, muss für diese ein beispielsweise durch Flankenschutzweichen oder Gleissperren begrenzter so großer Bereich belegt werden, dass sichergestellt ist, dass die Waggons diesen Belegungsraum, z. B. auch durch unbeabsichtigtes Wegrollen, nicht verlassen können. Auf diese Weise übernimmt z. B. das abstellende Fahrzeug die Verantwortung, dass die Waggons die Regel zwei einhalten. Das Fahrzeug darf beim Verlassen des Belegungsraumes dessen Belegung nicht zurücknehmen, solange der Belegungsraum noch durch die abgestellten Waggons besetzt ist. Dabei kann die Fahrzeugsicherheitseinrichtung eine zusätzliche Bedingung hinterlegen, die besagt, dass ein anderes Fahrzeug mit einer anderen Fahrzeugsicherheitseinrichtung ohne weitere Rücksprache in diesen Bereich eindringen und die Verantwortung über die abgestellten Waggons übernehmen darf. Auf diese Weise übernimmt dieses Fahrzeug die Verantwortung für die Waggons.

[0030] Auch bei Rangier- und Zugbildungsvorgängen mit mehreren Zügen können diese sich gegenseitig Eindringrechte gewähren.

[0031] Eine Freigabe von bei Ausfall oder Störung von Sicherheitseinrichtungen übriggebliebenen Belegungsräumen kann erst nach einem in den Betriebsordnungen definierten Freifahrvorgang erfolgen. Nachdem sich ein Fahrzeug durch das Freifahren vergewissert hat, dass die noch mit Belegungsräumen versehene Strecke tatsächlich frei ist, kann dieses auch die alte Belegung zurücknehmen.

[0032] In ähnlicher Weise lassen sich Fahrten mit Fahrzeugen durchführen, die selbst nicht in der Lage sind, ihre Zugvollständigkeit sicherzustellen. Diese können ihren Belegungsraum nach der Durchfahrt nicht wieder freigeben, sondern lediglich mit einer hinterlegten Bedingung "Freifahren erforderlich" markieren. Ein nachfolgendes Fahrzeug gibt nach dem Freifahren den Belegungsraum wieder frei. Alternativ kann das erste Fahrzeug beispielsweise mit einer streckenseitigen Hilfseinrichtung auch selbst feststellen, dass die Zug-

vollständigkeit tatsächlich noch gegeben ist. Daraufhin kann das Fahrzeug den Belegungsraum rückwirkend selbst wieder freigeben.

[0033] Ein dem Funkfahrbetrieb entsprechendes betriebliches Verhalten lässt sich erzielen, indem eine Buchführungseinrichtung oder eine Fahrzeugsicherheitseinrichtung als FFB-Streckenzentrale arbeitet. Sie fordert die Belegungsräume für alle Fahrzeuge an und führt die Fahrwegzuweisung aus, indem sie Eindringrechte an die Fahrzeuge vergibt. Für Züge ohne Fahrzeugsicherheitseinrichtung belegt diese "Zentrale" so weit ausgedehnte Belegungsräume, dass eine Gefährdung durch die fehlende fahrzeugseitige Ortung auszuschließen ist. Alternativ werden solche Fahrzeuge mit einer transportablen Fahrzeugsicherheitseinrichtung betrieben.

[0034] Die Funkstationen der Buchführungseinrichtungen, die vorzugsweise durch die Streckeneinrichtungen realisiert sind, bilden ein selbstkonfigurerendes kabelloses System, das die Kommunikation zwischen beliebigen Buchführungen und Fahrzeugsicherheitseinrichtungen ermöglicht. Sobald weit von einander entfernt liegende Buchführungseinrichtungen Daten austauschen wollen, arbeiten zwischen Sender und Empfänger liegende Buchführungseinrichtungen als Relaisstationen. Sie senden ihrerseits die Telegramme in Richtung Empfänger aus und leiten sie im Sinne einer kooperativen Datenübertragung weiter. Auf diese Weise ist jede Buchführungseinrichtung von jedem Punkt längs der Strecke aus erreichbar. Eine zusätzliche Infrastruktur ist nicht erforderlich. In Deutschland liegen beispielsweise bei einer Nebenstrecke mit gemischem Verkehr so viele Bahnübergänge und Weichen dicht beieinander, dass eine Funkreichweite von 5 bis 10 km ausreicht, die Strecke mit einem Funkeppich zu überziehen, bei dem von jedem Punkt aus in jede Richtung mindestens zwei Funkstationen erreichbar sind. Gegebenenfalls sind zusätzliche Relaisstationen im Streckennetz anzurufen.

[0035] Das Routing, das heißt die Auswahl der Buchführungseinrichtungen, über die die Verbindungen zu einem entfernten Streckenelement zum Belegen einer Fahrstrecke erfolgt, geschieht durch einen Dialog, den die beteiligten Buchführungseinrichtungen untereinander vornehmen. Das Funknetz ist somit selbst organisierend nach dem Muster des Internet, das ebenfalls eine chaotische Struktur hat und ohne ein zentrales Management arbeitet. Die Buchführungseinrichtungen sind ständig in Betrieb, haben ihren geographischen Ort gespeichert und können entsprechend einer festgestellten Zielrichtung die bestgeeignete Nachbareinrichtung ansprechen.

[0036] Gleichzeitig ermöglichen die Buchführungseinrichtungen den Fahrzeugsicherheitseinrichtungen, ihre eigene Position zu orten. Zur Positionsbestimmung sendet die Fahrzeugsicherheitseinrichtung ein Anforderungssignal aus, das von allen im Empfangsgebiet vorhandenen Streckeneinrichtungen mit definierter Verzö-

gerungszeit beantwortet wird.

[0037] Aus den Laufzeiten und in den Antworten enthaltenen absoluten Positionsangaben errechnet die Fahrzeugsicherheitseinrichtung ihre Fahrzeugposition. Die räumliche Anordnung der Funkstationen längs der Strecke ist für die Positionsbestimmung in Streckenrichtung optimal. In der Nähe der Funkstationen, also nahe bei Weichen und Bahnübergängen, ist außerdem die gleissensitive Ortung dort möglich, wo sie besonders relevant ist.

[0038] Zusätzlich eröffnet eine Phasenauswertung frequenzkonstanter Funksignale eine zweite Art der Positionsbestimmung unabhängig von der Laufzeitmessung. Unmittelbar bei der Vorbeifahrt an einer Funkstation durchläuft die Phasenänderung ein markantes Maximum, das den Ort der Funkstation präzise kennzeichnet.

[0039] Wenn die Zugvollständigkeit vom Fahrzeug selbst nicht überwacht werden kann, kann neben der Zugspitze auch der letzte Wagen mit einer selbstortenden Fahrzeugsicherheitseinrichtung ausgestattet werden, welche die Zugende-Position feststellt und an die Zugspitze übermittelt.

[0040] Insgesamt stellt das Funksystem folgende Funktionen für das Bahnbetriebssicherungssystem zur Verfügung:

- Kommunikation zwischen beliebigen Sicherheitseinrichtungen, besonders einfach über die besonders oft genutzten kurzen Entfernung.
- fahrzeugseitige Ortung und Zugvollständigkeitskontrolle.
- Kommunikationsschnittstelle zu übergeordneten Leitrechnersystemen.

[0041] Gleichzeitig ist dieses Funksystem durch minimale Infrastrukturinvestitionen besonders wirtschaftlich, da die Endgeräte selbst die notwendige Funkinfrastruktur bilden.

[0042] Jede Buchführungs- und jede Streckeneinrichtung wird dezentral mit Strom versorgt, der z. B. aus einem Oberleitungsabgriff, einem in der Nähe liegenden EVU-Anschluß, Solar- oder Brennstoffzellen stammt. Eine gegebenenfalls als Energiepuffer benötigte Batterie ist zusammen mit dem Funksystem in einem kompakten Outdoor-Schrank untergebracht. Von jeder Buchführungs- oder Streckeneinrichtung aus lässt sich gegebenenfalls außerdem eine Datenverbindung zu übergeordneten Rechnersystemen herstellen.

[0043] Die Fahrzeugsicherheitseinrichtung im Triebfahrzeug wird vom Triebfahrzeug aus mit Strom versorgt. Sie benötigt den Zugang zum Bremssystem und einen Drehgeberanschluß zur Messung der Fahrzeuggeschwindigkeit.

[0044] Zur Sicherung einer Baustelle werden transportable Fahrzeugsicherheitseinrichtungen eingesetzt.

Eine oder zwei an den Enden einer Baustelle aufgestellte Fahrzeugsicherheitseinrichtungen schützen die Rotte, indem sie die Position der Baustelle erfassen, die Fahrzeuge zur Langsamfahrt zwingen und die Rotte vor herannahenden Fahrzeugen warnen.

[0045] Durch diese Lösung wird der Montage- und Projektierungsaufwand erheblich reduziert.

[0046] Das erfindungsgemäße Zugsicherungssystem ermöglicht die bedarfsoorientierte Wartung durch Diagnosefunktionen, die viele Störungen bereits vor einem Ausfall erkennen und melden. Viele Wartungstätigkeiten reduzieren sich auf den kostengünstigen weitgehend fahrbetriebsunabhängigen Austausch standardisierter Komponenten. Die Betriebskosten des Kommunikationssystems sind gering, da keine aufwendige Funk-Infrastruktur erforderlich ist.

[0047] Das Verfahren bietet äußerst flexible Möglichkeiten für den Umgang mit Belegungsräumen. Dies erhöht die mögliche Zugdichte und erleichtert die Zugbildung. Die Möglichkeit von Disposition und Fahrdienstleiteraktivitäten in den Fahrzeugen fördert den diskriminierungsfreien Zugang mehrerer Bahnbetreiber. Dabei können die Kräfte einer liberalisierten Marktes die Vergabe von Belegungsräumen an unterschiedliche Fahrzeughalter regeln: Streckenbetreiber berechnen sowohl Belegungszeiten als auch Kommunikationsvorgänge; Fahrzeughalter rechnen Eindringrechte untereinander ab. Wirtschaftliches Belegungs- und Kommunikationsverhalten der Fahrzeughalter maximiert gleichzeitig den Streckendurchsatz.

[0048] Die Erfindung soll nachstehend anhand eines in der Zeichnung verdeutlichten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Figur 1 zeigt einen durch zwei Buchführungseinrichtungen verwalteten Streckenausschnitt, von drei Zügen beanspruchte, sich teilweise überlagernde Belegungsräume, eine Belegungstabelle und das Zusammenwirken der Zugsicherungskomponenten.

[0049] Figur 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem Streckennetz. Die Strecke ist in virtuelle Abschnitte 1 bis 24 an sich beliebiger, auch unterschiedlicher Länge unterteilt, die von einem Zug Z1 oder auch von mehreren Zügen zeitgleich befahren werden können. Zu jedem Zeitpunkt darf sich jeweils nur ein Zug in einem Streckenabschnitt befinden. Um das zu gewährleisten, sind auf dafür ausgewählten Fahrzeugen der Züge Fahrzeugsicherheitseinrichtungen installiert, die alle für die Fahrzeugsicherung erforderlichen Programme enthalten und mit den für die Gewährleistung der Sicherheit benötigten Daten versorgt werden. Die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen übernehmen die Verantwortung für die Sicherheit des Fahrbetriebes und sind deshalb signaltechnisch sicher ausgeführt. Sie erarbeiten etwaige Fahr- sowie Stellbefehle für die Stellelemente, vorzugs-

weise Weichen und Bahnübergänge, zweikanalig in signalechnisch sicheren Rechnern und kommunizieren untereinander und mit weiteren, vorzugsweise strekkenseitigen Sicherheitseinrichtungen vorzugsweise auf dem Funkweg, wobei die Datenübertragung signaltechnisch sicher vor sich geht. Diese weiteren Sicherheitseinrichtungen dienen dazu, die für die Erarbeitung der Fahr- und Stellbefehle durch die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen erforderlichen Daten zur Verfügung zu stellen. Sie haben die Aufgabe der Buchführung, weil sie die für die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen zur Verfügung zu stellenden Daten, soweit es sich um variable Daten handelt, in der zeitlichen Reihenfolge ihres Eingangs sammeln und an die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen übermitteln; darüber hinaus übermitteln sie auch unveränderliche Daten z. B. über die Streckentopologie und die Streckenparameter.

[0050] Das Bahnnetz ist in einzelne Buchführungsbereiche unterteilt, im dargestellten Beispiel in die Buchführungsgebiete A und B. Jedem Buchführungsgebiet ist eine in die Zeichnung schematisch angedeutete Buchführungseinrichtung AE, AB zugeordnet, in der die Buchführung für die jeweils zugehörigen Streckenabschnitte vollzogen wird. Die Buchführungseinrichtungen sind zweckmäßig jeweils dort angeordnet, wie die Infrastruktur zu ihrer Unterbringung, Energieversorgung und Kommunikation bereits vorhanden ist, z. B. bei den Stellelementen der Bahnanlage.

[0051] Die Buchführungseinrichtungen sind vorzugsweise ortsfest installiert. Es ist aber auch möglich, sie in Fahrzeuge zu implementieren, insbesondere wenn es nur wenige die Strecke befahrende Fahrzeuge gibt.
[0052] Die Unterteilung des Datennetzes in eine Mehrzahl von Buchführungsgebieten ist an sich beliebig. Sie lässt sich - wenn betriebliche Belange dies erforderlich machen - jedoch auch verändern. Auf jeden Fall ist es so, dass alle Streckenabschnitte lückenlos von irgendwelchen Buchführungseinrichtungen verwaltet werden, wobei jeder Streckenabschnitt aber immer nur einer einzigen Buchführungseinheit zugeordnet sein kann.

[0053] Fahrzeuge oder Züge, die bestimmte Streckenabschnitte des Bahnnetzes befahren wollen, definieren aus diesen Streckenabschnitten sogenannte Belegungsräume und beantragen bei der oder den für diese Abschnitte zuständigen Buchführungseinrichtungen die Belegung der Abschnitte des gewünschten Belegungsraumes. Im dargestellten Beispiel der Figur 1 hinterlegt der Zug Z1 bei der Buchführungseinrichtung AE seinen Wunsch, die Abschnitte 1 bis 5 und 12 zu befahren und bei der Buchführungseinrichtung BE den Wunsch, die Abschnitte 13, 14 und 19 bis 21 zu befahren. Dies geschieht drahtlos, vorzugsweise auf dem Funkweg. Die Fahrzeuge und die Streckeneinrichtungen, bei denen die Buchführungseinrichtungen untergebracht sind, sind deshalb mit Funksende-/empfangseinrichtungen zur Datenkommunikation ausgerüstet.

[0054] Wenn die Kommunikationseinrichtungen nur

für eine begrenzte Reichweite ausgelegt sind, werden die von einer angesprochenen Buchführungseinheit/Streckeneinrichtung aufgenommenen Daten an mindestens eine, vorzugsweise nach dem jeweiligen Ziel ausgewählte benachbarte Buchführungseinheit/Streckeneinrichtung und von dieser wiederum über benachbarte Buchführungsoder Streckeneinrichtungen zu der das Ziel darstellenden Buchführungseinheit übermittelt.

[0055] Die Datenübertragung zu einer benachbarten Buchführungseinheit kann auch über mehrere als Relaisstationen verwendeten Streckeneinrichtungen erfolgen oder über ein vorhandenes Leitungsnetz, an das die Streckeneinrichtungen und die Buchführungseinrichtungen angeschlossen sind.

[0056] Die von einer Fahrzeugsicherheitseinrichtung angesprochene mindestens eine Buchführungseinrichtung hinterlegt die ihr übermittelte Belegung in ihrer Buchführung. Diese ist vorzugsweise in Tabellenform organisiert. In diesen Tabellen werden die Belegungen abschnittsorientiert in der Reihenfolge eingetragen, in der die Belegungen eintreffen. Für jeden Streckenabschnitt können beliebig viele Belegungen eingetragen werden. Üblicherweise gestattet nur die für einen Streckenabschnitt hinterlegte älteste Belegung das Befahren dieses Abschnittes sowie den Zugriff auf ein etwaiges zugehöriges Stellelement. Hierzu wird auf die Figuren 2 und 3 der Zeichnung verwiesen.

[0057] Figur 2 zeigt einen Streckenausschnitt im Bereich einer Weiche, an der sich die Fahrwege dreier Züge Z2, Z3 und Z4 überlagern. Die von diesen Zügen jeweils beanspruchten Belegungsräume sind unterhalb der Züge dargestellt und mit B2, B3, B4 bezeichnet. Der Zug Z2 soll bei einer für den dargestellten Streckenabschnitt zuständigen Buchführungseinrichtung als erster belegt haben, danach soll der Zug Z3 seine Belegung und erst danach der Zug Z4 seine Belegung eingetragen haben.

[0058] Figur 3 zeigt im Einzelnen die Reihenfolge, in der die einzelnen Streckenabschnitte aufeinanderfolgend durch die Züge belegt wurden, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit in Figur 3 nur die für das Durchgangsgleis eingetragenen Belegungen aufgeführt sind. Der Zug Z2 steht mit seiner Belegung der Streckenabschnitt 28 bis 33 in einer Belegungstabelle der Buchführungseinrichtung an vorderster Stelle, weil er als erster seine Belegung vorgenommen hat. Der danach belegende Zug Z3 wurde von der zuständigen Buchführungseinrichtung hinsichtlich der Streckenabschnitte 29 und 30 an die zweite Stelle gesetzt und der Zug Z4 bezüglich der gleichen Abschnitte an die dritte Stelle. Hinsichtlich der Abschnitte 28 und 31 steht der Zug Z4 an zweiter Stelle hinter dem Zug Z2 und hinsichtlich der Abschnitte 25 Bis 27 an erster Stelle.

[0059] Das bedeutet, dass augenblicklich der Zug Z2 den von ihm belegten Belegungsraum befahren darf und zwar nach eigenem Gutdünken in der einen oder anderen Richtung; er darf sogar die Fahrrichtung ändern und muss lediglich sicherstellen, dass er in dem

für ihn belegten Belegungsraum verbleibt.

[0060] Der Zug Z4 darf gegenwärtig nur die Streckenabschnitte 25 bis 27 befahren, weil nur für diese Abschnitte keine älteren Belegungen in der Belegungstabelle eingetragen sind.

[0061] Nimmt eine Fahrzeugsicherheitseinrichtung seine Belegung zurück, so rücken die für die betroffenen Streckenabschnitte hinterlegten jüngeren Belegungen anderer Fahrzeugsicherheitseinrichtungen jeweils um einen Platz auf. Eine solche Belegungsrücknahme ist vorgesehen beim Räumen des Belegungsraumes durch das belegende Fahrzeug.

[0062] Die von der Buchführungseinrichtung akzeptierten Belegungen sind in der Buchführung signaltechnisch sicher abzulegen. Entsprechende Bestätigungs meldungen sind signaltechnisch sicher an die jeweils belegende Fahrzeugsicherheitseinrichtung zu übermitteln, desgleichen alle in der zeitlichen Folge jeweils voranstehenden älteren Belegungen anderer Fahrzeugsicherheitseinrichtungen. Zusätzlich zu diesen Daten sind noch Daten über die jeweils belegenden Züge, Daten über Streckentopologie und die Streckenparameter des jeweiligen Streckenabschnittes bzw. bei Belegung kompletter Belegungsräume die entsprechenden Daten für diese Belegungsräume und die Adressen der zum Ziel benachbarten Buchführungseinrichtungen bzw. der Streckeneinrichtungen anzugeben, über die die Ziel-Buchführungseinrichtung erreichbar ist. Die Entscheidung darüber, ob ein Zug einzelne Streckenabschnitte befahren darf oder nicht, trifft die Fahrzeugsicherheitseinrichtung auf der Grundlage der ihr von der Buchführung übermittelten Daten.

[0063] In den Buchführungseinrichtungen können von den Fahrzeugsicherheitseinrichtungen zusätzlich zu den Belegungen auch Bedingungen hinterlegt werden, die für alle später belegenden Fahrzeugsicherheitseinrichtungen von Bedeutung sind. Dazu gehört z. B. die Erlaubnis an die nachfolgend belegende Fahrzeugsicherheitseinrichtung, in den noch belegten Belegungsraum so weit einzudringen, dass ein Aufprallen auf den die Bedingung hinterlegenden Zug gerade noch nicht möglich ist. Das Hinterlegen dieser Bedingung durch einen Zug ist von dessen Zusage abhängig, den von ihm belegten Belegungsraum nur in der bei der Belegung angenommenen Fahrrichtung zu befahren. Diese Zusage wird von der zusagenden Fahrzeugsicherheitseinrichtung sicher überwacht. Ein nachfolgender Zug darf unter Überwachung seiner Fahrsicherheitseinrichtung in den noch belegten Belegungsraum eindringen, wenn er laufend seinen Abstand zum voraus befindlichen Zug überwacht und rechtzeitig vor einem Aufprall die Bremsung einleitet. Hierzu ist der nachfolgende Zug mit entsprechenden Abstandsmesseinrichtungen auszurüsten oder aber er hat sich mit dem vor ihm fahrenden Zug in Verbindung zu setzen, um von diesem dessen Fahrort zu erfragen oder Angaben zu den bereits geräumten Abschnitten. Seinen eigenen Fahrort kann der nachfolgende Zug z. B. über Satellitennaviga-

tion oder durch Laufzeitmessung von Abfragesignalen bestimmen, die von ortsfesten Streckeneinrichtungen beantwortet werden. Eine Feinortung ist möglich durch Auswertung eines von Streckeneinrichtungen ausgesandten frequenzkonstanten Signals, das beim Passieren des Fahrzeugs einen markanten Phasensprung aufweist.

[0064] Es ist aber auch möglich, dass sich das nachfolgende Fahrzeug mit der vorher belegenden Fahrzeugsicherheitseinrichtung auf dem Funkweg in Verbindung setzt und von diesem die Eindring- oder Durchfahrerlaubnis direkt erhält. Beide diese Vereinbarung treffenden Fahrzeugsicherheitseinrichtungen sind an diese Vereinbarung gebunden; sie kann nur in beiderseitigem Einvernehmen zurückgenommen werden. Das nachfolgende Fahrzeug kann dann, ohne irgendwelche Informationen bei der zugehörigen Buchführungseinrichtung zu hinterlegen, in den noch belegten Belegungsraum eindringen bzw. ihn durchfahren. Beim Verlassen des Belegungsraumes wird die hinterlegte Belegung üblicherweise nicht zurückgenommen, sondern bleibt für die belegende Fahrzeugsicherheitseinrichtung und alle später belegenden Fahrzeugsicherheitseinrichtungen bestehen. Allerdings können die beiden Fahrzeugsicherheitseinrichtungen auch verabreden, dass der Belegungsraum räumende Zug die Belegung zurücknehmen soll. Die Buchführungseinrichtung würde eine solche Anweisung auch ausführen, wenn sie nicht von der Fahrzeugsicherungseinrichtung stammt, die die Bedingung hinterlegt hat. Die Verantwortung für das Zurücknehmen oder Nicht-Zurücknehmen einer Belegung und/oder einer Bedingung übernimmt immer eine Fahrzeugsicherheitseinrichtung nach den bei ihr hinterlegten Vereinbarungen.

[0065] Neben von Fahrzeugen stammenden Belegungen sind auch Belegungen und Bedingungen denkbar, die von zusätzlichen Fahrzeugsicherheitseinrichtungen (CE in Figur 1) stammen. Solche vorzugsweise transportablen Fahrzeugsicherheitseinrichtungen können beispielsweise in einer Leitstelle angeordnet sein, von der z. B. eine fahrplan- oder auftragsoptimierte Belegung von Belegungsräumen vorgenommen werden kann. Auch sind von einer vorzugsweise transportablen Fahrzeugsicherheitseinrichtung in der Buchführung dauerhafte Geschwindigkeitsbeschränkungen vorgebar, die durch Belegung entsprechender Belegungsräume für alle nachfolgend belegenden Züge gelten. Die Bedingung "Langsam fahren gemäß Geschwindigkeitsbeschränkung ...km" gilt für alle nachfolgend belegenden Fahrzeuge, die diese Bedingung erfüllen, d. h. verstehen können. Diese Fahrzeuge dürfen die für die Geschwindigkeitsbeschränkung belegten Streckenabschnitte trotz der noch vorhandenen Belegung befahren. Es ist aber auch möglich, dass ein sich näherndes Fahrzeug sich mit der die Geschwindigkeitsbeschränkung hinterlegenden Fahrzeugsicherheitseinrichtung in Verbindung setzt, um von ihr die Erlaubnis zu erhalten, den Belegungsraum mit einer höheren Ge-

schwindigkeit zu passieren. Bei einer entsprechenden Zusage veranlasst die Fahrzeugsicherheitseinrichtung das Vorrichten in den noch belegten Belegungsraum mit ggf. erhöhter Geschwindigkeit. Desgleichen ist es möglich, solche transportablen Fahrzeugsicherheitseinrichtungen auch zur Sicherung von Baustellen und Arbeitsrötten zu verwenden. Hierzu ist notwendig, in einer für den Ort der Arbeitsrotte zuständigen Buchführungseinrichtung eine Belegung mit entsprechender Geschwindigkeitsbeschränkung zu hinterlegen. Die Fahrzeugsicherheitseinrichtung eines sich nähernden Zuges hat dann die hinterlegte Bedingung des Anschaltens von Warneinrichtungen zu übernehmen. Bei eingleisigen Strecken sind zum Sichern solcher Gefahrenräumen zwei zusätzliche Fahrzeugsicherheitseinrichtungen erforderlich.

[0066] Üblicherweise wird eine von einer Fahrzeugsicherheitseinrichtung eines Zuges hinterlegte Belegung zurückgenommen, wenn der Zug den Belegungsraum vollständig geräumt hat. Dies setzt eine Zugintegritätsprüfung voraus. Eine solche Integritätsprüfung kann laufend stattfinden, möglicherweise aber auch erst beim Passieren einer Streckeneinrichtung hinter dem jeweiligen Belegungsraum. In diesem Fall erfolgt die Zurücknahme einer Belegung zeitlich verzögert beim Feststellen der Zugvollständigkeit durch die Streckeneinrichtung.

[0067] Es ist aber auch möglich, dass ein Zug, der selbst nicht zu einer Zugintegritätsprüfung befähigt ist, für seine Belegungsräume als Bedingung an nachfolgende Züge hinterlegt, dass diese die Belegungsräume auf eigene Verantwortung mit mäßiger Geschwindigkeit passieren dürfen, um anschließend seine Belegung und die hinterlegte Bedingung zurückzunehmen.

[0068] Die Fahrzeugsicherheitseinrichtung eines Zuges, der seinen Belegungsraum befahren möchte, dies aber nicht darf, weil zum Zeitpunkt der Belegung noch andere ältere Belegungen hinterlegt sind, setzt sich in Abständen immer wieder mit der den Belegungsraum verwaltenden Buchführungseinrichtung in Verbindung, um zu erfragen, ob seine Belegung in der Belegungstabelle inzwischen an die vorderste Stelle aufgerückt ist. Es ist aber auch möglich, dass die Buchführungseinrichtung bei der Zurücknahme der vorgeordneten Belegung (aller vorgeordneten Belegungen) sich mit der Fahrzeugsicherheitseinrichtung des wartenden Fahrzeugs in Verbindung setzt, um dieses von der veränderten Situation zu unterrichten.

[0069] Zum Befahren eines gewünschten Belegungsraumes müssen sich die Fahrzeuge mit den Streckenelementen des Belegungsraumes in Verbindung setzen, um sie ein- oder auszuschalten oder umzusteuern. Zu diesen Streckenelementen zählen vor allem Weichen und Bahnübergänge. Die Bedingungen für den Zugriff auf diese Streckenelemente sind die gleichen wie die für das Befahren des zugehörigen Streckenabschnittes durch den Zug.

[0070] In Figur 4 ist schematisch das Zusammenwir-

ken von Fahrzeugsicherheitseinrichtungen und Strecke dargestellt. An der Strecke führen insbesondere Weichen W und Bahnübergänge BÜ von den Fahrzeugen ausgehende Stell- und Sicherungsfunktionen aus und

- 5 zwar ohne ihrerseits zu prüfen, ob diese Befehle ihre Richtigkeit haben oder nicht. Diese Entscheidung übernimmt die Fahrzeugsicherungseinrichtung FS des Fahrzeugs, das diese Befehle ausgibt. Die Datenübertragung zwischen den Fahrzeugen und den Streckenelementen ist eine sichere Datenübertragung. Verwaltet wird die Strecke von einer Buchführung BF, die von Buchführungseinrichtungen wahrgenommen wird und mit den Fahrzeugen ebenfalls kommuniziert. Sie verwaltet Belegungsräume für Abschnitte des Streckennetzes, die von den Fahrzeugen vorgegeben werden und von ihnen befahren werden wollen. Die Grenzen der Streckenabschnitte/Belegungsräume und der durch die Buchführungseinrichtungen verwalteten Streckenbereiche können nach betrieblichen Erfordernissen optimiert werden. Die Buchführung tauscht weder mit den Weichen noch mit den Bahnübergängen Daten aus, sie kommuniziert nur mit den Fahrzeugsicherheitseinrichtungen. Sie verfügt über lokale Streckeninformationen und versorgt die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen mit sicherheitsrelevanten Daten über Streckentopologie und Streckenparameter sowie mit Adressen der Streckenelemente sowie benachbarter Buchführungseinrichtungen. Von den Buchführungseinrichtungen werden neben den durch die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen hinterlegten Belegungen auch von dort vorgegebene Bedingungen erfasst, die für später belegende Fahrzeugsicherheitseinrichtungen von Bedeutung sind. Die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen können sich unter Umgehung der Buchführung auch direkt absprechen und sich gegenseitig bestimmte Rechte einräumen. Auf den Fahrzeugen angedeutete Einrichtungen O dienen der Ortung der Fahrzeuge auf der Strecke und zum Überprüfen der Zugintegrität. Außerdem veranlassen die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen über Falzengeräte FG die Bremsensteuerung. Dispositive Anweisungen können von einer Leitstelle zur Verfügung gestellt werden. Einzelanweisungen und Fahrbefehle werden der Fahrzeugsteuerung über einen Leitstand L zugeführt.
- 45

Patentansprüche

- 50 1. Funkbasiertes Zugsicherungssystem für ein von einer Mehrzahl von Zügen befahrbares Bahn-Streckennetz mit von den Zügen steuerbaren Streckenelementen, wobei jeder Zug mit einer auf sein Bremssystem einwirkenden Fahrzeugsicherheitseinrichtung sowie mit einer fahrzeugseitigen Ortungseinrichtung und einem Funksystem zum Datenaustausch mindestens mit den Streckenelementen ausgerüstet ist,
dadurch gekennzeichnet,
- 55

- dass** die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen dazu eingerichtet sind, im Streckennetz jeweils einen aus mindestens einem Streckenabschnitt bestehenden Belegungsraum bei mindestens einer die Strecke verwaltenden Buchführungseinrichtung vorübergehend bis zu einer späteren Rücknahme der Belegung zu belegen,
wobei die Buchführungseinrichtung die bei ihr von den die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen übermittelten Belegungen abschnittsorientiert in der Reihenfolge, in der die Belegungen eingehen, in einer Buchführung hinterlegt und die jeweils belegenden Fahrzeugsicherheitseinrichtungen hiervon und von etwaigen früheren Belegungen der von ihm belegten Streckenabschnitte durch andere Fahrzeugsicherheitseinrichtungen unterrichtet
und **dass** die Fahrzeugsicherheitseinrichtung einem Zug die Fahrt für und ausschließlich für die Streckenabschnitte freigibt, für die seine Belegung in der zuständigen Buchführungseinrichtung die älteste ist oder für die durch frühere Belegungen Bedingungen hinterlegt sind, die das Fahrzeug zu erfüllen in der Lage ist.
2. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Fahrzeugsicherheitseinrichtung eines Zuges alle Streckenabschnitte, für die Bedingungen hinterlegt sind, die von ihr nicht verstanden oder nicht erfüllt werden können, für den Zug sperrt.
3. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass jeder Zug mit mindestens einer Fahrzeugsicherheitseinrichtung versehen ist.
4. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die in der Buchführung einer Buchführungseinrichtung für ausgewählte Streckenabschnitte hinterlegten Belegungen und Bedingungen dort in ihrer durch die zeitliche Folge ihrer Anforderung gegebenen Reihenfolge unvertauschbar hinterlegt sind, dass aber dazu autorisierte Fahrzeugsicherheitseinrichtungen dazu eingerichtet sind, dort an beliebiger Stelle hinterlegte Belegungen und Bedingungen zurückzunehmen.
5. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Fahrzeugsicherheitseinrichtung die Belegungen und Bedingungen für solche Streckenabschnitte nicht zurückzunehmen in der Lage ist, die vom Zug besetzt sind und die innerhalb seines
- Bremsweges liegen.
6. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Buchführungseinrichtung mindestens eine Belegungstabelle aufweist und dass bei Rücknahme einer Belegung in der Belegungstabelle alle später hinterlegten Belegungen und Bedingungen um jeweils eine Stelle aufrücken.
7. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Streckennetz in eine Mehrzahl von durch Buchführungseinrichtungen verwaltete Buchführungsbereiche unterteilt ist, von denen jeder mindestens einen Streckenabschnitt umfasst, wobei jeder Streckenabschnitt Bestandteil nur eines einzigen Buchführungsbereiches ist.
8. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Unterteilung der Strecke in Buchführungsbereiche wahlfrei vorzugeben, bedarfsweise aber veränderbar ist.
9. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Buchführungseinrichtungen dezentral angeordnet sind.
10. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Buchführungseinrichtungen einzeln oder zu mehreren einzelnen Streckenelementen zugeordnet sind.
11. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**,
dass eine zentrale Buchführungseinrichtung vorgesehen ist.
12. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 9 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die mindestens eine Buchführungseinrichtung einem Fahrzeug zugeordnet ist.
13. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine drahtlose Datenübertragung zwischen den Fahrzeugen und den Buchführungseinrichtungen und/oder den Streckenelementen vorgesehen ist.

14. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass für die Übermittlung von Belegungsanforderungen, Belegungen und hinterlegten Bedingungen Funksende-/empfangseinrichtungen begrenzter Reichweite vorgesehen sind.
15. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Übermittlung von Belegungsanforderungen von einer Buchführungseinrichtung zu mindestens einer weiteren Buchführungseinrichtung drahtlos oder leitungsgebunden auf direktem Weg oder über weitere Buchführungseinrichtungen oder Streckeneinrichtungen nach dem Prinzip der kooperierenden Datenübertragung erfolgt.
16. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Buchführungseinrichtungen lokale Streckeninformationen enthalten und dass sie dazu eingerichtet sind, in zeitlichem Zusammenhang mit der Belegung zugehöriger Streckenabschnitte durch einen Zug diesem sicherheitsrelevante Daten über Streckentopologie und Streckenparameter sowie die Adressen benachbarter Buchführungseinrichtungen zu übermitteln.
17. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 1 oder 16, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Buchführungseinrichtungen dazu eingerichtet sind, einem belegenden Zug Daten über einen Zug zu übermitteln, der für mindestens einen Streckenabschnitt des vom belegenden Zug belegten Belegungsraumes bereits früher eine noch aktuelle Belegung hinterlegt hat.
18. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 1 oder 6, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Fahrzeugsicherheitseinrichtung dazu eingerichtet ist, Belegungsräume nach Ort, Länge und ggf. Breite und/oder Höhe vorzugeben und zu verarbeiten und dass die mindestens eine Buchführungseinrichtung dazu eingerichtet ist, die derart beschriebenen Belegungsräume in der Buchführung zu hinterlegen und diesbezügliche Daten an die belegenden Fahrzeuge zu übermitteln.
19. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen die jeweils zu belegenden Streckenabschnitte und damit den einem Zug jeweils zuzuordnenden Belegungsraum bestimmen.
20. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 1, 6 oder 18, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen mit dem Belegen eines Belegungsraumes in der Buchführung der Buchführungseinrichtung mindestens eines Buchführungsbereiches Bedingungen hinterlegen, die Informationen für später belegende Fahrzeuge darstellen
21. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Fahrzeugsicherheitseinrichtung dazu eingerichtet ist, bei mindestens einer Buchführungseinrichtung eines Buchführungsbereiches für den dort verwalteten, von ihr belegten Belegungsraum als Bedingung zum Befahren einzelner Streckenabschnitte dieses Belegungsraumes die von diesem später belegenden Fahrzeug zu erfüllende Bedingung der fahrzeugseitigen Gleisüberwachung dieser Streckenabschnitte zu hinterlegen, wobei das Fahrzeug die Hinterlegung dieser Bedingung von der eigenen Zusage abhängig macht, seinen von der zugehörigen Buchführungseinrichtung verwalteten Belegungsraum ausschließlich in der bei der Belegung angenommenen Fahrrichtung zu befahren.
22. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 21,
dass das Befahren der noch belegten Streckenabschnitte von einer aktiven Gleisfreimeldung dieser Streckenabschnitte durch das nachfolgende Fahrzeug abhängig gemacht ist.
23. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet,**
dass das nachfolgende Fahrzeug sich mit dem vorfahrenden, noch belegenden Fahrzeug auf drahtlosem Weg in Verbindung setzt und von diesem die bereits geräumten Streckenabschnitte oder seinen Fahrort zur Bestimmung der bereits geräumten Streckenabschnitte erfragt.
24. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 23, **dadurch gekennzeichnet,**
dass das Fahrzeug mit mindestens einer Ortungseinrichtung versehen ist, die den Fahrort des Fahrzeugs aus der Laufzeit ausgesandter und von mindestens einer ortsfesten Streckeneinrichtung zusammen mit Positionsdaten dieser Streckeneinrichtung rückübertragener Funksignale bestimmt.
25. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 24, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die ortsfesten Streckeneinrichtungen frequenzkonstante Dauersignale aussenden und dass das Fahrzeug beim Passieren einer Streckeneinrichtung eine markante Phasenänderung des emp-

- fangenen frequenzkonstanten Dauersignals zur aktuellen Ortsbestimmung verwendet.
- 26.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Löschen einer Belegung vom Räumen der zugehörigen Streckenabschnitte durch den Zug abhängig gemacht ist, wobei die Räumungsmeldung von der Überwachung des Zugzusammenhaltes abhängig gemacht ist. 5
- 27.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Zug bei fehlender Überwachung des Zugzusammenhaltes für das spätere Befahren seines Belegungsraumes oder von Teilen davon die Bedingung hinterlegt, dass ein nachfolgender Zug den Belegungsraum auf eigene Verantwortung befahren und anschließend an seiner Stelle die hinterlegte Bedingung und die Belegung löschen soll. 10
- 28.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 27, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** mindestens eine innerhalb oder außerhalb eines Fahrzeugs vorgesehene zusätzliche Fahrzeugsicherheitseinrichtung dazu eingerichtet ist, bei der oder den Buchführungseinrichtungen für beliebige Streckenabschnitte ihres Buchführungsbereiches Belegungen und Bedingungen zu hinterlegen, die für alle die betreffenden Streckenabschnitte nachfolgend bis zum Löschen der hinterlegten Bedingungen belegenden Fahrzeuge das Befahren dieser Abschnitte abhängig machen vom Einhalten der hinterlegten Bedingungen. 15
- 29.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die hinterlegten Bedingungen Höchstgeschwindigkeiten darstellen und für diejenigen Streckenabschnitte hinterlegt sind, für die diese Höchstgeschwindigkeiten gelten sollen. 20
- 30.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die zusätzliche Fahrzeugsicherheitseinrichtung eine transportable Sicherheitseinrichtung ist. 25
- 31.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** für die Sicherung von Baustellen und Arbeitsrotten mindestens eine zusätzliche Fahrzeugsicherheitseinrichtung zur Positions kennzeichnung der Baustelle, zum Erzwingen der Langsamfahrt über entsprechend in der Buchführung hinterlegte Bedingungen und zum Warnen der Rotte vor herannahenden Fahrzeugen vorgesehen ist. 30
- 32.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 31, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Fahrzeugsicherheitseinrichtung dazu eingerichtet ist, Belegungen für Streckenabschnitte zu hinterlegen, die von dem Zug nicht befahren aber zur Abwicklung von Zugfahrten auf Nachbargleisen oder aus sonstigen betrieblichen Gründen oder Sicherheitsanforderungen nicht befahren werden sollen. 35
- 33.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Fahrzeugsicherheitseinrichtung dazu eingerichtet ist, Belegungsräume mit möglicherweise unterschiedlichen Bedingungen mehrfach zu belegen. 40
- 34.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 33, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Fahrzeugsicherheitseinrichtung dem Zug die Fahrt in den oder die Streckenabschnitte eines vorher belegten und noch belegten Belegungsraumes nur dann freigibt, wenn es alle in der Buchführung der Buchungseinrichtung des Buchungsbereiches für diese Abschnitte früher hinterlegten Bedingungen erfüllt oder wenn es vor allem Fahrzeugsicherheitseinrichtungen mit älteren Belegungen entsprechende Eindringrechte erhalten ist. 45
- 35.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 34, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Fahrzeugsicherheitseinrichtung dazu eingerichtet ist, von der Fahrzeugsicherheitseinrichtung eines den gleichen Belegungsraum oder Teile davon später belegenden Fahrzeugs oder von einer zusätzlichen Fahrzeugsicherheitseinrichtung die Erlaubnis zum Befahren des Belegungsraumes oder von Teilen davon anzufordern und nach Erhalt der Erlaubnis zu befahren, ohne die Buchführungseinrichtung des Buchführungsbereiches von dem erlangten Eindringrecht zu unterrichten und ohne die Belegung des Belegungsraumes zurückzunehmen. 50
- 36.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 35, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** sowohl die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen als auch die Buchführungseinrichtungen als signaltechnisch sichere Rechner ausgeführt sind, die signaltechnisch sicher kommunizieren. 55
- 37.** Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Fahrzeugsicherheitseinrichtungen die Verantwortung für das Hinterlegen von Bedingungen, das Einwirken auf die Stellelemente des Belegungsraumes, das Befahren der zugehörigen Streckenabschnitte unter Befolgung hinterlegter Bedingungen und das Zurücknehmen von Belegun-

gen übernehmen.

38. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Fahrzeug, das einen Streckenabschnitt eines bereits von einem anderen Fahrzeug belegten Belegungsraumes belegt und diesen Streckenabschnitt wegen dieser früheren Belegung derzeit nicht befahren darf, sich bei der Buchführungseinrichtung des zugehörigen Buchführungsreiches fortlaufend erkundigt nach der Zurücknahme der früher hinterlegten Belegung oder dass die strekkenseitige Sicherheitseinrichtung auf die Zurücknahme der früher hinterlegten Belegung das nachfolgend belegende Fahrzeug von der Zurücknahme der früheren Belegung unterrichtet. 5
39. Funkbasiertes Zugsicherungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 38, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fahrzeugsicherheitseinrichtung ausschließlich auf die Stellelemente derjenigen Steckenelemente zugreift, die zu dem für die Fahrzeugsicherheitseinrichtung hinterlegten Belegungsraum gehören und für die die Fahrzeugsicherheitseinrichtung die Zugriffsberechtigung besitzt, weil seine Belegung der zugehörigen Streckenabschnitte des Belegungsraumes in der zugehörigen Buchführungseinrichtung die älteste ist oder weil die Fahrzeugsicherheitseinrichtung alle für diese Abschnitte früher hinterlegten Bedingungen erfüllt oder weil es von allen Fahrzeugsicherheitseinrichtungen mit älterer Belegung der Streckenabschnitte entsprechende Eindringrechte erhalten hat. 20 25 30

35

40

45

50

55

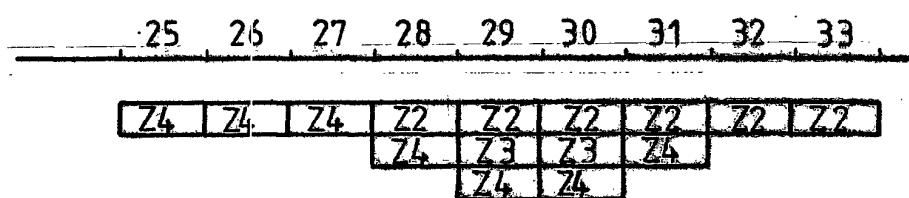
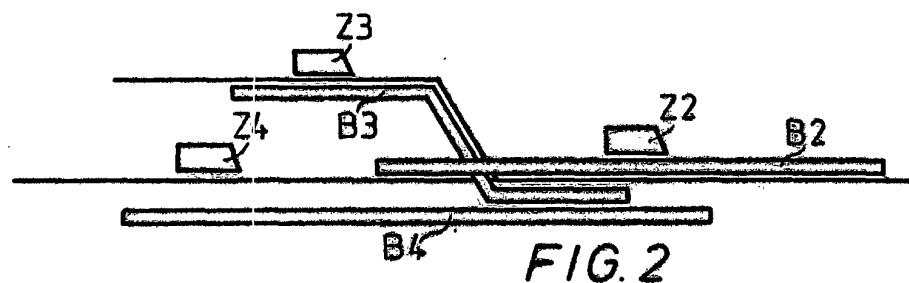
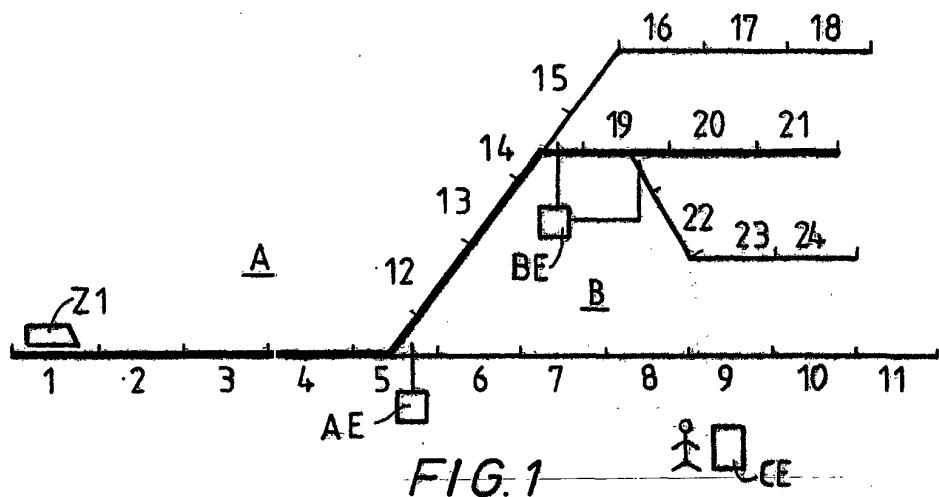


FIG. 3

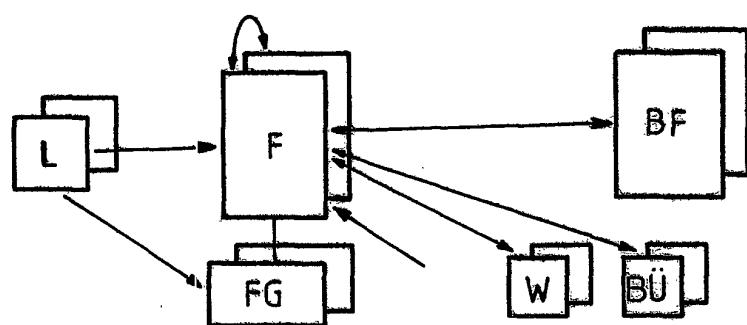


FIG. 4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 25 0059

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
D,A	DE 44 06 720 A (SIEMENS AG) 31. August 1995 (1995-08-31) * das ganze Dokument *	1-39	B61L11/00 B61L3/12 B61L25/02 B61L23/34
A	DE 44 21 821 A (FREDERICH FRITZ PROF DR ING) 4. Januar 1996 (1996-01-04) * Spalte 1, Zeile 41 - Zeile 49; Ansprüche *	1,3,9,12	
A	DE 24 33 187 B (SIEMENS AG) 25. September 1975 (1975-09-25) * Ansprüche *	7-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.7)
			B61L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	29. Juni 2001	Reekmans, M	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelbedatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

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

EP 01 25 0059

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.

29-06-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4406720 A	31-08-1995	DE 19526158 A DE 19526159 C	16-01-1997 19-09-1996
DE 4421821 A	04-01-1996	KEINE	
DE 2433187 B	25-09-1975	CH 592539 A ZA 7503310 A	31-10-1977 28-04-1976