

(19)



(11)

EP 3 275 764 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
31.01.2018 Patentblatt 2018/05

(51) Int Cl.:
B61L 27/00 ^(2006.01) **B61L 23/04** ^(2006.01)
B61L 21/04 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16181698.8**

(22) Anmeldetag: **28.07.2016**

(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:
MA MD

(72) Erfinder: **Räz, Max**
6362 Stansstad (CH)

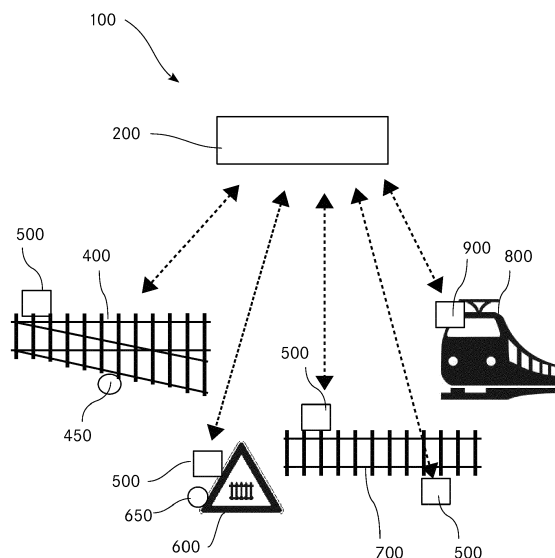
(74) Vertreter: **Gutmann, Samuel Oliver et al**
Keller & Partner Patentanwälte AG
Eigerstrasse 2
Postfach
3000 Bern 14 (CH)

(71) Anmelder: **Räz, Max**
6362 Stansstad (CH)

(54) ZUGLEITSYSTEM

(57) Die Erfindung betrifft ein Zugleitsystem (100) zum Überwachen mindestens eines Teilschienennetzes und von schienengebundenen Fahrzeugen (800) sowie zum Überwachen und Ansteuern von mindestens zwei schaltbaren Streckenelementen, insbesondere Weichen (400), des Teilschienennetzes. Das Zugleitsystem (100) umfasst mindestens zwei ortsfeste visuelle Sensoren (500) zum Erfassen von Sensordaten und mindestens eine ortsfeste zentrale Kontrolleinrichtung (200). Die Kontrolleinrichtung (200) steht in Datenverbindung mit den visuellen Sensoren (500) und mit den beiden Streckenelementen. Die zentrale Kontrolleinrichtung (200) ist dazu ausgebildet, die Sensordaten von den visuellen

Sensoren (500) zu empfangen und die Sensordaten zu verarbeiten, wobei das Zugleitsystem (100) derart ausgebildet ist, dass unter Einbezug der verarbeiteten Sensordaten der visuellen Sensoren (500) die mindestens zwei Streckenelemente gesteuert werden können. Die Erfindung betrifft weiter eine zentrale Kontrolleinrichtung und ein Verfahren zum Überwachen mindestens eines Teilschienennetzes und von schienengebundenen Fahrzeugen (800) auf diesem Teilschienennetz sowie zum Überwachen und Ansteuern von mindestens zwei schaltbaren Streckenelementen des Teilschienennetzes mittels Zugleitsystem.

**Fig. 1****EP 3 275 764 A1**

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Zugleitsystem zum Überwachen mindestens eines Teilschienennetzes eines Schienennetzes und von schienengebundenen Fahrzeugen auf diesem mindestens einem Teilschienennetz sowie zum Überwachen und Ansteuern von mindestens zwei schaltbaren Streckenelementen, insbesondere Weichen, des Teilschienennetzes. Das Zugleitsystem umfasst mindestens zwei ortsfeste visuelle Sensoren zum Erfassen von Sensordaten des Teilschienennetzes und mindestens eine ortsfeste zentrale Kontrolleinrichtung. Die zentrale Kontrolleinrichtung steht in Datenverbindung mit den ortsfesten visuellen Sensoren und die zentrale Kontrolleinrichtung steht in Datenverbindung mit den beiden Streckenelementen, wobei die zentrale Kontrolleinrichtung dazu ausgebildet ist, die Sensordaten von den ortsfesten visuellen Sensoren zu empfangen und die Sensordaten zu verarbeiten.

Stand der Technik

[0002] In der heutigen Zeit steigt der Mobilitätsgrad der Bevölkerung ständig und Strassen-, Eisenbahn-, Schifffahrts- und Flugnetze werden laufend ausgebaut. Eine wichtige Rolle spielt dabei der öffentliche Verkehr und insbesondere der Bahnverkehr. Allein in der Schweiz legen täglich 8'500 Züge eine Strecke von 410'000 km zurück. Die Koordination von so vielen Zügen und die Gewährleistung der Sicherheit für die tausenden von Bahnreisenden und für das Bahnpersonal stellt eine grosse Herausforderung dar. Züge, Schienennetz, Strecken sowie Sicherheitselemente müssen zuverlässig funktionieren. Das erfordert eine Überwachung der Züge, des Schienennetzes und der Bahnhöfe sowie eine Überwachung und eine rechtzeitige und korrekte Steuerung von Weichen, Barrieren, Bahnsperren und Signalen.

[0003] Hierzu sind Zugleitsysteme zum Überwachen eines Schienennetzes und zum Überwachen und Steuern von Zügen und Schienenfahrzeugen bekannt. Dabei müssen die Zugleitsysteme nicht nur für die Sicherheit sorgen, sondern dienen auch dazu, die Pünktlichkeit der Züge zu verbessern und Informationen über den Bahnverkehr im überwachten Schienennetz für Zugpersonal und Passagiere bereit zu stellen.

[0004] Zugleitsysteme umfassen üblicherweise eine Vielzahl von dezentralen Stellwerken zur Überwachung und zur Steuerung von Weichen und Signalen in Bahnhöfen und auf der Strecke. Sensoren zählen die Achsen der Züge und Gleisfreimeldeanlagen überwachen den aktuellen Belegungszustand der Gleise. Die Stellwerke regeln darüber hinaus mit Hilfe eines Streckenblocks Folge- und Gegenzugfahrten auf der freien Strecke. Die Stellwerke erkennen, ob ein Gleisabschnitt frei oder belegt ist, die Weichenstellungen und den Öffnungsstand der Barrieren.

[0005] Darüber hinaus sind auch Überwachungssysteme bekannt, die entlang der Bahnstrecke angeordnete Sensoren umfassen, um beispielsweise einen Bahnübergang zu überwachen.

[0006] Ein solches Überwachungssystem beschreibt zum Beispiel die WO 2011/162605 A2 (R. Bakker). Das Überwachungssystem umfasst an einer Oberleitung der Bahn angeordnete Ultraschall- oder Radarsensoren, welche detektieren, ob sich ein Zug in dem überwachten Streckenabschnitt im Bereich des Bahnübergangs befindet und mit welcher Geschwindigkeit der Zug sich bewegt. Die Sensoren detektieren auch, ob beispielsweise ein Auto auf dem Bahnübergang steht. Erfasste Sensordaten werden an eine Kontrolleinrichtung weitergeleitet. Die Kontrolleinrichtung kann aufgrund der Sensorsignale Barrieren dynamisch steuern und wenn nötig eine Notbremsung des Zugs veranlassen.

[0007] Zugleitsysteme können zudem auch auf den Zügen angeordnete Kontrolleinrichtungen umfassen. Solche Zugkontrolleinrichtungen überwachen laufend die befahrene Strecke und können den Zug beeinflussen, wenn ein Hindernis auf der Schiene erkannt wird.

[0008] Die US 2016/0046308 A1 (Panasec Corp.) beschreibt eine solche Zugkontrolleinrichtung. Bei diesem System überwacht eine an der Zugspitze angeordnete Kamera die Gleisstrecke laufend und meldet einer Zugkontrolleinrichtung, wenn sich ein Objekt auf der Schiene befindet. Zudem wird die Strecke von Sensoren am Streckenrand und bei Weichen von Weichensensoren überwacht. Ereignisse werden drahtlos an die Zugkontrolleinrichtung des näher kommenden Zuges gemeldet. Die Zugkontrolleinrichtung verarbeitet die erhaltenen Daten und wenn ein Zustand ausserhalb eines Grenzwertes bestimmt wird, beispielsweise wenn eine Kollision wahrscheinlich ist, sendet die Zugkontrolleinrichtung Anweisung an den Zug. Wenn das Zugpersonal nicht richtig oder nicht rechtzeitig auf eine Warnmeldung reagiert, reduziert die Zugkontrolleinrichtung automatisch die Geschwindigkeit des Zuges oder leitet eine Notbremsung ein.

[0009] Die Zugkontrolleinrichtung, welche auf dem Zug angeordnet ist, kann nur den jeweiligen Zug beeinflussen. Die Weichen, Barrieren und die übrigen Züge auf dem Schienennetz werden durch lokale Stellwerke gesteuert. Eine umfassende Sicht auf das gesamte Schienennetz mit mehreren Zügen ist daher nicht möglich. Überwachungssysteme wie das in der WO 2011/162605 A2 (R. Bakker) offenbarte System sind auf lokale Streckenabschnitte wie Bahnübergänge beschränkt. Zudem können auch diese Systeme nur den Zug steuern, der sich im überwachten Streckenabschnitt befindet oder sich diesem nähert.

[0010] Aus dem Stand der Technik bekannte Stellwerke erkennen den Zustand des Gleisnetzes nicht und können somit keine Hindernisse auf den Gleisen detektieren. Auch kann die Vollständigkeit von Zügen, insbesondere von Zügen die im Transit ein Schienennetz durchqueren, nicht zuverlässig überwacht werden. Des Weiteren kön-

nen die genaue Position von Zügen und die Anzahl von Wagen innerhalb eines Streckenblocks nur direkt vor Ort von Menschen bestimmt werden. Die dezentralen Stellwerke, lokalen Kontrolleinrichtungen, Gleisfreimelder, Achszähler, optischen Signale und Balisen haben eine beschränkte Funktionalität und sind nicht flexibel für Veränderungen. Nicht zuletzt verursachen sie sehr hohe Investitions- und Unterhaltskosten.

[0011] Mit bekannten Sensorsystemen ist es aufwändig, fahrend eine Geschwindigkeit oder Distanz unter schwierigen Bedingungen, insbesondere bei Eis und Schnee, genügend genau zu messen. Zudem kann die Position von Zügen häufig nicht schnell und genau bestimmt werden, insbesondere in Tunnel, in Galerien auf Brücken oder bei schwierigen Wetterbedingungen wie beispielsweise bei Nebel, bei starkem Regen- oder Schneefall.

[0012] Zudem kann mit bekannten Zugleitsystemen nur mit festen Blockstellen gefahren werden und die genaue Position der Züge ist nicht kontinuierlich bekannt. In Streckenabschnitten, in denen keine Sensoren angeordnet sind, sieht der Lokführer nur ein kleines Stück Gleis vor sich. Diese begrenzte Sichtweite ist oft kürzer als der Bremsweg des Zuges. Befindet sich ein Objekt auf der Schiene oder ist die Schiene an einem unübersichtlichen Streckenabschnitt beschädigt, kann der Zug durch den langen Bremsweg oft nicht rechtzeitig anhalten. Es kommt nicht selten zu Kollisionen mit gravierenden Personen- und Sachschäden.

Darstellung der Erfindung

[0013] Aufgabe der Erfindung ist es, ein dem eingangs genannten technischen Gebiet zugehörendes Zugleitsystem zu schaffen, welches eine zuverlässige Überwachung eines Schienennetzes sowie eine zuverlässige Überwachung von Streckenelementen und schienengebundenen Fahrzeugen auf dem Schienennetz erlaubt und zudem eine Steuerung der schienengebundenen Fahrzeugen und der Streckenelementen auf diesem Schienennetz ermöglicht.

[0014] Die Lösung der Aufgabe ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 definiert. Gemäss der Erfindung ist das Zugleitsystem derart ausgebildet, dass unter Einbezug der in der zentralen Kontrolleinrichtung verarbeiteten Sensordaten der ortsfesten visuellen Sensoren die mindestens zwei Streckenelemente in dem mindestens einen Teilschienennetz gesteuert werden können.

[0015] Vorliegend wird unter Zugleitsystem ein System zum Überwachen, Steuern, Automatisieren und Optimieren des Verkehrs von schienengebundenen Fahrzeugen auf dem Schienennetz verstanden. Es ist dabei unerheblich, ob einzelne örtlich begrenzte Teile des Schienennetzes, wie beispielsweise ein Rangierbahnhof oder ein Abstellgleis nicht vom Zugleitsystem erfasst sind, solange das erwähnte Teilschienennetz ein Schienennetz mit Weichen bildet, auf dem schienengebundene Fahrzeuge verkehren können. Unter "mindestens einem Teil-

schienennetz" ist ein Teil eines Schienennetzes oder das gesamte Schienennetz zu verstehen. Falls es sich nur um ein "Teilschienennetz" handelt, umfasst dieses Teilschienennetz vorzugsweise mindestens zwei Bahnhöfe oder Haltestellen mit mehreren Weichen und Streckenabschnitten, so dass ein Bahnverkehr zwischen diesen mindestens zwei Bahnhöfen mit schienengebundenen Fahrzeugen ermöglicht ist.

[0016] Der Begriff "visuelle Sensoren" umfasst Sensoren, die elektromagnetische Wellen erfassen können, vorzugsweise elektromagnetische Wellenlängen zwischen 0.1 Mikrometer bis 10 Zentimeter, sowie Sensoren, die Schallwellen, vorzugsweise Ultraschallwellen mit einer Frequenz höher als 16 kHz. Visuelle Sensoren können somit beispielsweise Fotokameras, Videokameras oder sonstige Vorrichtungen mit Photodioden wie auch Radarsensoren und Ultraschallsensoren umfassen. Vorzugsweise ist der visuelle Sensor derart ausgebildet, dass mindestens zwei zueinander beabstandete Punkte, besonders bevorzugt eine Vielzahl von Punkten im Raum zeitgleich erfasst werden können.

[0017] Unter "ortsfesten Sensoren" sind Sensoren zu verstehen, die nicht auf einem Fahrzeug angeordnet sind und die sich im Wesentlichen nicht bewegen. Die ortsfesten Sensoren sind vorzugsweise im Bereich des Teilschienennetzes fest montiert. Der Begriff "ortsfest" schliesst jedoch nicht aus, dass sich ein Sensor ein wenig bewegen kann oder dass sich der Sensor zum Anpassen des Überwachungsbereichs des Sensors drehen oder schwenken kann. Die ortsfesten Sensoren sind vorzugsweise einige Meter über der Schiene angeordnet. Sie können sich aber auch neben der Schiene oder unter der Schiene befinden. Der Begriff "zentral" bezieht sich auf die örtliche Anordnung der Kontrolleinrichtung in Bezug auf die im Schienennetz angeordneten ortsfesten Sensoren und Streckenelemente sowie in Bezug auf die im Schienennetz verkehrenden Fahrzeuge. Die Kontrolleinrichtung ist vorzugsweise zentral an einem Punkt angeordnet. Der Begriff "zentral" schliesst jedoch nicht aus, dass die Kontrolleinrichtung auf einzelne wenige Punkte, beispielsweise im Rahmen einer redundanten Ausführung, verteilt ist, solange die von der Kontrolleinrichtung empfangenen Daten an einem örtlichen Punkt eintreffen. Dabei ist unerheblich, ob die eintreffenden Daten an einem einzigen örtlichen Punkt oder an mehreren Punkten, beispielsweise auf mehreren Computern der zentralen Kontrolleinrichtung, verarbeitet werden. Dem Fachmann ist jedoch klar, dass bei einer Verbindung von zwei Teilschienennetzen auch zwei Kontrolleinrichtungen vorgesehen sein können.

[0018] Der Begriff "in Datenverbindung" definiert keine Richtung, in der zwei Elemente miteinander Daten austauschen können. So können beispielsweise Daten von einem Streckenelement zur zentralen Kontrolleinrichtung wie auch Daten von der zentralen Kontrolleinrichtung zu einem Streckenelement übertragen werden. Der Begriff "Sensordaten" ist nicht auf Daten begrenzt, die unmittelbar auf einem Messverfahren des Sensors ba-

sieren. So können die Sensordaten zum Beispiel neben Sensormesswerten auch Positionsangaben des Sensors, Zeit- und Datumsangaben umfassen.

[0019] Unter schienengebundenen Fahrzeugen sind alle Fahrzeuge zu verstehen, die auf dem Schienennetz verkehren können, wie beispielsweise Züge mit einer Lokomotive und Zugswagen, Treibzüge oder Rangierfahrzeuge.

[0020] Der Begriff "Streckenelemente" umfasst schaltbare Elemente, die für den Betrieb des Schienennetzes und schienengebundenen Fahrzeugen benötigt werden. Streckenelemente umfassen vorzugsweise bewegbare im Bereich der Schienen verwendete Elemente, besonders bevorzugt schaltbare Weichen, schaltbare Gleissperren.

[0021] Das erfindungsgemässe Zugleitsystem bietet den Vorteil, dass die Strecke nicht nur vom fahrenden Zug aus überwacht wird, sondern dass das Schienennetz durch die ortsfesten visuellen Sensoren überwacht werden kann. Dabei sind mittels der ortsfesten visuellen Sensoren das Schienennetz, die Streckenelemente und die schienengebundenen Fahrzeuge beobachtbar. Im Vergleich zu bekannten Sensoren von Zugleitsystemen wird nicht nur ein Zustand, wie beispielsweise der Zustand eines Signals, ein Abstand oder eine Weichenstellung gemessen. Vorliegend können das Teilschienennetz, die Streckenelemente und die schienengebundenen Fahrzeuge beobachtet werden, so dass präzise Informationen über den beobachteten Bereich vorliegen. Diese Überwachungsmöglichkeiten mittels der ortsfesten visuellen Sensoren ermöglichen eine präzise Erfassung eines Ereignisses samt dem vorherigen Hergang, der zum Ereignis geführt hat und allenfalls auch eine Abschätzung wie sich das Ereignis künftig entwickeln oder auswirken wird. Vorzugsweise wird mit den Sensoren das gesamte Teilschienennetz überwacht. Alternativ können auch einzelne Streckenabschnitte des Teilschienennetzes ausgelassen werden.

[0022] Das ermöglicht ein genaues Bild des Zustandes des Schienennetzes, der Streckenelemente und der schienengebundenen Fahrzeugen zu erfassen. Dadurch ist beispielsweise nicht nur erfassbar, ob eine Strecke blockiert ist, sondern welches Objekt die Strecke blockiert, worauf geeignete Massnahmen getroffen werden können. Durch die visuellen Sensoren ist nicht nur bekannt, wenn beispielsweise eine Weichenstörung vorliegt, sondern was die Störung verursacht hat und in welcher Lage sich die Weiche befindet. Damit können Störungen auf dem Teilschienennetz nicht nur präzise erfasst werden, sondern die Störungen können auch gezielt und effizient behoben werden.

[0023] Dieses umfassende Beobachten mit den visuellen Sensoren erlaubt gezielt Massnahmen einzuleiten. Das erhöht die Sicherheit, ermöglicht eine höhere Betriebszuverlässigkeit und verbessert dadurch die Pünktlichkeit der schienengebundenen Fahrzeuge. Des Weiteren wird mit dem erfindungsgemässen Zugleitsystem ein dichter Fahrplan der schienengebundenen Fahr-

zeuge ermöglicht. Das ermöglicht eine Leistungssteigerung des Teilschienennetzes. Der Betrieb der schienengebundenen Fahrzeuge auf dem Teilschienennetz kann daher erheblich effizienter und sicherer gestaltet werden als mit Sensoren die in bekannten Zugleitsystemen verwendet werden.

[0024] Da die ortsfesten visuellen Sensoren Sensordaten zur zentralen Kontrolleinrichtung senden und die zentrale Kontrolleinrichtung zudem in Datenverbindung mit Streckenelementen wie beispielsweise Weichen steht, kann die zentrale Kontrolleinrichtung das Schienennetz gesamtheitlich überwachen und die Streckenelemente können zentral und gesamtheitlich unter Einbezug aller Informationen über das Streckennetz gesteuert werden. Die Position der schienengebundenen Fahrzeuge ist der zentralen Kontrolleinrichtung jederzeit bekannt. Mittels der in der zentralen Kontrolleinrichtung verarbeiteten Informationen kann somit eine gesamtheitliche Sicht mit dem Zustand des Schienennetzes, den Zuständen der Streckenelemente und den Zuständen und kinematischen Grössen der schienengebundenen Fahrzeuge erstellt werden. Diese ganzheitliche Überwachung durch die zentrale Kontrolleinrichtung ermöglicht Konfliktsituationen in Echtzeit zu erkennen und auch aufzulösen. Eine solche ganzheitliche Sicht auf ein Schienennetz mit allen überwachten Elementen und die Möglichkeit die Streckenelemente von einer zentralen Kontrolleinrichtung aus zu steuern, ist mit aus dem Stand der Technik bekannten Zugleitsystemen, welche Sensoren umfassen, die sich auf den schienengebundenen Fahrzeugen befinden und welche mehrere dezentralen Stellwerke aufweisen, nicht möglich.

[0025] Vorzugsweise umfasst das Zugleitsystem zur Datenerfassung ausschliesslich die ortsfesten visuellen Sensoren. Die zentrale Kontrolleinrichtung ist von herkömmlichen Elementen wie Stellwerke, Achsenzähler, Gleisfreimelder, lokale Streckenzentralen unabhängig und benötigt keine Verbindung zu diesen, da die zentrale Kontrolleinrichtung die Sensordaten von den ortsfesten visuellen Sensoren erhält. Dadurch kann auf die vielen dezentralen Stellwerke verzichtet werden. Es werden keine physisch definierten Blockstellen, keine "Radio Block Center", keine Achszähler, keine Balisen und keine Gleisfreimelder benötigt. Dadurch fallen die Aufwände für die Inbetriebnahme und den Unterhalt solcher Elemente weg. Der Unterhalt des Schienennetzes wird dadurch sehr viel einfacher. Das reduziert die Betriebskosten erheblich.

[0026] Alternativ können weitere Daten erfassende Elemente, wie beispielsweise Achszähler, vorgesehen sein, insbesondere zur Gegenprüfung der von den Sensoren erhaltenen Daten.

[0027] Die zentrale Kontrolleinrichtung kennt anhand der Sensordaten der ortsfesten visuellen Sensoren beispielsweise die Position und die Geschwindigkeit der schienengebundenen Fahrzeuge. Vorzugsweise beinhaltet die Kontrolleinrichtung auch Fahrpläne und Streckendaten. Falls die zentrale Kontrolleinrichtung solche

Angaben kennt, kann die Kontrolleinrichtung nicht nur Position und Geschwindigkeit sondern auch das Ziel des schienengebundenen Fahrzeuges erfassen. Dadurch kann die zentrale Kontrolleinrichtung die Streckenelemente so steuern, dass das Schienennetz besonders effizient betrieben werden kann.

[0028] Bevorzugt optimiert die zentrale Kontrolleinrichtung die Zugfolge und ermöglicht dadurch eine bessere Ausnutzung des Schienennetzes. Die Kontrolleinrichtung schlägt dem Kontrollpersonal beispielsweise ein alternatives Gleis bei einem Halt im Bahnhof vor oder koordiniert Umleitungen von schienengebundenen Fahrzeugen bei unvorhergesehenen Ereignissen.

[0029] Vorzugsweise steuert die zentrale Kontrolleinrichtung die Weichen und die Bahnübergänge, wartet auf die Abfahrtsquittung und akzeptiert die Abfahrtsquittung für jeden Halt eines schienengebundenen Fahrzeuges im Schienennetz. Bevorzugt macht die zentrale Kontrolleinrichtung dem Bahnpersonal Vorschläge oder informiert das Bahnpersonal bei besonderen Vorkommnissen. Des Weiteren informiert die Kontrolleinrichtung das Bahnpersonal, wenn beispielsweise keine Möglichkeit besteht, die Fahrt eines schienengebundenen Fahrzeuges durchzuführen oder bei Änderung der Ankunfts- und Abfahrtszeiten. Vorzugsweise fragt die zentrale Kontrolleinrichtung das Bahnpersonal nach den Prioritäten für die Strategie bei mehreren Möglichkeiten.

[0030] Falls durch eine einmalige Eingabe die Spezifikationen der schienengebundenen Fahrzeuge der zentralen Kontrolleinrichtung bekannt sind, kann diese unter Einbezug dieser Daten sicherheitsrelevante Größen wie beispielsweise der Bremsweg des Zuges berechnen. Die zentrale Kontrolleinrichtung kann die Streckenelemente derart ansteuern, dass das entsprechende schienengebundene Fahrzeug rechtzeitig gebremst wird. Das erhöht weiter die Sicherheit des Bahnbetriebs.

[0031] Vorzugsweise ist die Topologie des Schienennetzes bekannt und wird bei der Überwachung des Schienennetzes und der Steuerung der Streckenelemente durch die zentrale Kontrolleinrichtung miteinbezogen. Bevorzugt wird das gesamte zu überwachende Schienennetz mit einem schienengebundenen Fahrzeug abgefahren um die Topologie des Schienennetzes mit Sensoren zu erfassen.

[0032] Vorzugsweise erkennen die ortsfesten visuellen Sensoren Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung des vorbeifahrenden schienengebundenen Fahrzeuges. Die visuellen Sensoren senden die aufgezeichneten Sensordaten, welche vorzugsweise Zeit und Ortsangaben enthalten, an die zentrale Kontrolleinrichtung. Diese kann anhand der Sensordaten die Geschwindigkeit des Zuges exakt erfassen. Vorzugsweise können die visuellen Sensoren auch Menschen erfassen, die sich im Bereich des Schienennetzes aufhalten, beispielsweise bei einer Schienenbaustelle. Personen können zum Beispiel mit QR-Code, beispielsweise auf der Jacke, versehen sein, womit das Zugleitsystem auch Personen nach deren Funktion unterscheiden kann. Dadurch wird

eine umfassende Überwachung ermöglicht. Das erhöht die Sicherheit. Da die visuellen Sensoren die Strecke vorzugsweise kontinuierlich überwachen, kann das schienengebundene Fahrzeug auch an unüberschaubaren Bereichen der Strecke anhalten ohne dabei ein Sicherheitsrisiko einzugehen.

[0033] Bevorzugt können anhand der Sensordaten der visuellen Sensoren Ereignisse auf dem überwachten Schienennetz protokolliert werden. Dadurch sind Ereignisse in der Vergangenheit nachvollziehbar, die Daten können als Information, Beweis und als Basis für Auswertungen dienen.

[0034] Bei Bedarf kann das erfindungsgemäße Zugleitsystem den Bahnbetrieb weitgehend automatisch steuern. Das ermöglicht einen effizienten Bahnbetrieb und erlaubt Bahnpersonal einzusparen. Dadurch können die Kosten für den Bahnbetrieb zu reduziert werden.

[0035] Vorzugsweise verwaltet die Kontrolleinrichtung zudem Ressourcen wie Gleis, Bahnsteig, Ausweichgeleise, Abstellgeleise mit maschineller Intelligenz. Das erlaubt eine effiziente Verwaltung dieser Ressourcen.

[0036] Vorzugsweise ist die zentrale Kontrolleinrichtung redundant ausgeführt. Das reduziert das Risiko eines kompletten Ausfalls der zentralen Kontrolleinrichtung und ermöglicht einen zuverlässigen Bahnbetrieb. Besonders bevorzugt arbeiten mehrere, insbesondere drei Kontrolleinrichtungen redundant nebeneinander, wobei die Kontrolleinrichtungen sich gegenseitig überprüfen. Dadurch wird das Risiko eines Ausfalls der zentralen Kontrolleinrichtung weiter reduziert.

[0037] Bevorzugt umfasst die zentrale Kontrolleinrichtung eine graphische Darstellung des Schienennetzes mit schienengebundenen Fahrzeugen. Dadurch können die schienengebundenen Fahrzeuge auf dem Schienennetz in Echtzeit übersichtlich dargestellt werden. Je nach Betriebsart lassen sich bevorzugt der Bremsweg, der Durchrutschweg, die genehmigte Rückfahrstrecke und alle anderen Informationen über die schienengebundenen Fahrzeuge in Echtzeit graphisch darstellen. Vorzugsweise sind alle Bewegungen der schienengebundenen Fahrzeugen, insbesondere auch einzelne Wagen, innerhalb eines definierten Bereiches sichtbar. Mit Vorteil lassen sich auch Stellungen der Streckenelemente, insbesondere die Weichenstellung in Echtzeit darstellen. Diese Darstellungen erleichtern den Überblick für das Kontrollpersonal in der zentralen Kontrolleinrichtung und machen eine effiziente und sichere Steuerung der Streckenelemente möglich.

[0038] Vorzugsweise umfasst das Zugleitsystem Sicherheitselemente, insbesondere Bahnschranken, und die ortsfesten visuellen Sensoren sind derart angeordnet, dass die Sicherheitselemente überwachbar und steuerbar sind. Dadurch kann die Stellung der Sicherheitselemente, beispielsweise die Stellung der Bahnschranke, laufend und in Echtzeit überwacht werden. Zudem ist damit überwachbar in welchem Zustand sich die Sicherheitselemente befinden und ob sie korrekt funktionieren. Dadurch kann beispielsweise ein Alarmsignal

ausgegeben werden, wenn ein Sicherheitselement nicht korrekt funktioniert oder nicht rechtzeitig funktioniert. Das erhöht die Sicherheit für den Bahnbetrieb. Durch die Überwachung der Bahngleise kann eine Bahnschranke zeitnah zur Durchfahrt des Zuges geschlossen werden, womit auch der Strassenverkehr flüssiger und damit effizienter gehalten werden kann.

[0039] Dabei umfassen die Sicherheitselemente nicht nur Bahnschranken und Barrieren, sondern beinhalten alle Elemente die für den sicheren Bahnbetrieb nötig sind wie schaltbare Schranken und schaltbare Abfahrtsperren für die schienenengebundenen Fahrzeuge.

[0040] Vorzugsweise überwachen die visuellen Sensoren neben den Sicherheitselementen auch die Umgebung im Bereich der Sicherheitselemente. Dadurch kann mittels der visuellen Sensoren beispielsweise erfasst werden, ob der Bahnübergang frei ist, ob sich ein Objekt vor oder auf dem Bahnübergang befindet oder ob sich ein Objekt dem Bahnübergang nähert. Zudem sind durch diese Anordnung der visuellen Sensoren Sensordaten in Echtzeit vom Bereich des Sicherheitselements verfügbar. Daher sind beispielsweise Echtzeitbilder vom Bereich eines Bahnübergangs in der zentralen Kontrolleinrichtung verfügbar.

[0041] Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit, dass die visuellen Sensoren keine Sicherheitselemente erfassen. In diesem Fall können die Sicherheitselemente auf eine andere Weise erfasst werden.

[0042] Bevorzugt steht die zentrale Kontrolleinrichtung in Verbindung mit den streckengebundenen Fahrzeugen im Teilschienennetz und die schienenengebundenen Fahrzeuge sind durch die zentrale Kontrolleinrichtung überwachbar und steuerbar.

[0043] Dadurch ist der Betrieb der schienenengebundenen Fahrzeuge zentral koordinierbar. Das erlaubt, die schienenengebundenen Fahrzeuge auf dem Schienennetz effizient einzusetzen. Zudem kann die zentrale Kontrolleinrichtung Anweisungen und Informationen an die schienenengebundenen Fahrzeuge senden. Solche Informationen können beispielsweise Fahrplanänderungen, Informationen zu anderen schienenengebundenen Fahrzeugen, Informationen über den Zustand des Schienennetzes, Informationen über die Anzahl Bahnpassagiere, Sicherheitsinformationen oder dergleichen umfassen. Dadurch kann der Betrieb effizienter gestaltet werden und die Sicherheit wird erhöht. Das Zugpersonal des schienenengebundenen Fahrzeuges kann dynamisch auf Ereignisse reagieren. Beispielsweise kann die zentrale Kontrolleinrichtung laufend Fahrplananweisungen wie beispielsweise Einfahrtsfreigaben für Bahnhöfe, Abfahrtsfreigaben, Haltebefehle oder Geschwindigkeitsvorgaben je nach Streckenverhältnissen an die schienenengebundenen Fahrzeuge senden. Dadurch werden auf dem Teilschienennetz keine Signale mehr benötigt. Das spart Wartungs- und Unterhaltskosten.

[0044] Des Weiteren kann die zentrale Kontrolleinrichtung die schienenengebundenen Fahrzeuge auch vorzugsweise direkt beeinflussen, beispielsweise die Geschwin-

digkeit reduzieren oder eine Notbremsung veranlassen. Das erhöht weiter die Sicherheit des Bahnbetriebes.

[0045] Zudem sind bevorzugt auch Informationen vom schienenengebundenen Fahrzeug an die Kontrolleinrichtung übertragbar, insbesondere Informationen über den Zustand und die Bewegung des schienenengebundenen Fahrzeuges.

[0046] Die Verbindung zwischen dem schienenengebundenen Fahrzeug und der Kontrolleinrichtung ermöglicht eine rasche und dynamische Reaktion auf Ereignisse. Liegt beispielsweise ein Hindernis auf der Strecke, kann die zentrale Kontrolleinrichtung rechtzeitig eine Meldung an das schienengebundene Fahrzeug senden oder das schienengebundene Fahrzeug rechtzeitig durch Steuern einer Weiche umleiten, so dass das schienengebundene Fahrzeug nicht in den Gefahrenbereich fährt. Der Zugführer ist nicht nur auf die Sichtweite, die häufig kurzer ist als der Bremsweg des Zuges, angewiesen. Das erhöht die Sicherheit.

[0047] Falls die zentrale Kontrolleinrichtung laufend von den schienenengebundenen Fahrzeugen Informationen wie zum Beispiel die Position, die Geschwindigkeit und den Zustand der schienenengebundenen Fahrzeuge erhält, kann die zentrale Kontrolleinrichtung die schienenengebundenen Fahrzeuge präziser und sicherer steuern als bekannte dezentrale Stellwerke, die solche Information der schienenengebundenen Fahrzeuge nicht kennen.

[0048] Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit, dass die schienenengebundenen Fahrzeuge nicht durch die Kontrolleinrichtung steuerbar sind. In diesem Fall ist der Bahnbetrieb durch die zentrale Kontrolleinrichtung nur über die Streckenelemente steuerbar.

[0049] Vorzugsweise ist die zentrale Kontrolleinrichtung derart ausgebildet, dass mit der zentralen Kontrolleinrichtung unter Einbezug der verarbeiteten Sensordaten mehr als 70% der Sicherheits- und Streckenelemente, bevorzugt mehr als 90% der Sicherheits- und Streckenelemente des Schienennetzes, steuerbar sind. Dadurch können die schienenengebundenen Fahrzeuge besonders effizient auf dem Schienennetz eingesetzt werden. So können durch die Steuerung der Streckenelemente durch die Kontrolleinrichtung die schienenengebundenen Fahrzeuge in dichter Folge auf einer Strecke betrieben werden. Das erhöht die Betriebseffizienz. Zudem kann die Sicherheit des Betriebs weiter erhöht werden.

[0050] Alternativ dazu können auch weniger als 70% der Sicherheits- und Streckenelemente des Schienennetzes durch die zentrale Kontrolleinrichtung gesteuert werden, insbesondere wenn bei einem Teilschienennetz, zum Beispiel in einer ersten Etappe, nur die Bereiche zwischen Bahnhöfen mit den visuellen Sensoren ausgestattet werden.

[0051] Vorzugsweise sind die ortsfesten Sensoren derart angeordnet und die Anzahl der visuellen Sensoren ist derart gewählt, dass die ortsfesten visuellen Sensoren mehr als 70% des Schienennetzes, vorzugsweise mehr

als 80% des Schienennetzes, besonders bevorzugt mehr als 95% des Schienennetzes überwachen. Das erlaubt anhand der Sensordaten eine gesamtheitliche Sicht in der zentralen Kontrolleinrichtung. Durch die umfassende Abdeckung kann das Schienennetz zuverlässig überwacht werden und auf Ereignisse kann rechtzeitig reagiert werden. Auch das erhöht die Sicherheit für den Bahnbetrieb.

[0052] Alternativ können die visuellen Sensoren auch weniger als 70% des Schienennetzes überwachen. Der restliche Anteil des Schienennetzes kann dann beispielsweise mit aus dem Stand der Technik bekannten Sensoren, Achszähler oder Näherungssensoren überwacht werden.

[0053] Mit Vorteil sind die ortsfesten Sensoren derart angeordnet, dass Objekte im Bereich des Teilschienennetzes überwachbar sind. Dadurch ist nicht nur erfassbar, ob ein schienengebundenes Fahrzeug einen Sensor passiert, sondern es kann auch dessen Integrität kontrolliert werden. Beispielsweise kann erfasst werden, wenn eine Ladung eines Güterwagens nicht richtig gesichert ist. Zudem kann mit den visuellen Sensoren beispielsweise laufend überprüft werden, ob ein Zug noch vollständig ist, das heisst, ob sich noch alle Zugwagen am Zug befinden. Diese Überwachungsmöglichkeiten mit den visuellen Sensoren erhöhen die Sicherheit des Bahnbetriebs.

[0054] Durch das Überwachen von Objekten im Bereich des Schienennetzes können auch mögliche Gefahren rechtzeitig erkannt werden und durch die zentrale Kontrolleinrichtung

[0055] Massnahmen getroffen werden. Beispielsweise können auf die Schiene zulaufende Tiere rechtzeitig erkannt werden. Das erhöht ebenfalls die Sicherheit.

[0056] Alternativ dazu können die Sensoren auch derart angeordnet sein, dass sie nur das Schienennetz überwachen.

[0057] Vorzugsweise umfassen die mindestens zwei ortsfesten visuellen Sensoren einen Radarsensor, eine Kamera oder beides. Beim Radarsensor kann es sich um einen beliebigen Sensor handeln, der mittels Funkwellen deren Frequenz unterhalb von 3000 GHz liegt, Objekte erfassen und/oder orten kann. Bei der Kamera kann es sich um eine beliebige Vorrichtung handeln, mit der Bilder erfasst werden können. Die Kamera kann beispielsweise eine Fotokamera, die einzelne Bilder aufnimmt, eine Filmkamera, die mehrere aufeinander folgende Bilder auf ein Medium speichert, oder eine Videokamera zur Aufnahme von Bildern in Form elektrischer Signale, sein.

[0058] Der Radarsensor bietet den Vorteil, dass auch bei schlechter Witterung und sehr schlechter Sicht, wie beispielsweise bei Nebel oder Schneefall oder in der Nacht, Objekte zuverlässig erfasst werden können. Die Kamera hat den Vorteil, dass jederzeit Bilder von der Strecke, von schienengebundenen Fahrzeugen auf der Strecke oder von einem sonstigen Objekt im Bereich der Schienen verfügbar sind. Im Unterschied zu bekannten

Messsensoren liefern die Sensordaten der visuellen Sensoren genauere Informationen über einen Zustand oder ein Ereignis und eine mögliche zukünftige Entwicklung von Ereignissen.

[0059] Vorzugsweise umfassen die visuellen Sensoren mindestens eine Stereokamera mit Infrarotbeleuchtung, mindestens einen Radarsensor und zusätzlich mindestens einen Ultraschallsensor. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass mit der Kamera sowohl Bilder mit vielen Informationen und mit dem Radarsensor und dem Ultraschallsensor bei schlechter Witterung und schlechten Sichtverhältnissen Objekte zuverlässig erfasst werden können.

[0060] Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit, dass die visuellen Sensoren nur einen Radarsensor oder nur eine Kamera umfassen.

[0061] Bevorzugt stehen die ortsfesten visuellen Sensoren mit den schienengebundenen Fahrzeugen in Datenverbindung. Dadurch können die schienengebundenen Fahrzeuge zusätzlich zu den Informationen von der zentralen Kontrolleinrichtung auch direkt Informationen von den ortsfesten visuellen Sensoren empfangen. Dadurch können redundante Informationen zum schienengebundenen Fahrzeug übertragen werden, was die Sicherheit erhöht. Zudem besteht die Möglichkeit, dass das Zugpersonal des schienengebundenen Fahrzeugs dynamisch Sensorinformationen von den ortsfesten Sensoren anfordern kann, die nicht zuerst über die zentrale Kontrolleinrichtung übermittelt werden müssen. So kann zum Beispiel für den Zugführer auf einem Bildschirm einen jeweils in Fahrtrichtung noch nicht sichtbaren Bereich auf einem Bildschirm dargestellt werden.

[0062] Vorzugsweise stehen die ortsfesten visuellen Sensoren in drahtloser Verbindung mit den schienengebundenen Fahrzeugen. Das erlaubt eine einfache Montage und Inbetriebnahme ohne Verkabelung.

[0063] Alternativ besteht auch die Möglichkeit, dass die schienengebundenen Fahrzeuge nicht in Datenverbindung mit den ortsfesten Sensoren stehen und somit alle Informationen über die zentrale Kontrolleinrichtung übermittelt werden. Eine Datenverbindung muss auch nicht zwingend drahtlos sein.

[0064] Vorzugsweise sind die ortsfesten Sensoren derart angeordnet, dass sich die Überwachungsbereiche überlappen. Damit können die erfassten Daten dreidimensional verarbeitet werden, womit insbesondere auch ein Ort eines Gegenstands oder einer Person, sowie eine exakte Bewegungsrichtung bestimmt werden kann.

[0065] Alternativ kann auf die Überlappung auch verzichtet werden. Die dreidimensionale Erfassung des Erfassungsbereichs kann auch mit Stereokameras oder dergleichen erreicht werden.

[0066] Vorzugsweise sind die ortsfesten Sensoren derart angeordnet, dass mindestens ein Teilschienennetz durch die ortsfesten visuellen Sensoren vorzugsweise kontinuierlich in bevorzugt zwei Fahrtrichtungen des schienengebundenen Fahrzeuges überwachbar ist und dadurch mit den ortsfesten visuellen Sensoren ins-

besondere redundanten Sensordaten des Teilschienen-netzes erfassbar sind. Vorzugsweise entsprechen die zwei Fahrtrichtungen einander entgegengesetzten Richtungen. Durch die redundante Erfassung lassen sich die Sensordaten auf Plausibilität überprüfen. Das erhöht die Sicherheit.

[0067] Alternativ können die ortsfesten visuellen Sensoren auch so angeordnet sein, dass das Teilschienen-netz nur in eine Richtung überwachbar ist.

[0068] Vorzugsweise umfassen die ortsfesten visuellen Sensoren jeweils ein vorzugsweise lernfähiges Computerprogramm, womit aus den erfassten Sensordaten Ereignisse abstrahierbar sind. Vorzugsweise läuft das Computerprogramm auf einer Rechneinheit, welche dem spezifischen visuellen Sensor zugeordnet ist. Das Ereignis umfasst beispielsweise einen sicherheitsrelevanten Zustand, beispielsweise wenn sich ein Objekt auf der Schiene befindet, ein schienengebundenes Fahrzeug zu schnell fährt oder wenn ein Sicherheitselement nicht richtig funktioniert, beispielsweise wenn sich eine Bahnschranke nicht vollständig schliessen lässt.

[0069] Durch das Computerprogramm besteht die Möglichkeit, dass bereits beim Sensor eine Auswahl der aufgezeichneten Sensordaten getroffen werden kann. Somit können zu bestimmten, abstrahierten Ereignissen weitere Sensordaten aufgezeichnet werden oder die abstrahierten Ereignisse können weiterverarbeitet werden. Das erlaubt eine effiziente und dynamische Nutzung der ortsfesten Sensoren.

[0070] Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit, dass die visuellen Sensoren kein Computerprogramm aufweisen, mit dem Ereignisse abstrahierbar sind. In diesem Fall können die Daten der visuellen Sensoren zentral in der Kontrolleinrichtung verarbeitet und abstrahiert werden.

[0071] Bevorzugt ist das Computerprogramm der ortsfesten Sensoren derart ausgebildet, dass eine Ereignismeldung an die zentrale Kontrolleinrichtung gesendet werden kann, sofern ein abstrahiertes Ereignis der Sensordaten mit einem Ereignis aus einer Anzahl vorbestimmten Ereignissen übereinstimmt.

[0072] Ein vorbestimmtes Ereignis kann beispielsweise die Einhaltung eines vorgegebenen Lichtraumprofils für das schienengebundene Fahrzeug umfassen. Das heisst, wenn beispielsweise ein Ast oder sonstiger Gegenstand in das vordefinierte Lichtraumprofil der Strecke ragt und dadurch das schienengebundene Fahrzeug an der Durchfahrt behindern würde, erkennt das Computerprogramm dies und sendet eine Ereignismeldung an die zentrale Kontrolleinrichtung. Die Information kann mit relativ geringem Gehalt festhalten, dass die Durchfahrt behindert ist, oder aber auch die Grösse und Position des Objekts oder eine Identifikation des Objekts, z.B. "Auto auf Geleis, Koordinaten X, Y, Z" etc. umfassen. Das vorbestimmte Ereignis kann beispielsweise aber auch das Überschreiten einer Maximalgeschwindigkeit des schienengebundenen Fahrzeuges oder einen bestimmten Zustand eines Bahnübergangs oder eine bestimmte Wei-

chenstellung einer Weiche umfassen.

[0073] Der Vergleich eines Ereignisses mit vorbestimmten Ereignissen ermöglicht, nur ausgewählte Ereignisse zur zentralen Kontrolleinrichtung zu senden. Dadurch können die zu übermittelnden Daten markant reduziert werden. Die Datenverbindung zwischen den ortsfesten Sensoren und der zentralen Kontrolleinrichtung wird damit nicht unnötig belastet. Zudem kann die Menge der in der zentralen Kontrolleinrichtung zu verarbeitenden Sensordaten stark reduziert werden. Dadurch wird eine schnelle und zuverlässige Verarbeitung der Sensordaten in der zentralen Kontrolleinrichtung ermöglicht.

[0074] Alternativ dazu können die ortsfesten Sensoren auch so ausgebildet sein, dass alle erfassten Ereignisse oder alle erfassten Sensordaten zur zentralen Kontrolleinrichtung gesandt werden.

[0075] Vorzugsweise umfasst die zentrale Kontrolleinrichtung ein Computerprogramm zum zentralen Verarbeiten der Ereignismeldungen der ortsfesten visuellen Sensoren. Dadurch können die Ereignismeldungen spektiv zentral verarbeitet werden. Das Kontrollpersonal der zentralen Kontrolleinrichtung muss den Ablauf nur überwachen und muss nur ausserordentliche Situationen bearbeiten. Unter Einbezug der verarbeiteten Sensordaten der ortsfesten visuellen Sensoren kann das Computerprogramm die Sicherheits- und Streckenelemente sowie allenfalls die schienengebundenen Fahrzeuge überwachen und steuern. Das Computerprogramm kann dabei auf einem einzelnen Rechner der Kontrolleinrichtung laufen oder auf mehrere zur zentralen Kontrolleinrichtung gehörende Rechner verteilt sein. Zudem ist unerheblich, ob das Computerprogramm als eine Einheit ausgestaltet ist oder ob mehrere einzelne Programme das Computerprogramm zum zentralen Verarbeiten der Ereignismeldungen bilden.

[0076] Bevorzugt analysiert das Computerprogramm die erhaltenen Ereignismeldungen um beispielsweise eine Klassierung der Ereignismeldungen vorzunehmen und leitet anschliessend dem Ereignis entsprechende vordefinierte Massnahmen ein oder informiert das Kontrollpersonal der zentralen Kontrolleinrichtung. Solche Massnahmen können beispielsweise das Schalten einer Weiche, das Umleiten eines schienengebundenen Fahrzeuges, das Bremsen oder Anhalten eines schienengebundenen Fahrzeuges, das Öffnen oder das Schliessen einer Barriere und dergleichen umfassen.

[0077] Vorzugsweise verarbeitet das Computerprogramm neben den Sensordaten noch weitere Daten wie beispielsweise Fahrpläne von Zügen und Abfahrtsfreigaben von Bahnhofstationen. Vorzugsweise kann das Computerprogramm die schienengebundenen Fahrzeuge autonom überwachen und steuern. Dadurch kann das Kontrollpersonal entlastet werden. Zudem können Personalkosten eingespart werden.

[0078] Alternativ dazu können die in der zentralen Kontrolleinrichtung empfangenen Sensordaten auch manuell durch eine Person durchgesehen, ausgewählt und

weiterverarbeitet werden.

[0079] Vorzugsweise ist die Datenverbindung zwischen der zentralen Kontrolleinrichtung und den ortsfesten visuellen Sensoren und die Datenverbindung zwischen der zentralen Kontrolleinrichtung und den Streckenelementen eine drahtlose Datenverbindung. Vorzugsweise ist auch die Datenverbindung zwischen der zentralen Kontrolleinrichtung und den Sicherheitselementen eine drahtlose Datenverbindung. Das erleichtert die Montage, Inbetriebnahme und den Unterhalt der ortsfesten Sensoren und den Sicherheits- und Streckenelementen, da eine Verkabelung entfällt.

[0080] Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit, dass es sich bei der Datenverbindung um eine drahtgebundene Verbindung handelt.

[0081] Bevorzugt umfasst das Zugleitsystem ein drahtloses Kommunikationsnetz, an dem die ortsfesten Sensoren, die Strecken- und Sicherheitselemente, die schienengebundenen Fahrzeuge und die zentrale Kontrolleinrichtung angeschlossen sind. Das ermöglicht eine leistungsfähige und zuverlässige Kommunikation. Vorzugsweise handelt es sich beim Kommunikationsnetz um ein Weitverkehrsfunknetz, ein "Wireless Wide Area Network" (WWAN). Beispiele eines WWAN sind Funknetze wie LTE, WiMAX, GSM und UMTS.

[0082] Vorzugsweise umfasst das Kommunikationsnetz, ein zweites redundantes drahtloses Netz, insbesondere ein lokales Mobilfunknetz. Dadurch wird die Datenverbindung auch bei Ausfall des ersten Netzes sichergestellt.

[0083] Vorzugsweise ist die Position der ortsfesten visuellen Sensoren jeweils mittels einer Ortungsvorrichtung bestimmbar damit die Position der ortsfesten visuellen Sensoren mittels eines Senders an die zentrale Kontrolleinrichtung gesendet werden kann. Dadurch ist in der zentralen Kontrolleinrichtung jederzeit bekannt, von wo die Sensordaten stammen. Zudem erlaubt die Positionsangabe der ortsfesten visuellen Sensoren eine einfache und zuverlässige Bestimmung von kinematischen Größen wie Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung, der schienengebundenen Fahrzeuge.

[0084] Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit, dass die visuellen Sensoren keine Ortungsvorrichtung umfassen.

[0085] Vorzugsweise beinhalten die ortsfesten visuellen Sensoren eine Warneinrichtung, die akustische oder visuelle Warnsignale aussenden kann. Dadurch können Personen, die sich in der Nähe eines ortsfesten visuellen Sensors befinden, bei einer Gefahr gewarnt werden. Zudem können mittels der Warneinrichtung beispielsweise Kollisionen zwischen schienengebundenen Fahrzeugen und Objekten auf der Schiene oder Kollisionen zwischen Strassenfahrzeugen und schienengebundenen Fahrzeugen bei einem Bahnübergang vermieden werden.

[0086] Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit, dass die visuellen Sensoren keine Warneinrichtung umfassen.

[0087] Vorzugsweise umfassen die ortsfesten visuel-

len Sensoren zwei redundante Energiespeisungen. Zudem umfassen die ortsfesten Sensoren bevorzugt je einen Energiespeicher. Die redundante Energiespeisung stellt eine lückenlose Stromversorgung des ortsfesten Sensors sicher. Dadurch wird das Risiko vermindert, dass ein Sensor komplett ausfällt.

[0088] Vorzugsweise ist die Kontrolleinrichtung dazu ausgebildet, Informationen zu verarbeiten, wobei diese Informationen mindestens eine Information umfasst, wie der Zustand des Sensors, die Topografie des Teilschienenennetzes, den Zustand des Teilschienenennetzes, Sensordaten der ortsfesten visuellen Sensoren, die Position der Sicherheits- und Streckenelemente, Daten der Sicherheits- und Streckenelemente, Anweisungen von Bahnpersonal auf der Bahnstrecke oder in Bahnhöfen sowie Daten der schienengebundenen Fahrzeuge (800).

[0089] Informationen über den Zustand des Teilschienenennetzes können beispielsweise Angaben über ein Objekt, welches sich auf der Schiene befindet oder den Zustand der Geleise, insbesondere Beschädigungen der Geleise, umfassen. Daten der Sicherheits- und Streckenelemente können Informationen wie die Stellung der Weiche oder die Stellung einer Barriere sein. Anweisungen vom Bahnpersonal können beispielsweise die Abfahrtsfreigabe für einen Zug, eine Fehlermeldung für einen Zug oder dergleichen sein. Daten der schienengebundenen Fahrzeuge können beispielsweise deren Position, Beschleunigung oder Geschwindigkeit oder Informationen über Gewicht, Länge oder Zustand des Zuges umfassen.

[0090] Die Erfindung betrifft weiter eine Kontrolleinrichtung für ein Zugleitsystem, insbesondere für ein Zugleitsystem wie oben beschrieben, wobei die Kontrolleinrichtung ortsfest und zentral angeordnet ist und die zentrale Kontrolleinrichtung mit ortsfesten visuellen Sensoren in Datenverbindung steht, die ortsfeste zentrale Kontrolleinrichtung dazu ausgebildet ist, Sensordaten von den visuellen Sensoren zu empfangen und zu verarbeiten und wobei die Kontrolleinrichtung derart ausgebildet ist, dass unter Einbezug der in der Kontrolleinrichtung verarbeiteten Sensordaten mindestens zwei Streckenelemente, vorzugsweise zwei Weichen, gesteuert werden können.

[0091] Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Überwachen mindestens eines Teilschienenennetzes eines Schienenennetzes und von schienengebundenen Fahrzeugen auf diesem Teilschienenennetz sowie zum Überwachen und Ansteuern von mindestens zwei schaltbaren Streckenelementen, insbesondere Weichen, des Teilschienenennetzes mittels Zugleitsystem, insbesondere einem Zugleitsystem wie oben beschrieben, wobei das Verfahren die Schritte umfasst: Erfassen von Sensordaten mit ortsfesten visuellen Sensoren, Senden der Sensordaten der visuellen Sensoren an eine ortsfeste zentrale Kontrolleinrichtung, Empfangen und Verarbeiten der Sensordaten in der ortsfesten zentralen Kontrolleinrichtung. Dabei beeinflusst die zentrale Kontrolleinrichtung unter Einbezug der verarbeiteten Sensordaten die min-

destens zwei Streckenelemente in dem mindestens einen Teilschienenetz.

[0092] Vorzugsweise sendet die Kontrolleinrichtung unter Einbezug der ausgewählten Ereignisinformationen Anweisungen an einen oder mehrere der folgenden Empfänger:

- a. Sicherheitselemente,
- b. Streckenelemente,
- c. schienengebundenen Fahrzeuge.

[0093] Aus der nachfolgenden Detailbeschreibung und der Gesamtheit der Patentansprüche ergeben sich weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Merkmalskombinationen der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0094] Die zur Erläuterung des Ausführungsbeispiels verwendeten Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Übersicht der Elemente und die Verbindungen der Elemente untereinander des erfindungsgemässen Zugleitsystems,
- Fig. 2a - 2c eine Darstellung von Befestigungsmöglichkeiten der ortsfesten visuellen Sensoren,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung eines visuellen Sensors,
- Fig. 4 eine schematische Darstellung der Anordnung der ortsfesten visuellen Sensoren zum Beobachten eines Schienenabschnitts,
- Fig. 5 eine schematische Darstellung der Kommunikationsnetze des Zugleitsystems,
- Fig. 6 eine schematische Darstellung des Aufbaus des "Traffic Control Center",
- Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Bordgeräts eines Zuges.

[0095] Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0096] Die schematische Darstellung in Figur 1 gibt einen Überblick der Elemente des erfindungsgemässen Zugleitsystems 100 zum Überwachen eines Schienennetzes und von schienengebundenen Fahrzeugen wie

beispielsweise Zügen oder Triebfahrzeugen 800 wie Triebzüge, Lokomotiven und Rangierfahrzeuge auf dem Schienennetz. Das Zugleitsystem 100 dient weiter zum Überwachen und Ansteuern von mindestens zwei schaltbaren Streckenelementen wie beispielsweise Weichen 400 oder Sicherheitselementen wie Barrieren 600 eines Bahnübergangs.

[0097] Das Zugleitsystem 100 umfasst einen als zentrale Kontrolleinrichtung funktionierenden "Traffic Control Center" (TCC) 200, ortsfesten visuellen Sensor 500 und Befehlsgeber 450 an Weichen 400 und Befehlsgeber 650 an Barrieren 600.

[0098] Der Kern des Zugleitsystems bildet das TCC 200. Dieses ist ortsfest und zentral angeordnet. Die ortsfesten visuellen Sensoren 500, die Befehlsgeber 450, 650 für Weichen 400 und Barrieren 600 sowie Bordgeräte (OBU) 900 auf den Triebfahrzeugen 800 sind dezentral angeordnet. Das TCC 200 steht in drahtloser Datenverbindung mit den visuellen Sensoren 500, den Befehlsgebern 450, 650 und den Triebfahrzeugen 800. Dabei erfolgen die Datenverbindungen über ein "Wireless wide area network" (WWAN). Die Datenverbindungen sind in Figur 1 mit gestrichelten Linien dargestellt.

[0099] Die ortsfesten visuellen Sensoren 500 sind entlang allen Strecken 700 des Schienennetzes angeordnet, bei Weichen 400 und bei Barrieren 600 bei einem Bahnübergang. Jede Weiche 400 und jede Barriere 600 umfasst einen Befehlsgeber 450, 650. Das TCC 200 umfasst drei redundante Rechner, die sich gegenseitig überwachen.

[0100] Mit sehr vielen ortsfesten visuellen Sensoren 500 wird das ganze Schienennetz eines Bahnunternehmens kontinuierlich beobachtet. Jeder Schienenabschnitt wird dabei aus den zwei Fahrtrichtungen redundant überwacht. Die visuellen Sensoren 500 umfassen Stereokameras, Ultraschall- und Radarsensoren und erkennen mittels intelligenter Software Ereignisse auf dem beobachteten Schienenabschnitt. Wichtige Ereignisse melden die visuellen Sensoren 500 drahtlos an das zentrale TCC 200. Im TCC 200 verarbeitet eine übergeordnete Sensorsoftware die Sensordaten der einzelnen visuellen Sensoren 500 und kombiniert die Sensordaten zu einer redundanzfreien Gesamtsicht. Ereignisse, die diese Gesamtsicht verändern, werden an eine "Traffic Control Software" im TCC 200 weiter gemeldet.

[0101] Die "Traffic Control Software" steuert direkt, basierend auf den erhaltenen Ereignissen der ortsfesten visuellen Sensoren 500, drahtlos durch die ortsfesten Befehlsgeber 450, 650 die Weichen 400 und Barrieren 600 und über drahtlose Kommunikationskanäle die Triebfahrzeuge 800. Das TCC 200 kennt Rahmenbedingungen wie Fahrpläne und Rangieraufträge und akzeptiert spontane Ergänzungen dazu. Mit Methoden, Algorithmen und künstlicher Intelligenz werden die Züge entsprechend den Fahrplänen und den Abfahrtsfreigaben an den Halteorten über das Schienennetz gesteuert. Menschen behandeln nur ausserordentliche Situationen mit Anweisungen an das TCC 200. Eine mehrschichtige Sicher-

heitssoftware im TCC und ein zentrales Rechnersystem, welches den Sicherheits-Integritätslevel 4 (SIL 4) entspricht, garantieren hohe Redundanz und SIL 4. Das gesamte Schienennetz mit allen Aktivitäten ist im TCC 200 grafisch auf Bildschirmen oder Bildschirmwänden im gewünschten Massstab darstellbar.

[0102] Die visuellen Sensoren 500, die Befehlsgeber 450, 650 und das TCC 200 ersetzen zu niedrigen Kosten komplett die extrem teuren dezentralen Stellwerke als Innenanlagen mit den dazu gehörenden Aussenanlagen wie Gleisfreimelder, Achszähler, Signale und deren Verkabelung. Nachfolgend werden die einzelnen Elemente des Zugleitsystems 100 näher beschrieben.

Visuelle Sensoren

[0103] Der visuelle Sensor 500 umfasst zwei Stereokameras mit Infrarot-LED zur Beleuchtung, zwei Dopp-lerradare, drei Ultraschallsensoren und je nach Ausfüh-rung auch LiDAR (Light detection and ranging) sowie je einen Rauch- und Temperatursensor. Die Kameras und Sensoren sind in einem allwettertauglichen, temperier-ten Gehäuse untergebracht. Der visuelle Sensor 500 um-fasst zudem eine Software zum Erkennen von vorbe-stimmten Ereignissen, einen Empfänger und einen Sen-der zum Empfangen und Senden von Daten.

[0104] Im überwachten Schienennetz sind tausende von visuellen Sensoren 500 am Streckenrand, bei Wei-chen 400, bei Barrieren 600 und bei Bahnhöfen ange-ordnet. Die visuellen Sensoren 500 können Rollmaterial von anderen Objekten unterscheiden und erkennen den Anfang und das Ende eines Zuges. Des Weiteren mes-sen die visuellen Sensoren 500 die Position und die Ge-schwindigkeit der Züge und berechnen anhand mehre-ren Geschwindigkeitsmessungen die Beschleunigung des Zuges. Alle 1 - 3 Sekunden senden die visuellen Sensoren 500 diese Informationen mit einem Zeitstempel ("time stamp") über WWAN an das vorbeifahrende Triebfahrzeug 800 und an das TCC 200. Triebfahrzeug 800 und TCC 200 können anhand des Zeitstempels die-se Informationen laufend extrapolieren. Damit ist eine zuverlässige Geschwindigkeitsmessung ermöglicht. Je-doch melden sich von den tausenden visuellen Sensoren 500 nur wenige zu einem bestimmten Zeitpunkt, da die visuellen Sensoren 500 nicht Bilder versendet, sondern nur analysierte Ereignisse an das TCC 200 oder an Trieb-fahrzeuge 800 weitergeben. So reagieren die visuellen Sensoren 500 beispielsweise nicht auf Hasen, Vögel, Laub oder Schnee. Jedoch können vom TCC 200 jeder-zeit Bilder der visuellen Sensoren 500 angefordert wer-den. Dadurch wird alles entlang der Schienen sichtbar. Weil die visuellen Sensoren 500 "sehen" können sie aus-serordentliche Situationen und Ereignisse, wie beispiele-weise Gefahrensituationen oder einen Baustellenbetrieb intelligent behandeln. Die visuellen Sensoren 500 kön-nen auch bei Nebel und Schnee, Objekte und Ereignisse zuverlässig erfassen, was keinem Menschen, keiner Ka-mera und keinem Radarsystem möglich ist. Mittels der

Rauch- und Temperatursensor erfassen die visuellen Sensoren 500 auch Rauch und die Temperatur, was ins-besondere in Tunnels wichtig ist. Mit den visuellen Sen-soren 500 kann die Länge eines Zuges überall erfasst und seine Integrität kontrolliert werden. Ausserdem kann die Beschleunigung eines Zuges präzise erfasst werden. Dadurch kann zum Beispiel abgeschätzt werden, wie sich eine Situation entwickelt.

[0105] Nachfolgend wird detailliert auf den Aufbau und die Anordnung der visuellen Sensoren 500 eingegangen.

[0106] Die visuellen Sensoren 500 überwachen im Schienennetz die freie Strecke wie auch die Bahnhöfe und alle Strecken- und Sicherheitselemente des Schie-nennetzes. Der Überwachungsbereich des visuellen Sensors 500 umfasst die Schienen mit dem Lichtraum-profil für die Züge und einer zusätzlichen Marge. Bei Bahnübergängen umfasst der Überwachungsbereich zusätzlich den Bahnübergang mit den Barrieren 600. Beim ersten Einschalten des visuellen Sensors 500 be-stimmt dieser aufgrund seiner Position und Angaben aus einem Schienennetzabbild seinen Überwachungsbe-reich. Seine genaue Zeit erhält der visuelle Sensor 500 von einem integrierten GPS-Empfänger. Visuelle Sen-soren 500 ohne GPS-Empfang verwenden Zeitmeldun-gen auf dem Kommunikationsnetzwerk.

[0107] Die Figuren 2a - 2c zeigen mögliche Anordnun-gen der visuellen Sensoren 500. Die visuellen Sensoren 500 werden in der Regel auf der linken Seite der Schie-nen in 3 m Höhe an einem Mast befestigt, im Normalfall an einem Fahrleitungsmast. Das Bahnunternehmen kann alternativ auch einheitliche Maste 560 nur für die visuellen Sensoren 500 einsetzen. In Figur 2a ist der vi-suelle Sensor 500 auf einem solchen Mast 560 ange-bracht. Am Mast 560 ist der visuelle Sensor 500 einfach auf verschiedenen Höhen, in der genauen Richtung an-bringbar. Von Mast 560 zu Mast 560 kann eine Freileitung gezogen werden, was mindestens auf der Strecke kos-tengünstig ist. Figur 2b zeigt eine Befestigungsmögli-keit des visuellen Sensors 500 in einem Tunnel 570 und in Figur 2c ist der visuelle Sensor 500 mit einer kurzen Halterung 581 an einem Bahnhofs- oder Unterstands-dach 580 befestigt.

[0108] Figur 4 zeigt schematisch die Anordnung der visuellen Sensoren 500 bei einem Streckenabschnitt 710, 720 des Schienennetzes. Ein erster visueller Sensor 500.1 weist einen ersten Überwachungsbereich 591 auf und beobachtet den Schienenabschnitt 710 in eine erste Fahrtrichtung, in der Darstellung in Figur 4 entspricht dies der Richtung von links nach rechts. Ein zweiter visueller Sensor 500.2 weist einen zweiten Überwachungsbereich 592 auf und beobachtet den Schienenabschnitt 710 in die zweite Fahrtrichtung 592, in Figur 4 entspricht dies der Richtung von rechts nach links. Die visuellen Senso-ren 500.1, 500.2 erzeugen dadurch redundante Sensor-daten. Der Schienenabschnitt 720 einer zweiten Schie-nenspur wird ebenfalls mit zwei visuellen Sensoren 500.3, 500.4 mit je einem Überwachungsbereich 593, 594 in beide Fahrtrichtungen beobachtet. Die visuellen

Sensoren 500 beobachten je nach Situation einen Bereich von 50 m bis 300 m je Fahrtrichtung. Ein visueller Sensor 500 kann eine Situation nur in seinem Überwachungsbereich beschreiben. Eine Sensorsoftware im TCC 200 setzt diese Teilinformationen dann zu einer Gesamtsituation zusammen.

[0109] Figur 3 zeigt schematisch den Aufbau eines visuellen Sensors 500. Der visuelle Sensor 500 umfasst einen unteren Montageteil 510 und einen Oberteil 520. Der Montageteil 510 ist so gestaltet, dass er einfach in unterschiedlichen Umgebungen befestigt werden kann. Der Montageteil 510 umfasst zwei Anschlüsse 512, 513 für die Speisung, wobei ein Anschluss 513 für eine optionale zweite alternative Speisung vorgesehen ist. Auf beiden Stirnseiten und Unterhalb des Montageteils 510 sind Kabeleinführungen vorgesehen, auf den beiden Stirnseiten Zugentlastungen für Freileitungsführung. Das Oberteil 520 wird über eine sichere Steckverbindung für die Speisung wasserdicht auf das Montageteil 510 gesteckt und mit unverlierbaren Schrauben mit dem Montageteil 510 verbunden. Wenn ein Kabel als "back bone" für das WWAN verlegt wird, wird dies auch in den Montageteil 510 geführt und mit einer Steckverbindung mit dem Oberteil 520 verbunden.

[0110] Zudem sind in Figur 3 die einzelnen Elemente des visuellen Sensors 500 im Detail ersichtlich. Das Oberteil 520 beinhaltet die Elektrik und Elektronik, zwei Stereokameras 532, zwei Dopplerradar 533 und drei Ultraschallsensoren 531. Dabei sind auf den Stirnseiten des visuellen Sensors 500 eine Stereokamera 532, ein Dopplerradar 533 und ein Ultraschallsensor 531 je in eine Fahrtrichtung der Züge ausgerichtet. Zusätzlich ist ein Ultraschallsensor 531 auf der Seite des visuellen Sensor 500 angebracht, so dass dieser rechtwinklig zur Schiene steht. Die Sensoren sind mit einem Vordach gegen Niederschlag geschützt. Der visuelle Sensor 500 umfasst weiter einen RFID-Sensor 530, welcher an der Seite des visuellen Sensors 500 angebracht ist. Zudem umfasst der visuelle Sensor 500 einen Rauchsensor 535, einen Temperatursensor 536, eine Warnleuchte 534, ein Mikrofon und einen Lautsprecher für eine Sprachausgabe oder einen akustischen Alarm. Die Antennen für die Kommunikation, soweit sie nicht innerhalb des Hauptgehäuses bleiben können, werden an der Aussenwand des Oberteils 520 anliegend montiert. Sie sind nicht freistehend.

[0111] Das Oberteil 520 des visuellen Sensors 500 umfasst einen primären Kommunikationskanal 521 für das WWAN, einen Backup-Kanal 522 für ein öffentliches Mobilfunknetz, einen allgemeinen Prozessor 523, einen Speicher 524 in dem die Schienentopologie des Schienennetzes abgespeichert ist, einen Neuroprozessor 525, einen Lagesensor 526, einen D-GPS-Empfänger 527, eine Uhrzeit 528 zur Erstellung eines synchronisierten Zeitnormal, zwei 12V Speisungen 529 und eine Batterie, die Energie für den Betrieb des visuellen Sensors für mindestens 48 Stunden ohne sonstige Energieversorgung ermöglicht.

[0112] Der Neuroprozessor 525 im visuellen Sensor 500 umfasst eine Software, welche in Echtzeit die Bilder von den Stereokameras 532, dem Dopplerradar 533 oder LiDAR und den Ultraschallsensoren 531 analysiert.

[0113] Die Software vergleicht laufend die erfassten Ereignisse mit vordefinierten Ereignissen. Stimmt ein erfasstes Ereignis mit einem vordefinierten Ereignis überein, sendet die Software im visuellen Sensor 500 eine Ereignismeldung drahtlos an alle drei redundanten Rechner des TCC 200. Ein vordefiniertes Ereignis kann beispielsweise eine Situation sein, bei der ein Ast oder ein sonstiges Objekt in das Lichtprofil der Züge ragt, so dass die Züge an der Durchfahrt behindert würden. Ein vordefiniertes Ereignis kann aber auch das Überschreiten der maximalen Geschwindigkeit des Zuges in einem bestimmten Streckenabschnitt, eine bestimmte Weichenstellung oder eine bestimmte Barrierenstellung sein oder ein sonstiger Zustand, der den Bahnbetrieb gefährden würde oder den reibungslosen Bahnbetrieb beeinflussen würde.

[0114] Die Ereignismeldung des visuellen Sensors 500 beschreibt genau das jeweilige Ereignis und jede Ereignismeldung an das TCC 200 beinhaltet zusätzliche Informationen über die Weichenstellungen aller Weichen 400 im Überwachungsbereich des jeweiligen visuellen Sensors 500, den Öffnungsstand der Barrieren 600 eines Bahnübergangs im jeweiligen Überwachungsbereich und den Zustand des visuellen Sensors 500, wie beispielsweise Angaben über die Speisung, Temperatur und Informationen vom Rauchmelder im visuellen Sensor 500. Wenn längere Zeit kein Ereignis detektiert wird, sendet der visuelle Sensor 500 eine Statusmeldung an das TCC 200. Alle Meldungen werden drahtlos und kryptisch geschützt übermittelt.

[0115] Der Neuroprozessor 525 im visuellen Sensor 500 ist ein Standardprodukt mitsamt der Software, welche "deep machine learning" als Basis für die Programmierung ermöglicht. Mit programmierten Algorithmen für das korrekte Lernen der Anwendung wird die Software ergänzt. Hierzu wird die Software mit Millionen von Bildern aus der Erfassung der Schienentopologie gelehrt, die spezifische Bahnanwendung zu erkennen. Speziell wird der Software des Neuroprozessors 525 gelehrt, die verschiedenen Ereignisse zu detektieren, die an das TCC 200 gesendet werden sollen. Dies wird mit vielen entsprechenden Bildbeispielen gelehrt.

[0116] Vom TCC 200 kann das Kontrollpersonal Bildabfragen von bestimmten Streckenabschnitten, von Weichen 400 oder Barrieren 600 machen. Der jeweilige visuelle Sensor 500 sendet in diesem Fall ein Vollbild der Kamera an das TCC 200. Für bestimmte Zwecke wie zum Beispiel für die Fernsteuerung von Triebfahrzeugen 800 können auch Videos in Echtzeit von den visuellen Sensoren 500 an das TCC 200 übertragen werden.

[0117] Der visuelle Sensor 500 ist durch einen Monteur montierbar und kann einfach an die Speisungen angeschlossen werden. Der visuelle Sensor 500 muss dabei nicht aufrecht montiert werden. Der Lagesensor 526 er-

mittelt Korrekturdaten, damit die Software auf die Lage des visuellen Sensors 500 eingestellt werden kann.

[0118] Der visuelle Sensor 500 bestimmt seine Position mit D-GPS selber. Hat er eine stabile, sichere Position gefunden, bestimmt er anhand der Schienentopologie und seiner Sicht nach aussen, seinen Überwachungsbereich. Nach dieser initialen Positionsbestimmung wird das GPS nur noch als Zeitbasis verwendet. Visuelle Sensoren 500, die keinen GPS-Empfang haben, beziehen ihre Koordinaten vom TCC 200. Diese Koordinaten werden anhand der bekannten Schienentopologie für jeden visuellen Sensor 500 bestimmt.

[0119] Der allgemeiner Prozessor 523 im visuellen Sensor 500 kontrolliert die Zeit. Mit dem GPS wird diese Zeit periodisch korrigiert. Die Zeit steht als Zeitmeldung periodisch auf dem WWAN zur Verfügung, damit visuelle Sensoren 500 ohne GPS Empfang ihre Uhr synchronisieren können. Der genaue Zeitstempel ("time stamp") in allen Meldungen ist wichtig für alle beteiligten Geräte, damit sie die Positionsmeldungen kontinuierlich extrapolieren können und um die Aktualität einer Meldung kontrollieren zu können.

[0120] Die Stereokameras 532 haben je einen Öffnungswinkel von ca. 90°, arbeiten bei Tag in Farbe und nachts als Infrarotkamera in schwarz-weiss. Die Empfindlichkeit beträgt mindestens 0.01 Lux bei Farbe und 0.001 Lux bei schwarz-weiss. Die Auflösung horizontal beträgt 1024 Pixel. Das Infrarotlicht beleuchtet im Nachtsichtmode 150 m. Eine Stereokamera 532 des nächsten visuellen Sensors 500 für den gleichen Schienenabschnitt beleuchtet die gleiche Strecke aus der Gegenrichtung. Das Licht ist auf 20° fokussiert.

[0121] Der Dopplerradar 533 arbeitet im Frequenzbereich um 77 GHz und hat eine Reichweite von 300 m. Der Öffnungswinkel beträgt ungefähr 20°. Die mit dem Dopplerradar 533 gelieferte Firmware kann Menschen und Rollmaterial direkt erkennen. Der Dopplerradar 533 ist ein Massenprodukt für die Automobilindustrie und erkennt normalerweise verschiedene Fahrzeugtypen und Menschen direkt. Diese Firmware ist anpassbar für Rollmaterial des Bahnbetriebs.

[0122] Alternativ oder zusätzlich zum Dopplerradar können Laser eingesetzt werden, wenn sie in kleinerer Bauform ohne bewegliche Teile auf dem Markt verfügbar sind. Sie ergeben genaue 3-dimensionale Bilder. Lasergeräte sehen aber nicht durch Nebel und Schneefall. Die Dopplerradar und die Ultraschallsensoren ermöglichen auch bei sehr schlechtem Wetter eine zuverlässige Überwachung des Überwachungsbereichs. Der Dopplerradar kann die Distanz zu einem Objekt messen und die Geschwindigkeit des Objektes bestimmen.

[0123] Speziell in Tunnels ist es wichtig, Rauch sofort zu detektieren. Der Rauchsensor 535 des visuellen Sensors 500 spricht bei Rauch an und löst ein Ereignis aus, welches zum TCC 200 gemeldet wird.

[0124] Der Temperatursensor 536 misst kontinuierlich die Temperatur. Wird ein vorgegebbarer Wert überschritten, erfolgt eine Meldung an das TCC 200.

[0125] Die Ultraschallsensoren 531 werden im Nahbereich eingesetzt. Ein rechtwinklig zur Schiene gerichteter Ultraschallsensor 531 erkennt eine Transition, wenn eine Zug-Spitze oder ein Zug -Ende vorbeifährt (Längenmessung, absolute Position zum Vergleich mit dem Radar).

[0126] Der RFID-Sensor 530 liest die RFID-Transponder an den vorbeifahrenden Zügen und erkennt auch Züge auf benachbarten Schienen. Wenn ein Zug einen visuellen Sensor 500 passiert hat, werden die RFID-Daten der detektierten Wagen des Zuges durch den visuellen Sensor 500 an das TCC 200 gesendet. Sind alle Wagen mit RFID-Transpondern ausgerüstet, hat das TCC 200 ein vollständiges Abbild des Rollmaterials auf dem Schienennetz.

[0127] Das TCC 200 kann Befehle mit Koordinatenbereichen ausgeben. Alle visuellen Sensoren 500 in einem bestimmten Koordinatenbereich erhalten dann den Befehl des TCC 200. So kann das TCC 200 beispielsweise für einen bestimmten Koordinatenbereich mittels der visuellen Sensoren 500 einen Alarm ausgeben. Über einzelne visuelle Sensoren 500 kann auch eine Sprachausgabe gewählt werden. Um die Umgebung zu alarmieren umfassen die visuellen Sensoren die Warnleuchte 534 und einen Lautsprecher oder ein Horn.

[0128] Durch die erfassten Sensordaten der visuellen Sensoren lassen sich Ereignisprotokolle erstellen. Dadurch sind alle Ereignisse auf jedem Schienenabschnitt protokolliert. Die Vergangenheit ist nachvollziehbar, die Daten dienen als Information, Beweis und als Basis für weitere Auswertungen.

[0129] Die zwei redundanten Speisungen 529 transformieren die eintreffende Spannung und Frequenz intern auf einen 12V Gleichstrom für den Betrieb des visuellen Sensors 500 und zum Laden der Batterie. Die beiden Speisungen 529 haben unterschiedliche Einspeisungen. Ist nur eine Einspeisung aktiv, beziehen beide Speisungen Energie von der aktiven Einspeisung. Die Spannung wird zwischen der Batterie und den Verbrauchern stabilisiert, weil die Batteriespannung je nach Ladezustand variieren kann.

[0130] Als 12 V Batterie wird eine Lithiumbatterie eingesetzt, welche von beiden Speisungen 529 geladen wird. Bei Ausfall der beiden Speisungen 529 liefert die Batterie ohne Unterbruch 12 V während 48 Stunden. Das heisst, die Batterie ist immer über einen Stabilisator am Verbraucher angeschlossen. Bei einem Stromausfall kann die Störung normalerweise innerhalb 24 Stunden behoben werden und der visuelle Sensor 500 bleibt dadurch in Betrieb.

[0131] Eine Heizung des visuellen Sensors 500 sichert eine Mindesttemperatur im Gehäuse und auf der Oberfläche der Stereokameras 532 von 5 °C. Im Normalfall erfolgt die Erwärmung auf diese Temperatur durch die Wärmeabgabe der eingebauten Geräte.

[0132] Eine allgemeine Software im visuellen Sensor 500 steuert alle Abläufe im visuellen Sensor 500 und umfasst folgende Aufgaben:

- Startup, interne Tests
- Einmaliges Bestimmen des Überwachungsbereichs
- Korrektur der internen Uhr
- Aufbau und Betrieb des WWAN
- Koordination der internen Geräte
- Drahtloser Verkehr mit dem TCC 200 über WWAN und Mobilfunknetz
- Drahtloser Verkehr mit dem Triebfahrzeug 600 über WWAN und Mobilfunknetz
- Überwachung der Verbindungen mit speziellen Status-Telegrammen
- Download der Gleistopologie (Initial und Update)
- Download der Software für den Neuroprozessor 525 (Initial und Update)
- Download der allgemeinen Software (Update)
- Betrieb der Rauch- und Temperatursensoren
- Betrieb des RFID-Sensors
- Betrieb des Mikrofons und Lautsprechers
- Betrieb des optischen und akustischen Alarms
- Betrieb des Lagesensors
- Lesen des D-GPS

[0133] Die lernende Software des Neuroprozessors kennt das Schienennetz und hat gelernt, Ereignisse zu detektieren. Folgende Ereignisse müssen im Überwachungsbereich eines visuellen Sensor 500 durch diese Software erkannt werden:

- Rollmaterial, das auf visuellen Sensor 500 zu fährt oder vom Sensor weg fährt:
 - Geschwindigkeit, Ort, genaue Zeit, Berechnung Beschleunigung
- Stehendes Rollmaterial
- Menschen mit QR-Code
- Menschen ohne QR-Code
- Bewegliche oder stillstehende grössere Objekte (kein Bahnübergang)
- Bewegliche oder stillstehende grössere Objekte auf einem geschlossenen Bahnübergang
- Schranke bewegt, offen, geschlossen
- Weiche bewegt, oder in einer definierten Position
- Schienen gestört (weggeschwemmt, weggerutscht, fehlen, verformt)

[0134] Neben den oben erwähnten Statusinformationen kann eine Meldung des visuellen Sensors 500 zum TCC 200 eine oder mehrere der folgenden Informationen umfassen:

- Bewegtes Rollmaterial (Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung)
- Stehendes Rollmaterial (je zusammenhängendes Rollmaterial: Position Anfang, Position Ende (Position Ende ÜB wenn das Rollmaterial über den ÜB hinausragt)
- Menschen mit QR-Code (Position)

- Menschen ohne QR-Code (Position)
- Bewegliche grosse Objekte (Position, Geschwindigkeit, Bewegungsrichtungsanteil in Gleisrichtung)
- Unbewegliche grosse Objekte (Position)
- Bahnübergang belegt mit Objekten und Menschen bei geschlossener Schranke (Position)
- Schienen gestört/defekt
- Rauchwarnung
- Temperaturwarnung
- Liste der RFID-Transponder von einem Zug
- Bilder, welche vom TCC angefordert wurden
- Life Video Übertragung

[0135] In Gegenrichtung können vom TCC 200 an den visuellen Sensor 500 Anforderungen gesendet werden wie Anforderungen für Bilder, für Videoaufnahmen in Echtzeit, Aktivierung des Sprachkanals, Aktivierung eines Downloads, Anforderung einer Zeitmeldung oder Einschalten eines Alarms (Blinklicht oder akustisch).

Schientopologie

[0136] Die Schientopologie ist bekannt und im TCC 200, in den visuellen Sensoren 500 sowie in Bordgeräten 900 der Triebfahrzeuge 800 gespeichert. Die Schientopologie wird einmalig und gegebenenfalls erneut nach einer Änderung des Schienennetzes mit einer präparierten Lokomotive erfasst. Die Lokomotive umfasst hierzu vorne und hinten in 3 m Höhe auf beiden Seiten, soweit aussen wie möglich, eine Kamera mit Infrarotlicht, einen Radar und einen Ultraschallsensor in Fahrtrichtung und je eine Kamera, die seitlich 90° zur Fahrtrichtung ausgerichtet sind. Diese Lokomotive fährt das ganze Schienennetz ab und filmt und fotografiert das Schienennetz mit hoher Auflösung. In der Lokomotive befindet sich ein System zur genauen Bestimmung der Position (WGS84 und Höhe über Meer). Dadurch können für jeden Schienenpunkt genau positionierte Bilder und der genaue Verlauf der Schienen in drei Dimensionen erfasst werden. Mit diesen Bildern werden die visuellen Sensoren 500 mittels "deep machine learning" gelehrt, das Schienennetz zu erkennen. Anschliessend wird die erfasste Schientopologie im Speicher 524 in den visuellen Sensoren 500, in den Bordgeräten 900 der Triebfahrzeugen 800 und im dem TCC 200, insbesondere auch im SIL-4-Rechnersystem, gespeichert. Über die Kommunikationskanäle kann die aktuelle Schientopologie in den visuellen Sensoren 500 und den Bordgeräten 900 später mittels Download und update nachgeführt werden.

Kommunikationsnetz

[0137] Die visuellen Sensoren 500 unterhalten ein Weitverkehrsfunknetz, ein "wireless wide area network" (WWAN), entlang allen Schienen des Schienennetzes. Dieses WWAN ist mehrfach an das TCC 200 angeschlossen und alle dezentralen Geräte benutzen dieses Netzwerk. Das WWAN überträgt Daten, Sprache und er-

möglichst Streaming.

[0138] In Figur 5 sind die vom erfindungsgemässen Zugleitsystem 100 verwendeten Kommunikationsnetze schematisch als gestrichelte Linien dargestellt. So ist in Figur 5 das WWAN 360 ersichtlich, über das die visuellen Sensoren 500, Befehlsgeber 450, 650 und die Bordgeräte 900 der Triebfahrzeuge 800 mit dem TCC 200 kommunizieren. Vom Bahnpersonal auf der Strecke oder in Bahnhöfen kann das WWAN 360 mit mobilen Geräten für Sprach- und Datenübertragung genutzt werden. Als Backup zum WWAN 360 werden lokale Mobilfunknetze 370 genutzt, in der Schweiz beispielsweise das Mobilfunknetz G4. Periodisch werden das WWAN 360 und die Backup-Verbindungen zu Mobilfunknetzen 370 von jedem visuellen Sensor 500, den Befehlsgebern 450, 650, dem TCC 200 und den Bordgeräten 900 der Triebfahrzeuge 800 überprüft.

[0139] Wenn das TCC 200 über WWAN 360 einen Befehl an ein Triebfahrzeug 800 gesendet hat, erhält das TCC 200 vom jeweiligen Triebfahrzeug 800 eine Quittung. Erhält das TCC 200 keine Quittung, wird der Befehl über ein Mobilfunknetz 370 wiederholt. In umgekehrter Richtung funktioniert die Kommunikation gleich: Wenn das Triebfahrzeug 800 auf eine Anforderung an das TCC 200 keine Quittung erhält, wird der Befehl über ein Mobilfunknetz 370 wiederholt. Der Ausfall der Verbindung zwischen TCC 200 und Triebfahrzeug 800 führt zur Bremsung des Zuges. Die visuellen Sensoren 500 senden ihre Meldungen ebenfalls über WWAN 360 an die drei Rechner des TCC 200. Erhält der sendende visuelle Sensor 500 nicht sofort eine Quittung von allen Rechnern des TCC 200, sendet der visuelle Sensor 500 die Meldung über ein Mobilfunknetz 370 an diejenigen Rechner des TCC 200, von denen der visuelle Sensor 500 keine Quittung erhalten hat. Die Rechner des TCC 200 senden ihre Befehle über WWAN 360 an die Befehlsgeber 450, 650. Erhält ein Rechner des TCC 200 von einem Befehlsgeber 350, 650 keine sofortige Quittung, sendet der Rechner die Meldung ebenfalls über ein Mobilfunknetz 370 an den entsprechenden Befehlsgeber 450, 650.

Kontrolleinrichtung

[0140] Das "Traffic Control Center" (TCC) 200 funktioniert als zentrale Kontrolleinrichtung. Das TCC 200 besteht aus Hardware und Software. In Figur 6 ist der Aufbau der Hardware des TCC 200 schematisch dargestellt. Die Hardware besteht aus drei redundanten Rechnern 210, 220, 213 und einem SIL 4-Rechersystem 220, welches Sicherheits-Integritätslevel (SIL) 4 konform ist. Jeder Rechner 210, 220, 213 umfasst ein Rechnersystem, Kommunikationsanschlüsse mit Kryptographie und Anschlüsse für dezentrale Benutzerschnittstellen.

[0141] Das TCC 200 organisiert und optimiert die Zugfolge, verwaltet Ressourcen wie das Schienennetz, Bahnsteige, Ausweichgeleise und dergleichen mit maschineller Intelligenz. Hierzu stellt das TCC 200 Weichen 400, steuert Barrieren 600 von Bahnübergängen, steuert

Züge, macht dem Personal Vorschläge, informiert das Personal über Störungen und fragt das Personal nach Prioritäten bei mehreren Optionen. Zur Steuerung der Züge überwacht das TCC 200 Abfahrtsquittungen von den Zügen und akzeptiert die Abfahrtsquittung bei jedem Halt. Das TCC kann notfalls über die Verbindung zu den Triebfahrzeugen 800 und über deren Bordgerät 900 die Züge beeinflussen, beispielsweise im Notfall eine Notbremsung einleiten. Des Weiteren kann das TCC 200 bei Bedarf den kompletten Bahnbetrieb weitgehend autonom steuern, nur Ausnahmesituationen müssen vom Kontrollpersonal bearbeitet werden.

[0142] Weichen- und Barrieren-Stellungen werden im TCC 200 in Echtzeit dargestellt. Mit den visuellen Sensoren 500 wird jeder Befehl an eine Weiche 400 oder Barriere 600 auf Sicht überwacht. Das Kontrollpersonal im TCC 200 wird alarmiert, wenn der Befehl nicht in der vorgeschriebenen Zeit ausgeführt wurde. Eine Benutzeroberfläche passt sich der verfügbaren Bildschirmgröße an und stellt die Informationen im gewünschten Massstab dar. Auch Züge werden in Echtzeit dargestellt. Je nach Betriebsart werden der Bremsweg, der Durchrutschweg, die genehmigte Rückfahrstrecke und alle andere Informationen über den Zug in Echtzeit graphisch angezeigt. Güterwagen-Rangierbereiche (Shunting) werden gekennzeichnet. Dadurch sind im TCC 200 alle Bewegungen innerhalb des Schienennetzes inklusive einzelner Zugswagen sichtbar.

[0143] Das TCC 200 umfasst eine Sensorsoftware für die Koordination und Interpretation der Sensordaten der visuellen Sensoren 500, eine "Traffic Control Software", eine Steuerungssoftware, und eine SIL 4-Sicherheitssoftware.

[0144] Die Sensorsoftware im TCC 200 erhält alle Ereignismeldungen von den visuellen Sensoren 500 und kann die Beobachtungen der visuellen Sensoren 500 zu einer redundanzfreien Gesamtsicht zusammenfügen. Weiter kann diese Sensorsoftware die Ereignismeldungen der visuellen Sensoren 500 vergleichend gegeneinander prüfen. Nur koordinierte und richtige Ereignismeldungen werden an die übergeordnete "Traffic control software" weitergegeben. Die Sensorsoftware prüft auch die Regelmässigkeit der Statusmeldungen aller visuellen Sensoren 500. Bei Fehlern und Störungen werden geeignete Massnahmen ergriffen und der Unterhalt wird mobilisiert. Die Koordinationsaufgaben der Sensorsoftware umfassen insbesondere das Erkennen von Rollmaterial über mehrere visuelle Sensoren 500 hinweg, das Errechnen der Länge eines Zuges, das Ermitteln des Zustandes einer Baustelle und Einleiten von Sicherheitsmassnahmen sowie das Ausführen von weiteren übergeordneten Koordinationsaufgaben.

[0145] Nachfolgend wird die Softwarearchitektur der "Traffic Control Software" des TCC aus logischer Sicht beschrieben. Die geschichtete Architektur, von unten nach oben umfasst eine Input/Output-Ebene, eine Abbild-Ebene, eine Sicherungsebene, eine Steuerungsebene, eine Planungsebene und einer Benutzerschnitt-

stelle. Die einzelnen Ebenen sind nachfolgend im Detail erläutert.

[0146] Die Aufgaben der Input/Output-Ebene umfassen das Überwachen der visuellen Sensoren 500 und Befehlsgebern 450, 650, Meldungen empfangen und senden, Störungen erkennen, Redundanz aus den Meldungen filtern (wegen redundanten Kommunikationswegen und weil verschiedene visuelle Sensoren 500 die gleiche Information senden), Meldungen von den Triebfahrzeugen 800 empfangen und Meldungen zu den Triebfahrzeugen 800 senden.

[0147] Die Aufgaben der Abbild-Ebene umfassen das Nachführen eines Abbilds des Schienennetzes in Echtzeit, Erkennen von neuen Ereignissen und Weiterleiten von Ereignissen. Das Abbild des Schienennetzes in Echtzeit basiert auf Beobachtungen der visuellen Sensoren 500, auf Meldungen von den Befehlsgebern 450, 650 und den Triebfahrzeugen 800. Das Abbild in Echtzeit stellt den IST-Zustand dar. Mittels berechneten Bremskurven der Züge kann die Belegung eines Schienenabschnitts vor dem Zug erfasst werden. Ein dem Abbild in Echtzeit überlagertes, jedoch getrenntes SOLL-Abbild zeigt den SOLL-Zustand des Schienennetzes. Dieses SOLL-Abbild wird aufgrund der Befehle der Steuerungsebene an Weichen 400, Barrieren 600 und an Zügen gebildet. So wird für das SOLL-Abbild beispielsweise den Zustand einer Weiche, wie er befohlen wurde oder die gewünschte Beschleunigung, Geschwindigkeit oder Bremsung eines Zuges erfasst.

[0148] Alle Meldungen und Befehle im TCC 200 gehen durch die Sicherungsebene. Die Aufgaben der Sicherungsebene umfassen das Prüfen der Zugabstände und die Entwicklung der Zugsabstände unter Berücksichtigung der Weichenstellungen und der Bremskurven der Züge. So prüft die Sicherungsebene beispielsweise, ob alle Züge sicher fahren (Frontal-, Flanken- und Auffahrtsschutz). Zu den Aufgaben der Sicherungsebene zählen weiter das Prüfen der Barrierenstellungen an Bahnübergängen abhängig von den Zugbewegungen, die Ausführbarkeit von Befehlen des TCC 200, beispielsweise ob eine bestimmte Weiche 400 zurzeit umgelegt werden kann oder ob sie durch einen fahrenden Zug belegt ist. Die Sicherungsebene führt zudem weitere Sicherheitsprüfungen durch, die laufend spezifiziert werden.

[0149] Die Aufgaben der Steuerungsebene umfassen die direkte Steuerung der Züge gemäß den Vorgaben der Planungsebene und das Ausführen der Anweisungen der Planungsebene, sofern die Anweisungen durch die Sicherungsebene akzeptiert wurden.

[0150] Die Planungsebene übernimmt die Planung, wobei der langfristige und kurzfristige Fahrplan als Grundlage für die Planung dient. Die Züge werden im Personen- und Güterverkehr immer via Fahrplan geplant, auch beim Rangieren in Bahnhöfen und auf der Strecke. Direkte Eingaben für Bewegungen können nur im Rangierbetrieb in reservierten Rangierzonen erfolgen. Beim unbemannten Zugbetrieb (UTO) werden die Triebfahrzeuge bei Pannen durch Kontrolle des TCC 200

ferngesteuert. Die Planungsebene umfasst weitere Aufgaben wie die Planung der Zugfolgen, die Planung der Zugwege, die Nutzung von Ausweichgleisen, die Nutzung von Bahnsteigen und dergleichen mit intelligenter Software. Die Lage wird in kurzen Abständen immer neu evaluiert und optimiert. Die gewünschten Abläufe werden an die Steuerungsebene zur Ausführung übermittelt. Beispielsweise berücksichtigt die Planungsebene durch die Annäherung eines Zuges nicht mehr sicher schaltbare Weichen. Sind für diesen Zug vorbestimmte Perrons definiert und zurzeit belegt, sucht die Planungsebene alternative Perrons. Bei Störungen bearbeitet die Planungsebene verschiedene vordefinierte Szenarien und schlägt die im Moment sinnvollen Szenarien dem Bediener zur Auswahl vor. Die langfristigen Fahrpläne werden nicht auf dem TCC 200 erarbeitet, sondern von anderen Systemen übernommen.

[0151] Die Aufgaben der Benutzerschnittstelle umfassen die Darstellung von ausgewählten Daten auf Bildschirmen oder auf einem Bildschirmcluster im gewünschten Massstab, das Ergänzen der Informationen mit allen Details je nach Auswahl, das Informieren über wichtige unvermeidliche Abweichungen vom Fahrplan sowie die Annahme von Benutzereingaben. Diese Benutzereingaben umfassen beispielsweise Fahrplanergänzungen und Änderungen der Züge (neue Züge, Bewegungen), Auswahl eines von der Planungsebene vorgeschlagenen Szenarios bei Störungen, Auswahl eines von der Planungsebene vorgeschlagenen Wechsels eines üblichen Bahnsteiges bei Überlastung, Auswahl einer Aktion, wenn die Planungsebene informiert, dass Vorgaben vom Fahrplan wegen dem aktuellen Zustand des Schienennetzes nicht durchführbar sind oder Eingaben bezüglich dem Rangieren auf Rangierzonen. Die Benutzerschnittstelle stellt zudem einen virtuellen Führerstand grafisch dar. In diesem virtuellen Führerstand werden in Echtzeit Videobilder vom Triebfahrzeug und Bilder nach vorne aus dem Triebfahrzeug angezeigt.

[0152] Mit dem separaten, redundanten SIL 4- Rechnersystem 220 mit einer SIL 4-Sicherheitssoftware werden die drei Rechner des TCC 200 generisch überwacht. Dabei müssen die drei Rechner 211, 212, 213 nicht zwingend SIL 4 konform sein, sondern nur das SIL 4-Rechnersystem 220. Neue Releases für die Rechner 211, 212, 213 müssen nicht jedes Mal zertifiziert werden. Die Befehlsgeber 450, 650 und die Bordgeräte 900 der Triebfahrzeuge 800 umfassen eine Software mit einem Kern, der bei jeder Änderung zertifiziert werden muss.

[0153] Die Rechner 211, 212, 213 des TCC 200 werden unabhängig von drei Gruppen programmiert und unterhalten, um systematische Fehler auszuschliessen. Jeder Rechner 211, 212, 213 umfasst eine eigenständige Überwachung der visuellen Sensoren 500 und Befehlsgeber 450, 650. Weiter umfassen die Rechner 211, 212, 213 des TCC 200 auf mehreren Ebenen und nach verschiedenen Methoden ausgelegte Sicherheitssoftware, die dauernd aktiv ist. Daher ist unwahrscheinlich, dass die Rechner 211, 212, 213 des TCC 200 unbemerkt Feh-

ler machen. Um SIL 4 generisch zu garantieren, überwacht jedoch übergeordnet die SIL 4-Sicherheitssoftware des SIL 4-Rechnersystems 220 die Rechner 211, 212, 213 als letzte Instanz.

[0154] Die SIL 4-Sicherheitssoftware des SIL 4-Rechnersystems 220 vergleicht bereichsweise die Abbilder der realen Welt, das heisst beispielsweise die Züge, Rollmaterial, Weichen 400, Barrieren 600 und Störungen der Gleise, der drei Rechner 211, 212, 213 untereinander. Mindestens zwei Abbilder müssen genau übereinstimmen. Das Personal wird alarmiert, wenn über zwei Minuten lang nur zwei Abbilder übereinstimmen. Die SIL 4-Sicherheitssoftware hat generische Funktionen, die Gefahrensituationen in den Abbildern errechnen oder erkennen. Erfasst die SIL 4-Sicherheitssoftware des SIL 4-Rechnersystems 220 eine Gefahrensituation in einem Bereich, blockiert die SIL 4-Sicherheitssoftware die Befehlsausgabe der Rechner 211, 212, 213 für diesen Bereich und ein Alarm wird ausgelöst. Erhalten die Züge nicht regelmässig Informationen von den Rechnern 211, 212, 213 des TCC 200, halten sie nach drei Sekunden an ("service brake") bis der Kontakt wieder funktioniert. Bleiben die Informationen weiterhin aus, wird nach weiteren sechs Sekunden eine Notbremsung ("emergency brake") eingeleitet.

Befehlsgeber für Weichen und Barrieren

[0155] Die Befehlsgeber 450 der Weichen 400 und die Befehlsgeber 650 der Barrieren 600 sind über WWAN drahtlos mit dem TCC 200 verbunden. Die Befehlsgeber 450, 650 führen einen Befehl vom TCC 200 aus, wenn innerhalb von zwei Sekunden von mindestens zwei Rechnern 211, 212, 213 des TCC 200 der gleiche Befehl eingetroffen ist. Trifft bei einem Befehlsgeber 450, 650 nur ein Befehl ein oder sind die Befehle unterschiedlich, werden die drei Rechner 211, 212, 213 des TCC 200 alarmiert und der Befehl wird nicht ausgeführt.

[0156] Die Befehlsgeber 450, 650 umfassen eine Software mit einem Kern, der bei jedem Release neu zertifiziert werden muss. Der Kern überprüft die Funktion des Befehlsgebers 450, 650 und blockiert die Befehlsausführung bei einer Störung. Zusätzlich alarmiert die Software des Befehlsgebers 450, 650 die Rechner 211, 212, 213 des TCC 200. Der Empfang eines Befehls wird vom Befehlsgeber 450, 650 dem entsprechenden Rechner 211, 212, 213 des TCC 200 bestätigt. Ändert der Zustand einer Weiche 400 (Lage, transient) oder einer Barriere 600 (offen, transient, zu) werden alle Rechner 211, 212, 213 des TCC 200 informiert. Alle 10 Minuten senden die Befehlsgeber 450, 650 ein Lebenszeichen mit dem aktuellen Status an die Rechner 211, 212, 213 des TCC 200.

[0157] Die Befehlsgeber 450, 650 umfassen zwei redundante Speisungen, welche die eintreffende Spannung und Frequenz intern zu 12V Gleichstrom transformieren. Die beiden Speisungen haben je eine unterschiedliche Einspeisung. Ist nur eine Einspeisung aktiv, beziehen beide Speisungen von der aktiven Einspeisung

Energie.

Bordgerät

[0158] Vorzugsweise umfassen die Triebzüge 800 ein Bordgerät 900. Das Bordgerät 900 dient zur Anzeige von Informationen, für Benutzereingaben und zur Übermittlung von Informationen an das TCC 200 und zum Empfangen von Informationen und Anweisungen vom TCC 200.

[0159] Die Figur 7 zeigt schematisch den Aufbau des Bordgeräts 900. Das Bordgerät 900 umfasst einen primären Kommunikationskanal 901 für das WWAN, einen Backup-Kanal 902 für ein öffentliches Mobilfunknetz, einen allgemeinen Prozessor 903, einen Speicher 904 in dem die erfasste Schienentopologie abgelegt ist, einen Neuroprozessor 905, einen Lagesensor 906, einen D-GPS-Empfänger 907, eine Uhrereinheit 908 zum Erstellen eines synchronisierten Zeitnormal, zwei 12 - 48V Speisungen 909, eine Batterie und eine Schnittstelle 910 zum Triebfahrzeug 800. Das Bordgerät 900 umfasst zudem eine Bedien- und Anzeigeeinheit 911. Zum Bordgerät 900 gehören zudem ein Headup-Display 912, ein Lautsprecher 913 und ein Mikrofon, vier Ultraschallsensoren 914, eine Stereokamera 915 mit Infrarot-Licht zur Beleuchtung und ein Dopplerradar 916.

[0160] Die Stereokamera 915 mit dem Infrarotlicht weist eine Reichweite von ca. 100m auf. Der Dopplerradar 916 arbeitet im 24 GHz-Bereich für eine breite Überwachung innerhalb 30m. Die Ultraschallsensoren 914 messen etwa 60 m weit. Die Ultraschallsensoren dienen insbesondere für die Abstandshaltung beim gewollten Auffahren auf einen Zug auf dem gleichen Gleis, gegen das Gleisende in Sackbahnhöfen oder für das Ankuppeln an Rollmaterial.

[0161] Das Bordgerät 900 zeigt die den visuellen Sensoren 500 gemessene Geschwindigkeit und die Distanz zum nächsten Zielpunkt des zu befahrenden Streckenabschnitts (End Movement Authority, EOA) an. Im Nahbereich des EOA projiziert das Headup-Display 912 des Bordgeräts 900 eine Stopp-Merktafel. Das Bordgerät 900 kommuniziert über das WWAN und öffentliche Mobilfunknetze.

[0162] Das Bordgerät 900 umfasst eine Steuereinheit, die hinter der Windschutzscheibe des Triebfahrzeuges 800 montiert wird. Die Antenne für das WWAN ist auf dem Dach des Triebfahrzeuges 800 montiert, zusammen mit den Antennen für die Mobilfunknetze. Die vier Ultraschallsensoren 914 sind in einer Hülle des Triebfahrzeuges 800 montiert und strahlen frei in Fahrtrichtung nach vorne. Das Headup-Display 912 befindet sich im Führerstand vor dem Zugführer. Die Schnittstelle 910 des Bordgeräts 900 stellt die Verbindung des Bordgeräts 900 zur Elektronik des Zuges sicher. Die Schnittstelle 910 ist mit einem CAN-Bus an die Steuereinheit angeschlossen und mit Vorteil nahe der Triebfahrzeugelektronik montiert.

[0163] Das Bordgerät 900 umfasst eine Software mit einem Kern, der bei jedem Release dieses Kerns neu

zertifiziert werden muss. Der Kern überprüft die Funktion des Bordgeräts 900 und blockiert die Befehlsausführung bei Störung oder stoppt den Zug. Zusätzlich alarmiert die Software des Bordgeräts 900 das TCC 200.

[0164] Die Einstellung der Zeit erfolgt über das GPS. Wenn kein GPS-Empfang vorhanden ist, wird die Zeit des WWAN übernommen. Die von den visuellen Sensoren 500 gemeldete Position wird mit der GPS-Position verglichen. Abweichungen (ohne Tunnel, gedeckte Bahnhöfe, etc.; nur bei gutem Satellitenempfang) werden zum TCC 200 alarmiert. Die Batterie des Bordgeräts 900 liefert Energie für 30 Tage im reduzierten Betrieb (Stand by) ohne Ladung. Im normalen Betrieb wird die Batterie aus dem Bordnetz des Triebfahrzeuges 800 geladen. Die Schnittstelle 910 zum Triebfahrzeug 800 ermöglicht es das Triebfahrzeug 800 vollständig über das Bordgerät 900 zu beeinflussen. Es können also Funktionen für das Fahren, Beschleunigen und Bremsen des Triebfahrzeuges 800 sowie beispielsweise die Bedienung des Pantographen über das Bordgerät 900 gesteuert werden.

[0165] Mit dem Headup-Display 912 wird dem Zugführer die genaue Position zum Halten angezeigt und andere Informationen dargestellt, die sonst mit Merktafeln angezeigt werden, wie beispielsweise der Erhaltungsbereich.

[0166] Über die Kommunikationsmittel des Bordgeräts 900 kann der Zugführer mit dem Kontrollpersonal des TCC 200, dem Fahrdienstleiter, dem Zugführer anderer Züge und dem Bahnpersonal an den Bahnhöfen Gespräche führen. Hierzu kann mit dem Bordgerät 900 wie bei einem Mobilfunktelefon mittels Funktionsnummern eine Verbindung aufgebaut werden.

[0167] Die Erfindung ist nicht auf die Ausführung des oben beschriebenen Zugleitsystems beschränkt. Beispielsweise ist nicht erforderlich, dass die zentrale Kontrolleinrichtung drei redundante Rechner aufweist. Es ist nicht erforderlich, dass die zentrale Kontrolleinrichtung den Bahnbetrieb autonom steuert. Auch ist nicht zwingend, dass das komplette Schienennetz mit visuellen Sensoren abgedeckt ist. So können beispielsweise Teile des Schienennetzes auch mit anderen Sensoren überwacht werden. Das Schienennetz muss nicht zwingend Barrieren umfassen. Zudem müssen die Barrieren nicht zwingend von der zentralen Kontrolleinheit gesteuert werden. Auch können zum Beispiel neben den Weichen auch noch andere steuerbare Streckenelemente durch die zentrale Kontrolleinrichtung gesteuert werden.

[0168] Die Erfindung kann aber auch sonst von den oben beschriebenen Elementen abweichend ausgeführt werden. So kann beispielsweise der Aufbau der visuellen Sensoren vom oben beschriebenen Aufbau abweichend ausgeführt sein. Die visuellen Sensoren können beispielsweise nur eine Kamera oder nur einen Radarsensor umfassen. Ausserdem muss nicht zwingend eine Verbindung zwischen der zentralen Kontrolleinrichtung und den schienenengebundenen Fahrzeugen bestehen. Falls keine Verbindung besteht, erfolgt die Steuerung

des Bahnbetriebs durch die zentrale Kontrolleinrichtung beispielsweise nur über die Steuerung von Weichen und Signalen. Des Weiteren müssen die schienenengebundenen Fahrzeuge nicht zwingend ein Bordgerät aufweisen.

[0169] Zusammenfassend ist festzustellen, dass ein Zugleitsystem geschaffen wurde, welches eine zuverlässige Überwachung eines Schienennetzes sowie eine zuverlässige Überwachung von Streckenelementen und schienenengebundenen Fahrzeugen auf dem Schienennetz erlaubt und zudem eine Steuerung der schienenengebundenen Fahrzeuge und der Streckenelemente auf diesem Schienennetz ermöglicht.

15 Patentansprüche

1. Zugleitsystem (100) zum Überwachen mindestens eines Teilschienennetzes eines Schienennetzes und von schienenengebundenen Fahrzeugen (800) auf diesem mindestens einem Teilschienennetz sowie zum Überwachen und Ansteuern von mindestens zwei schaltbaren Streckenelementen, insbesondere Weichen (400), des Teilschienennetzes, wobei das Zugleitsystem (100) mindestens zwei ortsfeste visuelle Sensoren (500) zum Erfassen von Sensordaten des Teilschienennetzes und mindestens eine ortsfeste zentrale Kontrolleinrichtung (200) umfasst, wobei

- a) die zentrale Kontrolleinrichtung (200) in Datenverbindung mit den ortsfesten visuellen Sensoren (500) steht,
- b) die zentrale Kontrolleinrichtung (200) in Datenverbindung mit den beiden Streckenelementen steht,
- c) die zentrale Kontrolleinrichtung (200) dazu ausgebildet ist, die Sensordaten von den ortsfesten visuellen Sensoren (500) zu empfangen und die Sensordaten zu verarbeiten,

dadurch gekennzeichnet, dass das Zugleitsystem (100) derart ausgebildet ist, dass unter Einbezug der in der zentralen Kontrolleinrichtung (200) verarbeiteten Sensordaten der ortsfesten visuellen Sensoren (500) die mindestens zwei Streckenelemente in dem mindestens einen Teilschienennetz gesteuert werden können.

2. Zugleitsystem (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zugleitsystem (100) Sicherheitselemente, insbesondere Bahnschranken (600), umfasst und die ortsfesten visuellen Sensoren (500) derart angeordnet sind, dass die Sicherheitselemente überwachbar und steuerbar sind.

3. Zugleitsystem (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zentrale Kontrolleinrichtung (200) in Verbindung mit den strecken-

gebundenen Fahrzeugen (800) im Teilschienennetz steht und dass die schienengebundenen Fahrzeuge (800) durch die zentrale Kontrolleinrichtung (200) überwachbar und steuerbar sind.

4. Zugleitsystem (100) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zentrale Kontrolleinrichtung (200) derart ausgebildet ist, dass mit der zentralen Kontrolleinrichtung (200) unter Einbezug der verarbeiteten Sensordaten mehr als 70% der Sicherheits- und Streckenelemente, bevorzugt mehr als 90% der Sicherheits- und Streckenelemente des Schienennetzes, steuerbar sind. 10
5. Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ortsfesten visuellen Sensoren (500) derart angeordnet sind und die Anzahl der visuellen Sensoren (500) derart gewählt ist, dass die ortsfesten visuellen Sensoren (500) mehr als 70% des Schienennetzes, vorzugsweise mehr als 80% des Schienennetzes, besonders bevorzugt mehr als 95% des Schienennetzes überwachen. 15
6. Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ortsfesten visuellen Sensoren (500) derart angeordnet sind, dass Objekte im Bereich des Teilschienennetzes überwachbar sind. 25
7. Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens zwei ortsfesten visuellen Sensoren (500) einen Radarsensor (533), eine Kamera (532) oder beides umfassen. 30
8. Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ortsfesten visuellen Sensoren (500) mit den schienengebundenen Fahrzeugen (800) in Datenverbindung stehen. 40
9. Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ortsfesten visuellen Sensoren (500) derart angeordnet sind, dass mindestens ein Teilschienennetz durch die ortsfesten visuellen Sensoren (500) vorzugsweise kontinuierlich in bevorzugt zwei Fahrtrichtungen des schienengebundenen Fahrzeuges (800) überwachbar ist und dadurch mit den ortsfesten visuellen Sensoren (500) insbesondere redundante Sensordaten des Teilschienennetzes erfassbar sind. 45
10. Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ortsfesten visuellen Sensoren (500) jeweils ein vorzugsweise lernfähiges Computerprogramm umfassen, womit aus den erfassten Sensordaten Ereignisse abs-

trahierbar sind.

11. Zugleitsystem (100) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Computerprogramm der ortsfesten visuellen Sensoren (500) derart ausgebildet ist, dass eine Ereignismeldung an die zentrale Kontrolleinrichtung (200) gesendet werden kann, sofern ein abstrahiertes Ereignis der Sensordaten mit einem Ereignis aus einer Anzahl vorbestimmter Ereignisse übereinstimmt. 5
12. Zugleitsystem (100) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zentrale Kontrolleinrichtung (200) ein Computerprogramm zum zentralen Verarbeiten der Ereignismeldungen der ortsfesten visuellen Sensoren (500) umfasst. 10
13. Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datenverbindung zwischen der zentralen Kontrolleinrichtung (200) und den ortsfesten visuellen Sensoren (500) und die Datenverbindung zwischen der zentralen Kontrolleinrichtung (200) und den Streckenelementen eine drahtlose Datenverbindung ist. 20
14. Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Position der ortsfesten visuellen Sensoren (500) jeweils mittels einer Ortungsvorrichtung bestimmbar ist und die Position der ortsfesten visuellen Sensoren (500) mittels eines Senders an die zentrale Kontrolleinrichtung (200) gesendet werden kann. 30
15. Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ortsfesten visuellen Sensoren (500) eine Warneinrichtung beinhalten, die akustische oder visuelle Warnsignale aussenden kann. 35
16. Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontrolleinrichtung (200) dazu ausgebildet ist, Informationen zu verarbeiten, wobei diese Informationen mindestens eine Information umfasst wie die Topografie des Teilschienennetzes, den Zustand des Teilschienennetzes, Sensordaten der ortsfesten visuellen Sensoren (500), die Position der Sicherheits- und Streckenelemente, Daten der Sicherheits- und Streckenelemente, Anweisungen von Bahnpersonal auf der Bahnstrecke oder in Bahnhöfen sowie Daten der schienengebundenen Fahrzeuge (800). 40
17. Kontrolleinrichtung (200) für ein Zugleitsystem, insbesondere für ein Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 - 16, wobei die Kontrolleinrichtung (200) ortsfest und zentral angeordnet ist und die zentrale Kontrolleinrichtung (200) 50

- a) mit ortsfesten visuellen Sensoren (500) in Datenverbindung steht,
- b) die zentrale Kontrolleinrichtung (200) dazu ausgebildet ist, Sensordaten von den visuellen Sensoren (500) zu empfangen und zu verarbeiten

5

dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrolleinrichtung (200) derart ausgebildet ist, dass unter Einbezug der in der Kontrolleinrichtung (200) verarbeiteten Sensordaten mindestens zwei Streckenelemente, vorzugsweise zwei Weichen (400), gesteuert werden können.

10

- 18.** Verfahren zum Überwachen mindestens eines Teilschienennetzes eines Schienennetzes und von schienenengebundenen Fahrzeugen (800) auf diesem Teilschienennetz sowie zum Überwachen und Ansteuern von mindestens zwei schaltbaren Streckenelementen, insbesondere Weichen (400), des Teilschienennetzes mittels Zugleitsystem, insbesondere einem Zugleitsystem (100) nach einem der Ansprüche 1 - 16, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

15

20

25

- a) Erfassen von Sensordaten mit ortsfesten visuellen Sensoren (500),
- b) Senden der Sensordaten der visuellen Sensoren (500) an eine ortsfeste zentrale Kontrolleinrichtung (200),
- c) Empfangen und Verarbeiten der Sensordaten in der ortsfesten zentralen Kontrolleinrichtung (200),

30

dadurch gekennzeichnet, dass die zentrale Kontrolleinrichtung (200) unter Einbezug der verarbeiteten Sensordaten mindestens zwei Streckenelemente in dem mindestens einen Teilschienennetz beeinflusst.

35

40

45

50

55

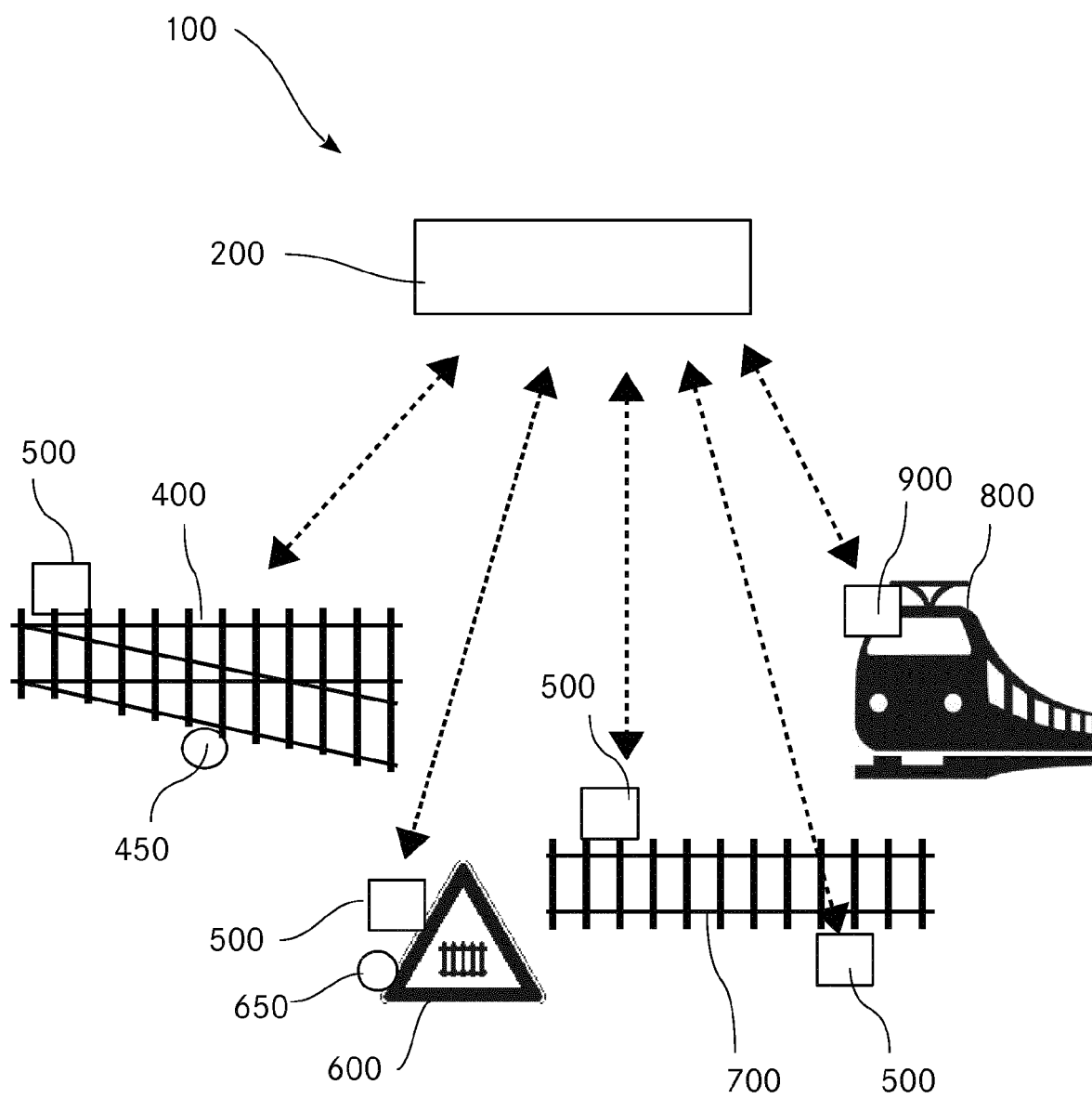


Fig. 1

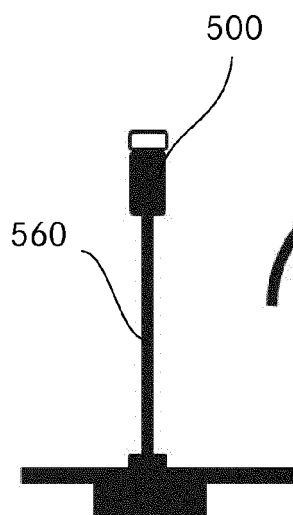


Fig. 2a

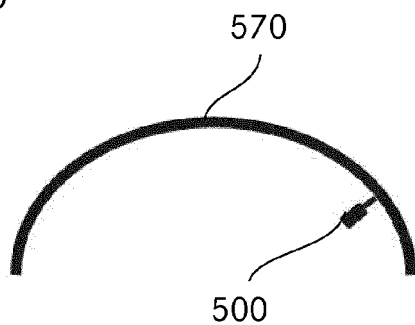


Fig. 2b

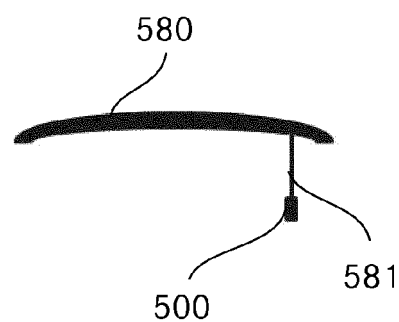


Fig. 2c

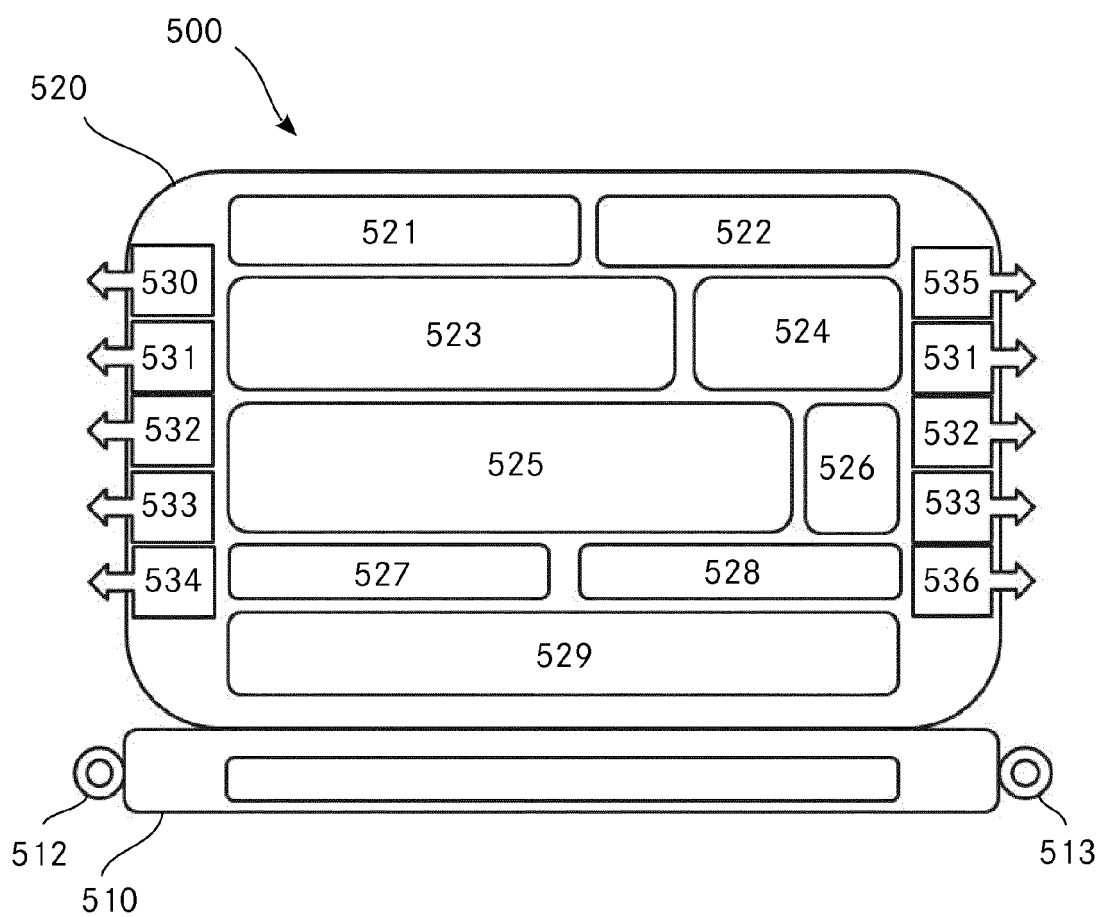


Fig. 3

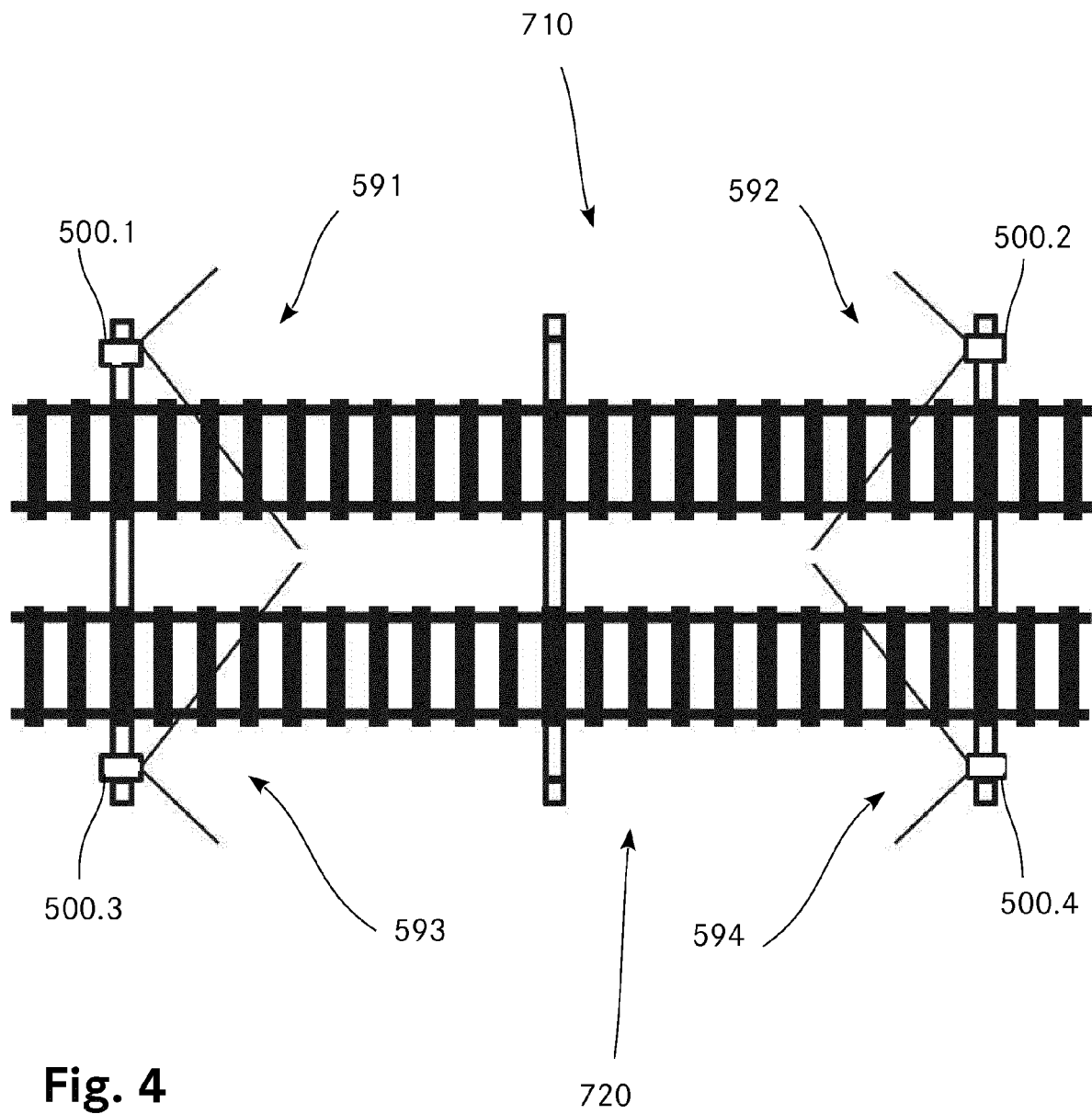


Fig. 4

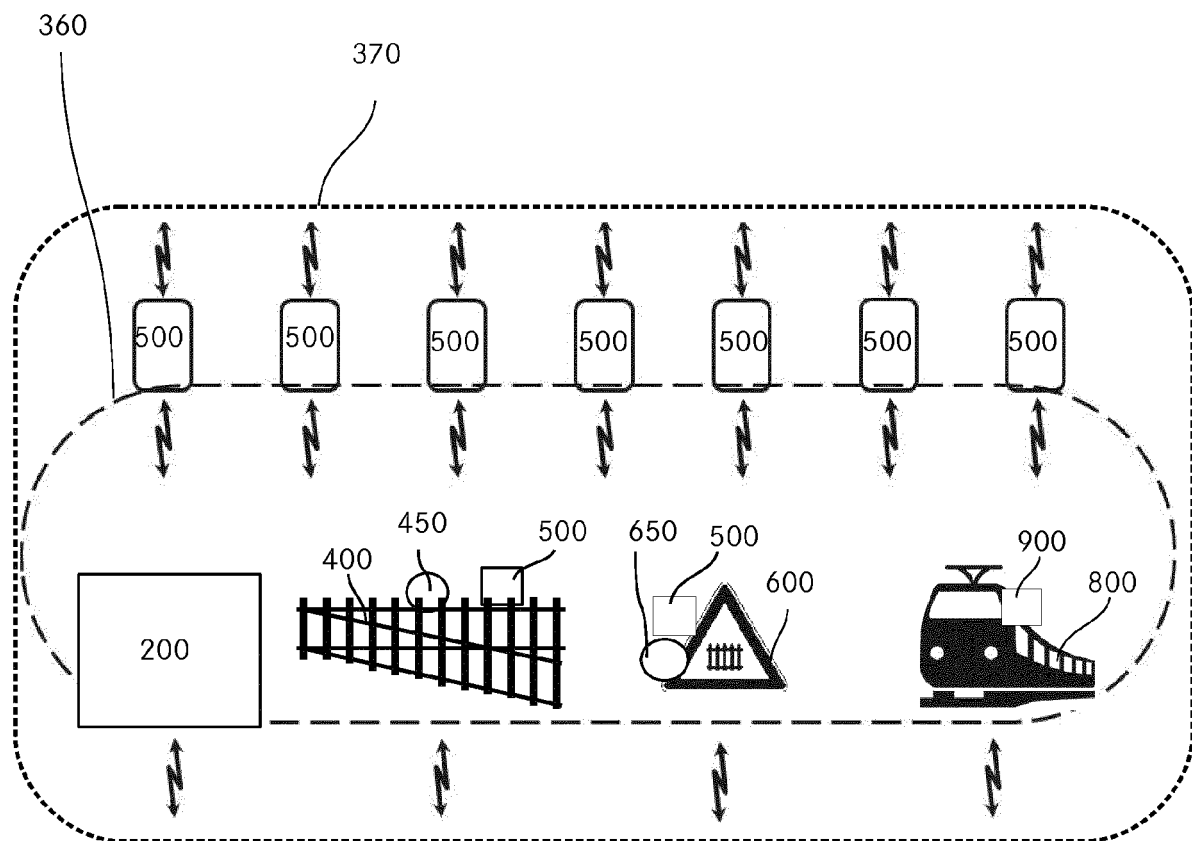


Fig. 5

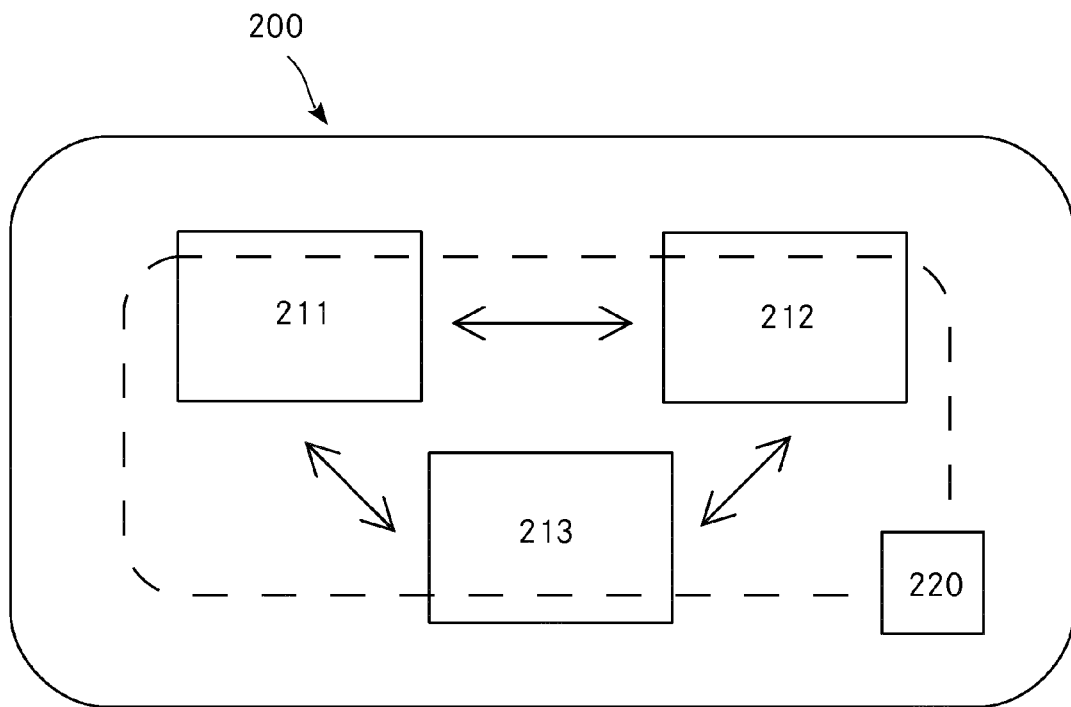


Fig. 6

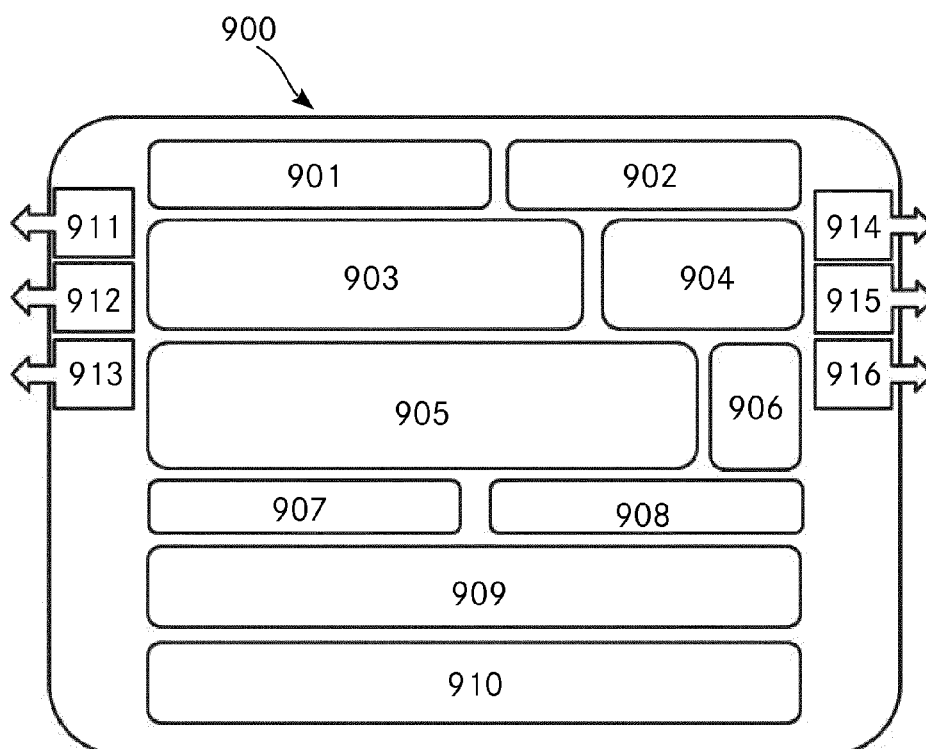


Fig. 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 18 1698

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2007/149629 A1 (GEN ELECTRIC [US]; KRAHNSTOEVEER NILS OLIVER [US]; BHOTIKA RAHUL [US];) 27. Dezember 2007 (2007-12-27)	1,3-7, 9-13, 15-18	INV. B61L27/00 B61L23/04
Y	* Seite 1, Absatz 1 * * Seite 3, Absatz 1 - Seite 4, Absatz 2 * * Seite 5, Absatz 2 - Seite 6, Absatz 1 * * Seite 6, Absatz 3 - Seite 7, Absatz 2 * * Seite 8, Absatz 2 * * Seite 9, Absatz 4 - Seite 10, Absatz 1 * * Abbildungen 1-5 *	2,8,14	ADD. B61L21/04
X	US 2015/175179 A1 (GREEN ALON [CA] ET AL) 25. Juni 2015 (2015-06-25)	1,3,4, 6-8, 16-18	
Y	* Absätze [0013] - [0014], [0018] - [0019], [0022] - [0027]; Abbildungen 1-7 *	2,9, 13-15	
Y	US 2014/339374 A1 (MIAN ZAHID F [US] ET AL) 20. November 2014 (2014-11-20) * Absätze [0007], [0011], [0027] - [0044]; Abbildungen 1-3 *	2,8,13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B61L
Y	US 2016/200334 A1 (HILLEARY THOMAS N [US]) 14. Juli 2016 (2016-07-14) * Absätze [0068], [0071], [0073], [0081] - [0088]; Abbildungen 4,5 *	2,8,13	
Y	DE 10 2009 040713 A1 (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]; DOCTER OPTICS GMBH [DE]; KST GMBH) 24. März 2011 (2011-03-24) * Absätze [0037] - [0040]; Abbildung 3 *	9	
Y	US 2008/097659 A1 (HAWTHORNE MICHAEL J [US]) 24. April 2008 (2008-04-24) * Absätze [0016], [0023]; Abbildungen 1,2 *	14	
----- -/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. Januar 2017	Prüfer Massalski, Matthias
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	

 2
EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

50

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 18 1698

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 2014/333771 A1 (MIAN ZAHID F [US] ET AL) 13. November 2014 (2014-11-13) * Absätze [0008] - [0009], [0024] - [0028], [0032] - [0034], [0039] - [0050], [0060], [0078] - [0079]; Abbildungen 1-10 *	15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	WO 2012/084620 A1 (SIEMENS AG [DE]; FAUBEL PETER [DE]; WINDOLF WOLFGANG [DE]) 28. Juni 2012 (2012-06-28) * Seite 1, Zeile 29 - Seite 2, Zeile 18 * * Seite 4, Zeile 9 - Zeile 12 * * Seite 5, Zeile 18 - Seite 6, Zeile 4 * * Seite 12, Zeile 12 - Seite 15, Zeile 17; Abbildungen 1,2 *	1-18	
A	DE 10 2011 004462 A1 (SIEMENS AG [DE]) 23. August 2012 (2012-08-23) * Absätze [0006], [0007], [0011], [0014], [0033] - [0035]; Abbildung 1 *	1-18	
A	DE 10 2012 201273 A1 (SIEMENS AG [DE]) 1. August 2013 (2013-08-01) * Absätze [0028], [0048] - [0049]; Abbildung 1 *	1-18	
A	WO 2009/135840 A1 (SIEMENS AG [DE]; KISTER ANDREAS [DE]) 12. November 2009 (2009-11-12) * Seite 1, Zeile 6 - Zeile 16 * * Seite 2, Zeile 23 - Zeile 30 * * Seite 4, Zeile 15 - Seite 5, Zeile 12 * * Seite 7, Zeile 1 - Seite 12, Zeile 4 * * Abbildungen 1-4 *	1-18	
A	EP 1 106 470 A1 (CIT ALCATEL [FR]) 13. Juni 2001 (2001-06-13) * Absätze [0011] - [0014]; Abbildung *	1-18	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. Januar 2017	Prüfer Massalski, Matthias
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	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

50

55

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

EP 16 18 1698

5

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

31-01-2017

10

15

20

25

30

35

40

45

50

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007149629 A1	27-12-2007	US 2007291985 A1 WO 2007149629 A1	20-12-2007 27-12-2007
US 2015175179 A1	25-06-2015	CA 2934468 A1 EP 3083364 A1 US 2015175179 A1 WO 2015092556 A1	25-06-2015 26-10-2016 25-06-2015 25-06-2015
US 2014339374 A1	20-11-2014	AU 2014265298 A1 CA 2910492 A1 CN 105431864 A EP 2997520 A2 US 2014339374 A1 WO 2014186642 A2	21-01-2016 20-11-2014 23-03-2016 23-03-2016 20-11-2014 20-11-2014
US 2016200334 A1	14-07-2016	KEINE	
DE 102009040713 A1	24-03-2011	KEINE	
US 2008097659 A1	24-04-2008	CA 2664638 A1 CA 2838118 A1 US 2008097659 A1 WO 2008051739 A2	02-05-2008 02-05-2008 24-04-2008 02-05-2008
US 2014333771 A1	13-11-2014	US 2014333771 A1 WO 2014182887 A1	13-11-2014 13-11-2014
WO 2012084620 A1	28-06-2012	DE 102010063765 A1 WO 2012084620 A1	21-06-2012 28-06-2012
DE 102011004462 A1	23-08-2012	DE 102011004462 A1 WO 2012113676 A1	23-08-2012 30-08-2012
DE 102012201273 A1	01-08-2013	DE 102012201273 A1 EP 2794382 A1 ES 2574515 T3 WO 2013113539 A1	01-08-2013 29-10-2014 20-06-2016 08-08-2013
WO 2009135840 A1	12-11-2009	BR PI0912430 A2 CN 102015411 A DE 102008023504 A1 DK 2280859 T3 EP 2280859 A1 ES 2393844 T3 US 2011058041 A1 WO 2009135840 A1	15-03-2016 13-04-2011 19-11-2009 17-12-2012 09-02-2011 28-12-2012 10-03-2011 12-11-2009

EPO FORM P0461

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

55

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

EP 16 18 1698

5

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

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

31-01-2017

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1106470	A1	13-06-2001	AT 315513 T 15-02-2006
			CA 2327090 A1 04-06-2001
			DE 19958634 A1 21-06-2001
			EP 1106470 A1 13-06-2001
			US 2001002688 A1 07-06-2001

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2011162605 A2, R. Bakker [0006] [0009]
- US 20160046308 A1 [0008]