

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 51058/2020
(22) Anmeldetag: 04.12.2020
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2023

(51) Int. Cl.: **B61L 27/00** (2006.01)
B61L 15/00 (2006.01)
B61L 23/00 (2006.01)
B61K 9/08 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102018204904 A1
DE 102018210318 A1
DE 102016215914 A1
EP 3686080 A1

(73) **Patentinhaber:**
Plasser & Theurer Export von
Bahnbaumaschinen Gesellschaft m. b. H.
1010 Wien (AT)

(54) Verfahren und System zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage

(57) Ein Verfahren zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage umfasst die Schritte: automatisiertes Erfassen von Informationen, die Rückschlüsse auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage geben, Bereitstellen einer ersten Prüfsumme (27a) eines ersten Datenblocks (26), Bestimmen eines zweiten Datenblocks (27) mit der ersten Prüfsumme (27a) und den erfassten Informationen, Berechnen einer zweiten Prüfsumme (30) basierend auf dem zweiten Datenblock (27) und Überprüfen (32, 34) der Zulässigkeit einer Bearbeitung (33) und/oder einer Prüfung und/oder einer Nutzung der Schienenverkehrsanlage) und/oder einer Kalibrierung einer Vorrichtung zum Bestimmen des Gütezustands und/oder zur Einflussnahme auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage, durch Auswerten von Informationen des ersten Datenblocks (26).

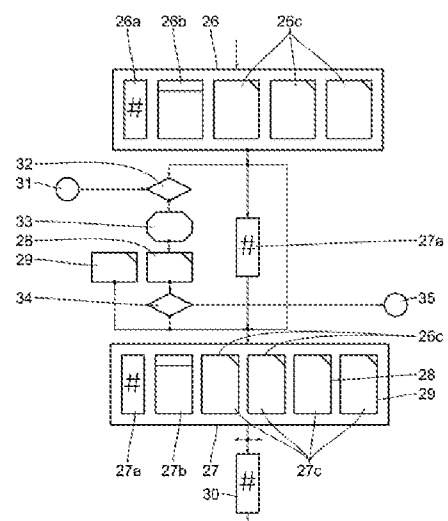


Fig. 3

Beschreibung

VERFAHREN UND SYSTEM ZUM BETREIBEN EINER SCHIENENVERKEHRSANLAGE

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage. Ferner betrifft die Erfindung ein System zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage.

[0002] Aus der DE 10 2018 204 904 A1 sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Überwachen eines Objekts im Schienenverkehr bekannt. Mittels einer Detektionseinrichtung wird ein Parameterwert eines Objekts, insbesondere ein Stellzustand einer Weiche, automatisiert ermittelt, auf dessen Grundlage eine Prüfsumme berechnet wird, die in einer verteilten Datenbank gespeichert wird. Das automatisierte Erfassen von Zustandsparametern eines Objekts im Schienenverkehr macht eine manuelle Überprüfung des Objekts durch technisches Fachpersonal zwar vermeidbar, wodurch diese Überwachungsmaßnahmen mit verbesserter Zuverlässigkeit und geringerem Arbeitsaufwand durchführbar sind. Für den sicheren Betrieb einer Schienenverkehrsanlage sind diese Maßnahmen aber nicht hinreichend.

[0003] Verfahren zum Erfassen von Informationen und zum Verarbeiten dieser in mittels Prüfsummen verknüpften Datenblöcken sind ferner bekannt aus der DE 10 2018 210 318 A1, der DE 10 2016 215 914 A1 und der EP 3 686 080 A1.

[0004] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage zu schaffen, welches die Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit der Schienenverkehrsanlage erhöht und besonders wirtschaftlich ausführbar ist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Es wurde erkannt, dass eine Schienenverkehrsanlage besonders sicher, zuverlässig und wirtschaftlich betrieben werden kann, wenn Informationen, die Rückschlüsse auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage gewähren, automatisiert erfasst werden, wobei basierend auf diesen Informationen und auf einer ersten Prüfsumme eines ersten, insbesondere vorausgehenden Datenblocks, ein zweiter, insbesondere nachfolgender, Datenblock bestimmt wird, auf dessen Grundlage eine zweite Prüfsumme berechnet wird. Dadurch, dass das Erfassen der Informationen automatisiert erfolgt, kann die Integrität dieser mit dem Gütezustand der Schienenverkehrsanlage in Zusammenhang stehenden Informationen sichergestellt werden. Falscheingaben bei einer manuellen Erfassung entsprechender Informationen, insbesondere aufgrund versehentlich unterlaufender Fehler oder aufgrund von Manipulationsversuchen können ausgeschlossen werden. Das automatisierte Erfassen der Informationen kann zudem besonders wirtschaftlich erfolgen, da vermieden werden kann, dass Arbeitskräfte für die manuelle Erfassung der Informationen gebunden werden müssen. Auch die Handhabung dieser Informationen nach dem automatisierten Erfassen erfolgt in besonders sicherer und zuverlässiger Weise. Die Verkettung aufeinanderfolgender Datenblöcke, insbesondere eines nachfolgenden zweiten Datenblocks mit einem vorausgehenden ersten Datenblock erfolgt über die Integration der auf dem ersten Datenblock basierenden ersten Prüfsumme in den zweiten Datenblock. Eine Änderung des ersten Datenblocks kann damit nicht vorgenommen werden, ohne dass eine Diskrepanz zwischen einer auf Grundlage dieses geänderten Datenblocks berechneten Prüfsumme und der in den zweiten Datenblock aufgenommenen Prüfsumme entsteht. Diese Diskrepanz kann im Zuge einer Neuberechnung der ersten Prüfsumme und eines Abgleichs dieser mit der in den zweiten Datenblock aufgenommenen ersten Prüfsumme aufgedeckt werden. Somit ist die Handhabung der Informationen besonders sicher gegenüber Fehleingaben und Manipulationsversuchen. Das Verfahren zum Betreiben der Schienenverkehrsanlage ist, insbesondere hinsichtlich des Erzeugens und Handhabens von Informationen, besonders robust und wirtschaftlich. Die robustere und sicherere Handhabung der den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage betreffenden Informationen, gewährleistet eine besonders hohe Sicherheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit der Schienenverkehrsanlage.

[0006] Ein derartiges Verfahren gewährleistet einen besonders sicheren Betrieb der Schienenverkehrsanlage. Das Überprüfen der Zulässigkeit anhand des ersten Datenblocks kann vor und/oder nach dem Bearbeiten und/oder dem Prüfen und/oder dem Nutzen der Schienenverkehrs-

lage erfolgen. Die Bearbeitungsvorrichtung und/oder die Prüfvorrichtung und/oder die Nutzungsvorrichtung können dahingehend überprüft werden, ob diese die Voraussetzungen für die Durchführung einer entsprechenden Tätigkeit an der Schienenverkehrsanlage erfüllen, ob diese eine entsprechende Zulassung und/oder eine Betriebserlaubnis aufweisen und/oder kalibriert sind. Für die Zulässigkeit der Bearbeitung kann anhand der Informationen des ersten Datenblocks insbesondere überprüft werden, ob das Bearbeitungswerkzeug die erforderliche Leistungsfähigkeit aufweist und/oder den gegebenen Sicherheitsanforderungen genügt. Zur Überprüfung der Zulässigkeit einer Prüfung kann beispielsweise anhand der Informationen des ersten Datenblocks ausgewertet werden, ob die entsprechende Prüfvorrichtung die erforderliche Prüffunktionalität aufweist und/oder die erforderliche Messgenauigkeit aufweist und/oder den Anforderungen hinsichtlich der Aufzeichnung und Protokollierung der Prüfergebnisse entspricht. Vor einer Nutzung der Schienenverkehrsanlage kann ausgewertet werden, ob die entsprechende Nutzungseinrichtung für die geplante Nutzung, insbesondere ein Befahren eines Schienenabschnitts zugelassen ist, ob alle Wartungsintervalle eingehalten wurden und/oder ob diese mit anderen Nutzungsvorrichtungen kompatibel ist.

[0007] Nach der Bearbeitung und/oder der Prüfung und/oder der Nutzung der Schienenverkehrsanlage kann ausgewertet werden, insbesondere anhand von Informationen des ersten Datenblocks und/oder anhand der automatisiert erfassten Informationen und/oder anhand des zweiten Datenblocks, ob die entsprechenden Tätigkeiten vorgabegemäß ausgeführt wurden. Beispielsweise kann ausgewertet werden, ob das Bearbeitungsergebnis einem Soll-Bearbeitungsergebnis entspricht und/oder das Prüfergebnis einem Soll-Prüfergebnis entspricht und/oder ob die Nutzung entsprechend der geplanten Nutzung erfolgt ist.

[0008] Das Überprüfen der Zulässigkeit der Bearbeitung und/oder der Prüfung und/oder der Nutzung kann grundsätzlich das Auswerten von Informationen einzelner oder mehrerer der Datenblöcke umfassen.

[0009] Im Wege der steigenden Bedeutung der Externalisierung von Herstellungs-, Bearbeitungs- und Prüftätigkeiten im Bereich des Schienenverkehrs wächst, insbesondere aufgrund der zunehmenden Zahl an Akteuren, die auf diesen Gütezustand Einfluss nehmen, auch der für die Gewährleistung des notwendigen Gütezustands der Schienenverkehrsanlage erforderliche Kontrollaufwand. Wird der Kontrolltätigkeit nicht in ausreichendem Umfang nachgekommen, können fehlerhaft durchgeführte Arbeiten unerkannt bleiben und sich negativ auf die Betriebskosten oder sogar die Sicherheit auswirken. Operative Zusatzkosten entstehen beispielsweise wenn die Bahnanlage nicht rechtzeitig wieder für den Verkehr freigegeben wird. Verspätungen und Zugausfälle sind die Folge, welche in Netzzustandsberichte und Geschäftsberichte mit hoher Gewichtung einfließen. Im schlimmsten Falle resultieren Gefahren für die Fahrgäste und die Belegschaft. Das vorgeschlagene Verfahren reduziert derartige Gefahren durch das sichere Erfassen und Handhaben der mit dem Gütezustand der Schienenverkehrsanlage in Zusammenhang stehenden Informationen. Durch die gesteigerte Zuverlässigkeit der Schienenverkehrsanlage können ungeplante Streckensperrungen, Zugausfälle und Verspätungen vermieden werden, wodurch die Schienenverkehrsanlage besonders wirtschaftlich betrieben werden kann.

[0010] Unter dem Gütezustand der Schienenverkehrsanlage wird die Beschaffenheit, insbesondere der Wartungszustand und/oder die Funktionsfähigkeit, insbesondere der verfügbare Funktionalitätsanteil und/oder die Einsatzfähigkeit und/oder die Betriebszulassung, verstanden.

[0011] Die Schienenverkehrsanlage kann ein Gleis, insbesondere das Schotterbett, die Gleisschwellen, die Schienen und/oder die Oberleitung, ein Schienenfahrzeug, insbesondere ein Nutzfahrzeug, insbesondere ein Zugfahrzeug, einen Güterwagen und/oder einen Personenwagen, und/oder ein Herstellungsfahrzeug und/oder ein Instandhaltungsfahrzeug, und/oder eine Bahnhofsanlage, insbesondere den Bahnsteig, und/oder ein Schienen-Infrastrukturelement, insbesondere einen Tunnel, eine Brücke und/oder einen Bahndamm, aufweisen.

[0012] Der erste Datenblock steht stellvertretend für einen dem zweiten Datenblock vorausgehenden Datenblock. Der zweite Datenblock steht entsprechend stellvertretend für einen dem ersten Datenblock nachfolgenden, insbesondere für einen nach dem ersten Datenblock erzeugten,

Datenblock. Vorzugsweise sind der erste Datenblock und der zweite Datenblock zwei, insbesondere aufeinanderfolgende, Glieder einer Datenblockkette mit mindestens drei, insbesondere mindestens fünf, insbesondere mindestens zehn, insbesondere mindestens 100, insbesondere seriell aneinander gereihten, Datenblöcken.

[0013] Die Prüfsumme ist vorzugsweise ein Hash, der auch als Hashwert bezeichnet wird. Die Prüfsumme kann mittels eines kryptografischen Verfahrens aus einem Datenblock berechnet werden. Das kryptografische Verfahren wird auch als Hashfunktion bezeichnet. Das kryptografische Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass diese basierend auf einem bestimmten Datenblock bei wiederholter Durchführung der Berechnung stets zu derselben Prüfsumme führt. Basierend auf unterschiedlichen Datenblöcken berechnet das kryptografische Verfahren vorzugsweise unterschiedliche Prüfsummen. Die Datenmenge der Prüfsumme ist vorzugsweise erheblich geringer als die Datenmenge des der Prüfsumme zugrundeliegenden Datenblocks. Eine an dem jeweiligen Datenblock vorgenommene Änderung führt somit zu einer geänderten Prüfsumme. Aus der jeweiligen Prüfsumme kann zwar nicht auf die in dem zugrundeliegenden Datenblock enthaltenen Informationen zurückgeschlossen werden, es lässt sich jedoch verifizieren, ob der entsprechende Datenblock unverändert vorliegt, oder ob Änderungen vorgenommen wurden. Beispiele für derartige Hashfunktionen sind Merkle-Damgård-Funktionen, Kompressionsfunktionen, wie beispielsweise Secure Hash Algorithms bzw. die RIPEMD-160 Funktion, und Sponge-Funktionen, wie beispielsweise der Secure Hash Algorithm 3.

[0014] Vorzugsweise umfasst der jeweilige Datenblock mindestens eine Prüfsumme, insbesondere eines vorausgehenden, insbesondere des unmittelbar vorausgehenden Datenblocks, einen Datenheader und die vorgenannten Informationen, die Rückschlüsse auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage gewähren. Der Datenheader, der auch Dateikopf genannt wird, umfasst beispielsweise einen Zeitstempel, der die Erstellung des Datenblocks bestimmt, und/oder eine Kennung, insbesondere eine Benutzerkennung und/oder eine Geräteerkennung des für die Erstellung des Datenblocks verantwortlichen Benutzers und/oder der für die Erstellung des Datenblocks verwendeten Verarbeitungseinrichtung, und/oder Informationen über den Umfang der Daten, insbesondere den davon belegten Speicher, und/oder den Speicherort des vorausgehenden Datenblocks.

[0015] Die in dem jeweiligen Datenblock enthaltenen Informationen können ausschließlich Daten umfassen, die Rückschlüsse auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage gewähren, oder zusätzliche Informationen enthalten, welche beispielsweise die Steuerung der Schienenverkehrsanlage betreffen, insbesondere Schaltzustände umfassen, und/oder die Buchhaltung betreffen, insbesondere hinsichtlich der Abrechnung von Bearbeitungstätigkeiten, insbesondere von Herstellungstätigkeiten und/oder von Instandhaltungstätigkeiten, und/oder von Prüftätigkeiten und/oder von Kalibriertätigkeiten und/oder von Nutzungstätigkeiten.

[0016] Ein Verfahren nach Anspruch 2 gewährleistet einen sicheren, zuverlässigen und wirtschaftlichen Betrieb der Schienenverkehrsanlage. Das Erfassen der Informationen mittels der Vorrichtungen zum Bestimmen des Gütezustands und/oder zur Einflussnahme auf den Gütezustand gewährleistet, dass die Informationen die insbesondere in den zweiten Datenblock eingehen, unmittelbar am Ort ihres Entstehens erfasst werden. Vorzugsweise weist die jeweilige Vorrichtung mindestens eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen der entsprechenden Informationen auf. Auf das Erfassen der Informationen mittels separater Erfassungseinrichtungen kann somit verzichtet werden. Hierdurch kann die Schienenverkehrsanlage besonders wirtschaftlich betrieben werden. Das automatisierte Erfassen der Informationen erfolgt vorzugsweise durch mindestens zwei, insbesondere mindestens drei, insbesondere mindestens 10, insbesondere unterschiedlicher, derartiger Vorrichtungen.

[0017] Eine Vorrichtung zum Bestimmen des Gütezustands der Schienenverkehrsanlage kann eine Prüfvorrichtung, insbesondere eine Gleis-Prüfvorrichtung, insbesondere eine Prüfvorrichtung zum Erfassen eines Verdichtungsgrads des Schotterbetts und/oder zum Erfassen des örtlichen Verlaufs, insbesondere der Position und Orientierung, der Schienen und/oder des Wartungszustands von Weichen, von Signaleinrichtungen und/oder von Oberleitungen, und/oder zum

Erfassen eines Verschmutzungsgrads des Gleises, insbesondere des Schotterbetts, und/oder eine Fahrzeug-Prüfvorrichtung zum Prüfen von Schienenfahrzeugen, insbesondere zum Bestimmen des Wartungszustands und/oder des Verschleißzustands von Bremsbelägen und/oder von Radlagern und/oder des Füllstands von Schmiermitteln, und/oder als Infrastruktur-Prüfvorrichtung zum Prüfen von Infrastrukturbauteilen, insbesondere zum Bestimmen des Wartungszustands von Brücken und/oder Tunneln.

[0018] Eine Erfassungseinrichtung der Prüfvorrichtung ist vorzugsweise dazu ausgebildet, die Prüfung zu protokollieren, insbesondere das Prüfobjekt, Ort und Datum der Prüfung, die Prüftätigkeit und/oder das Prüfergebnis zu erfassen und/oder aufzuzeichnen.

[0019] Eine Vorrichtung zur Einflussnahme auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage kann beispielsweise eine Bearbeitungsvorrichtung zum Herstellen und/oder Instandhalten der Schienenverkehrsanlage und/oder eine Nutzungsvorrichtung zum Nutzen der Schienenverkehrsanlage sein.

[0020] Die Bearbeitungsvorrichtung kann eine Umbaumaschine, insbesondere ein Umbauzug, ein Schweißgerät, insbesondere ein Termitschweißgerät, ein Schraubgerät, insbesondere ein Servoschrauber und/oder ein Akkuschrauber, ein Schleifgerät, insbesondere ein Trennschleifgerät und/oder ein Schienenkopf-Schleifgerät, insbesondere ein Schleifzug, eine Stopfmaschine, insbesondere ein Stopfzug und/oder ein Handstopfgerät, und/oder eine Reinigungsmaschine, insbesondere eine Schotterbett-Reinigungsmaschine, umfassen. Die Nutzungsvorrichtung kann ein Schienenfahrzeug, insbesondere der Schienenverkehrsanlage, ein Mehrwegefahrzeug und/oder ein über die Oberleitung mit elektrischer Leistung versorgbares Fahrzeug, insbesondere ein Güterzug und/oder ein Personenzug, sein.

[0021] Die Erfassungseinrichtung der Bearbeitungsvorrichtung kann beispielsweise zum Erfassen und/oder zum Aufzeichnen der Position und/oder eines Streckenabschnitts der Bearbeitung und/oder zum Erfassen eines Bearbeitungsergebnisses, insbesondere eines Verdichtungszustands und/oder eines Reinigungszustands und/oder der Oberflächengüte der Schienen, ausgebildet sein.

[0022] Eine Erfassungseinrichtung der Nutzungsvorrichtung ist vorzugsweise zum Erfassen und/oder zum Aufzeichnen der Nutzung des Gleises, insbesondere der Nutzungsintensität, insbesondere einer über das Gleis zurückgelegten Wegstrecke und/oder des benutzten Streckenabschnitts und/oder der Nutzungsdauer und/oder der über die Oberleitung entnommenen elektrischen Energie und/oder einer Wagonanzahl und/oder eines Wagongewichts, eines Schienenfahrzeugs, ausgebildet.

[0023] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung kann die mindestens eine Vorrichtung als Kalibriervorrichtung zum Kalibrieren einer der vorstehend genannten Vorrichtungen ausgebildet sein. Die Kalibriervorrichtung kann ein Prüfgerät und/oder eine, insbesondere motorisch angetriebene, Prüfmaschine, insbesondere zum Erfassen von Kräften, Momenten, Drücken, Temperaturen, Beschleunigungen, Deformationen, Rissen und/oder Materialzusammensetzungen, sein.

[0024] Eine Erfassungseinrichtung der Kalibriervorrichtung ist vorzugsweise dazu ausgebildet, die Kalibrierung zu protokollieren, insbesondere das Kalibrierobjekt, Ort und Datum der Kalibrierung, die Kalibriertätigkeit und/oder das Kalibrierergebnis zu erfassen und/oder aufzuzeichnen.

[0025] Vorzugsweise ist mindestens eine der Vorrichtungen, insbesondere sind sämtliche der Vorrichtungen, mobile Vorrichtungen, insbesondere auf dem Gleis verlagerbare Vorrichtungen und/oder tragbare Vorrichtungen.

[0026] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung sind die mehreren Vorrichtungen signalübertragend miteinander verbunden, insbesondere Bestandteile eines Netzwerks. Vorzugsweise bildet jede der Vorrichtungen einen Netzknoten eines gemeinsamen Netzwerks.

[0027] Ein Verfahren nach Anspruch 3 gewährleistet das Betreiben der Schienenverkehrsanlage in besonders sicherer, zuverlässiger und wirtschaftlicher Weise. Das automatisierte Erfassen erfolgt vorzugsweise während des Bearbeitens, des Prüfens und/oder des Nutzens der Schienen-

verkehrsanlage und/oder des Kalibrierens derartiger Vorrichtungen und/oder danach.

[0028] Ein Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7 gewährleistet das Betreiben der Schienenverkehrsanlage in besonders sicherer, zuverlässiger und wirtschaftlicher Weise. Durch die Aufzeichnungen entsprechender Bearbeitungsdaten, Prüfdaten, Nutzungsdaten und/oder Kalibrierdaten sind Interaktionen mit der Schienenverkehrsanlage, welche auf den Gütezustand Einfluss nehmen und dessen Bestimmung ermöglichen, besonders gut nachvollziehbar. Hierdurch können die Qualitätssicherung und der Betrieb der Schienenverkehrsanlage zuverlässig, robust und wirtschaftlich betrieben werden. Unter der Kalibrierabweichung wird vorzugsweise die Differenz zwischen dem erfassten Kalibrierwert und einem Soll-Kalibrierwert verstanden. Die Kalibrierabweichung kann insbesondere Aufschluss darüber geben, ob die in der Vergangenheit gewonnenen Informationen korrekt erfasst wurden.

[0029] Ein Verfahren nach Anspruch 8 gewährleistet das Bearbeiten der Schienenverkehrsanlage in besonders sicherer Weise. Das Freigeben der Schienenverkehrsanlage erfolgt vorzugsweise in Abhängigkeit des Ergebnisses der Überprüfung des mindestens einen Datenblocks, insbesondere des ersten Datenblocks. Das Freigeben der Schienenverkehrsanlage bei einer den Anforderungen nicht genügenden Bearbeitung und/oder Prüfung kann somit verhindert werden, insbesondere kann diese für eine Nutzung gesperrt werden. Somit kann verhindert werden, dass die Schienenverkehrsanlage genutzt wird, wenn eine durchgeführte Bearbeitung und/oder eine Prüfung der Schienenverkehrsanlage den Anforderungen nicht entsprochen hat und/oder eine Nutzungsvorrichtung für die Nutzung der Schienenverkehrsanlage ungeeignet ist. Gefahren für Unversehrtheit der mit der Schienenverkehrsanlage interagierenden Personen und/oder der Schienenverkehrsanlage selbst können somit reduziert werden.

[0030] Ein Verfahren nach Anspruch 9 gewährleistet den Betrieb der Schienenverkehrsanlage in besonders sicherer und zuverlässiger Weise. Dadurch, dass das Überprüfungsergebnis in den zweiten Datenblock aufgenommen wird, erfolgt eine zuverlässige und gegenüber Fehlern und Manipulationsversuchen robuste Dokumentation. Hierdurch kann verhindert werden, dass Komponenten der Schienenverkehrsanlage mit unzureichender Beschaffenheit weiterbetrieben werden.

[0031] Ein Verfahren nach Anspruch 10 gewährleistet eine besonders effiziente und sichere Verarbeitung der Informationen. Vorzugsweise umfasst jede der Vorrichtungen eine eigene Verarbeitungseinrichtung zum Berechnen der Prüfsumme auf Grundlage des entsprechenden Datenblocks und/oder steht mit einer derartigen Verarbeitungsvorrichtung in Signalverbindung. Derartige, als Komponenten einer Vorrichtung ausgebildete Verarbeitungseinrichtungen werden als dezentrale Verarbeitungseinrichtungen bezeichnet. Die jeweilige Verarbeitungseinrichtung kann wiederum mit der Erfassungseinrichtung zum automatisierten Erfassen der Informationen in Signalverbindung stehen. Beispielsweise können mehrere der Vorrichtungen, insbesondere deren Erfassungseinrichtungen, mit einer einzigen Verarbeitungseinrichtung, insbesondere unmittelbar, in Signalverbindung stehen. Die Schienenverkehrsanlage kann weitere dezentrale Verarbeitungseinrichtungen, beispielsweise entlang des Gleises und/oder an Bahnhofsanlagen, aufweisen. Derartige dezentrale Verarbeitungseinrichtungen können als stationäre, insbesondere unbeweglich an der Schienenverkehrsanlage vorgesehene Verarbeitungseinrichtungen ausgebildet sein. Die Übertragung von Signalen, insbesondere des Datenblocks, zum Berechnen der zweiten Prüfsumme erfolgt vorzugsweise von der Verarbeitungseinrichtung einer Vorrichtung zu der Verarbeitungseinrichtung einer weiteren Vorrichtung und/oder zu einer stationären, insbesondere dezentralen, Verarbeitungseinrichtung. Die Übertragung erfolgt vorzugsweise drahtlos. Vorteilhaft wird hierdurch erreicht, dass verteilt vorliegende Rechenkapazitäten möglichst ausgeschöpft werden können. Durch die vorgeschlagene Aufgabenteilung zwischen mehreren Verarbeitungseinrichtungen werden Manipulationsversuche zudem nochmals erschwert.

[0032] Unter einer zentralen Rechenvorrichtung wird eine Gruppe von mindestens fünf, insbesondere mindestens zehn, insbesondere mindestens 50, insbesondere mindestens 100, Verarbeitungsvorrichtungen verstanden, die lokal agglomeriert, insbesondere in demselben Gebäude und/oder Raum, angeordnet sind. Das Berechnen von Prüfsummen, insbesondere der zweiten

Prüfsumme, kann auf der zentralen Rechenvorrichtung, insbesondere auf mindestens einer der Verarbeitungseinrichtungen der zentralen Rechenvorrichtung, erfolgen. Die zentrale Rechenvorrichtung steht vorzugsweise mittelbar über dezentrale Verarbeitungseinrichtungen oder unmittelbar mit den Vorrichtungen in Signalverbindung.

[0033] Die Verarbeitungseinrichtungen können jeweils einen Prozessor zum Durchführen von Rechenoperationen, einen Datenspeicher zum Speichern von Daten und/oder eine Kommunikationseinheit zum Übertragen von Daten aufweisen.

[0034] Ein Verfahren nach Anspruch 11 gewährleistet das Betreiben der Schienenverkehrsanlage in besonders sicherer und zuverlässiger Weise. Das Übertragen eines Datenblocks, insbesondere des zweiten Datenblocks und/oder einer Prüfsumme, insbesondere der zweiten Prüfsumme, über die Netzwerkverbindung führt zu einer besseren, nicht lediglich lokalen, Verfügbarkeit und/oder einer Redundanz dieser Daten. Durch die Redundanz wird Sicherheit gegenüber Datenverlust, Fehlern bei der Handhabung der Daten und/oder Manipulationsversuchen geschaffen. Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist mindestens eine, insbesondere sind mehrere, insbesondere sind sämtliche, der Verarbeitungseinrichtungen als Knotenpunkte eines, insbesondere desselben, Netzwerks ausgebildet. Bei dem Netzwerk kann es sich um ein Peer-to-Peer-Netzwerk und/oder ein ad-hoc-Netzwerk handeln. Vorzugsweise liegen dem Netzwerk Datenblöcke, insbesondere sämtliche Datenblöcke, redundant vor. Insbesondere können sämtliche Datenblöcke, von einem initialen Datenblock bis zu dem aktuellsten Datenblock, auf einer einzigen Verarbeitungseinrichtung und/oder auf der zentralen Rechenvorrichtung vorliegen. Vorzugsweise sind auf mindestens einer Verarbeitungseinrichtung, insbesondere einer der Vorrichtungen, insbesondere auf sämtlichen Verarbeitungseinrichtungen nur einzelne, insbesondere ein einziger, nicht jedoch sämtliche der Datenblöcke gespeichert.

[0035] Das Speichern der aufeinander aufbauenden Datenblöcke kann insbesondere über mehrere Verarbeitungseinrichtungen, welche insbesondere entfernt voneinander angeordnet sind, verteilt erfolgen. Hierdurch können die Speicherkapazitäten mehrerer Verarbeitungseinrichtungen besonders effizient ausgeschöpft werden. Insbesondere wird der Verlust des Untergangs aller Datenblöcke beim Defekt einer einzelnen Verarbeitungseinrichtung vermieden.

[0036] Ein Verfahren nach Anspruch 12 gewährleistet einen besonders sicheren Betrieb der Schienenverkehrsanlage. Vorzugsweise erfolgt das Überprüfen der Integrität von Datenblöcken, insbesondere jedes einzelnen der Datenblöcke, wiederholt, insbesondere nach einem vorgegebenen Zeitintervall. Insbesondere können sämtliche der Datenblöcke von einem initialen Datenblock bis zu dem aktuellsten Datenblock nacheinander oder parallelisiert auf deren Integrität überprüft werden. Zur Überprüfung der Integrität des jeweiligen Datenblocks kann eine Neuberechnung der Prüfsumme des jeweiligen Datenblocks durchgeführt werden. Die Neuberechnete Prüfsumme kann dann mit der in dem nachfolgenden Datenblock gespeicherten Prüfsumme verglichen werden. Sind diese Prüfsummen identisch, kann die Integrität des überprüften Datenblocks bestätigt werden. Andernfalls können der entsprechende Datenblock und/oder die Prüfsumme des nachfolgenden Datenblocks als fehlerhaft identifiziert werden. Zur Fehlerbehebung kann auf einen redundant in dem Netzwerk gespeicherten Datensatz zurückgegriffen werden. Der Aufwand für die Wiederherstellung fehlerhafter Daten ist hierdurch erheblich reduziert. Die durch diese Überprüfung geschaffene Möglichkeit zum Erkennen fehlerhafter Daten erhöht die Sicherheit des Verfahrens zum Betreiben der Schienenverkehrsanlage. Es kann vermieden werden, dass aufgrund fehlerhafter Informationen, die in Zusammenhang mit dem Gütezustand der Verkehrsanlage stehen, eine Inbetriebnahme, insbesondere von Gleisstrecken, insbesondere Signalanlagen und/oder Weichen und/oder Schienenfahrzeugen, erfolgt.

[0037] Ein Verfahren nach Anspruch 13 gewährleistet das Betreiben der Schienenverkehrsanlage in besonders wirtschaftlicher Weise. Vorzugsweise erfolgt die Buchführung, die in Zusammenhang mit einer Tätigkeit steht, die mit der mindestens einen Vorrichtung durchgeführt wird, in Abhängigkeit von, insbesondere ausgelöst durch, die automatisiert erfassten Informationen, insbesondere in Abhängigkeit von dem vorstehend beschriebenen Überprüfungsergebnis. Die Buchführung kann Zahlungsanweisungen von und/oder zu dem Betreiber der jeweiligen Vorrichtung

und/oder der Schienenverkehrsanlage umfassen. Die Buchführung kann zentral, insbesondere durch die zentrale Rechenvorrichtung gesteuert, und/oder dezentral, insbesondere durch eine, insbesondere dezentrale und/oder einzelne, Verarbeitungseinrichtung, gesteuert erfolgen.

[0038] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein verbessertes System zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage zu schaffen, welches insbesondere besonders sicher, zuverlässig und wirtschaftlich im Betrieb ist.

[0039] Diese Aufgabe wird durch ein System mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst. Es wurde erkannt, dass ein System zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage, welches mindestens eine Erfassungseinrichtung zum automatisierten Erfassen der Informationen und mindestens eine Verarbeitungseinrichtung zum Bestimmen des zweiten Datenblocks und der darauf basierenden Prüfsumme aufweist, das Betreiben der Schienenverkehrsanlage in besonders sicherer, zuverlässiger und wirtschaftlicher Weise gewährleistet. Die Vorteile des Systems entsprechen den Vorteilen, die vorstehend in Zusammenhang mit dem Verfahren zum Betreiben der Schienenverkehrsanlage angeführt sind. Vorzugsweise ist das System mit mindestens einem der Merkmale weitergebildet, die vorstehend in Zusammenhang mit dem Verfahren zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage genannt sind.

[0040] Ein derartiges System gewährleistet das Betreiben der Schienenverkehrsanlage in besonders sicherer und zuverlässiger Weise. Die Vorrichtung kann entsprechend der vorstehenden Beschreibung beispielsweise als Bearbeitungsvorrichtung, als Prüfvorrichtung, als Nutzungsvorrichtung und/oder als Kalibriervorrichtung ausgebildet sein. Die Vorrichtung kann die mindestens eine Erfassungseinrichtung aufweisen.

[0041] Ein derartiges System gewährleistet zudem eine besonders umfassend nachvollziehbare Handhabung der Informationen. Vorzugweise weist jede der Vorrichtung des Systems ein derartiges Identifikationsmittel auf. Das Identifikationsmittel ist vorzugsweise zum Speichern einer digitalen Kennung ausgebildet. Das Identifikationsmittel kann einen Datenspeicher und/oder ein Zeichen, insbesondere einen Barcode und/oder einen Matrixcode, mit der Kennung aufweisen. Die Kennung ist vorzugsweise eine einzigartige Identifikationsinformation zur Kennzeichnung der jeweiligen Vorrichtung. Die Vorrichtung und/oder das Identifikationsmittel sind vorzugsweise derart ausgebildet, dass ein Ändern und/oder Entfernen des Identifikationsmittels und/oder der Kennung erfasst, insbesondere manipulationssicher, erfasst werden. Hierzu kann beispielsweise eine elektronische Sicherung verwendet werden, welche beim Entfernen und/oder Ändern eine nicht reversible Zustandsänderung erfährt. Die Kennung, insbesondere die Identifikationsinformation, wird vorzugsweise bei der Herstellung der jeweiligen Vorrichtung vergeben.

[0042] Ein System nach Anspruch 15 ist besonders flexibel einsetzbar. Dadurch, dass die Vorrichtung die Verarbeitungseinrichtung aufweist, kann der zweite Datenblock mittels der Vorrichtung bestimmt werden und/oder die auf dem zweiten Datenblock basierende Prüfsumme kann mittels der Vorrichtung berechnet werden. Die Übertragung der automatisiert erfassten Informationen an eine separat von der Vorrichtung ausgebildete Verarbeitungseinrichtung kann vermieden werden. Insbesondere können Sicherheitslücken bei der Übertragung der Daten und/oder Übertragungsfehler vermieden werden.

[0043] Ein System nach Anspruch 16 ist besonders effizient im Betrieb. Über die Kommunikationseinheit können Daten, insbesondere die automatisiert erfassten Informationen und/oder eine Prüfsumme und/oder ein Datenblock, gesendet und/oder empfangen werden. Die Kommunikationseinheit ist vorzugsweise ein Bestandteil der Verarbeitungseinrichtung. Die Kommunikationseinheit kann eine Funkschnittstelle zum Ausbilden der drahtlosen Datenverbindung und/oder eine Kabelschnittstelle zum kabelgebundenen Übertragen der Informationen aufweisen. Die drahtlose Datenverbindung gewährleistet eine erhöhte Flexibilität beim Austausch von Daten. Eine mobile, insbesondere tragbar, ausgebildete Vorrichtung kann mittels der zum drahtlosen Übertragen der Informationen ausgebildeten Kommunikationseinheit beispielsweise während des Verlagerns, insbesondere entlang des Gleises, Daten mit einer anderen Verarbeitungseinrichtung austauschen. Die Funkschnittstelle umfasst vorzugsweise eine WiFi-Schnittstelle und/oder 5G-Schnittstelle und/oder eine LTE-Schnittstelle und/oder eine Bluetooth-Schnittstelle.

[0044] Ein System nach Anspruch 17 ist besonders zuverlässig und effizient im Betrieb. Das Netzwerk kann ein Peer-to-Peer-Netzwerk, ein ad-hoc- Netzwerk, ein LAN-Netzwerk und/oder ein WAN-Netzwerk umfassen. Unter der verteilten Datenbank wird ein Zusammenschluss mehrerer Datenspeicher verstanden, welche örtlich getrennt voneinander, insbesondere in unterschiedlichen Räumen und/oder Gebäuden, vorliegen. Vorzugsweise weisen zumindest einzelne der Verarbeitungseinrichtungen nicht sämtliche Datenblöcke, umfassend einen initialen Datenblock bis hin zu dem aktuellsten Datenblock, und/oder nur einen Teil eines Datenblocks, nicht jedoch den gesamten Datenblock, auf. Hierdurch kann die zur Verfügung stehende Speicherkapazität der Datenspeicher mehrerer Verarbeitungseinrichtungen besonders effizient genutzt werden.

[0045] Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren. Es zeigen:

[0046] Fig. 1 Eine schematische Darstellung eines Systems zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage, aufweisend die Schienenverkehrsanlage, mehrere Vorrichtungen zum Bestimmen eines Gütezustands der Schienenverkehrsanlage und zur Einflussnahme auf diesen Gütezustand, und mehrere Verarbeitungseinrichtungen zum Bestimmen von Datenblöcken und zum Berechnen jeweils darauf basierender Prüfsummen,

[0047] Fig. 2 eine schematische Darstellung exemplarischer Vorrichtungen zum Bestimmen des Gütezustands und zur Einflussnahme auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage in Fig. 1, und

[0048] Fig. 3 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betreiben der Schienenverkehrsanlage in Fig. 1, wobei ein erster Datenblock mit einer ersten Prüfsumme bereitgestellt wird, Informationen, welche Rückschlüsse auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage automatisch erfasst werden, ein zweiter Datenblock mit der ersten Prüfsumme und den erfassten Informationen bestimmt wird und eine zweite Prüfsumme basierend auf Basis des zweiten Datenblocks berechnet wird.

[0049] Anhand der Fig. 1 bis Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel eines Systems 1 zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage 2 beschrieben. Die Schienenverkehrsanlage 2 umfasst ein Gleis 3 mit einer Signalanlage 4, ein auf dem Gleis 3 fahrbares Schienenfahrzeug 5 und eine Bahnhofsanlage 6. Das Gleis 3 weist ein Schotterbett 3a, darauf aufliegende Gleisschwellen 3b, auf den Gleisschwellen 3b angebrachte Schienen 3c und eine Oberleitung 3d zum Versorgen des Schienenfahrzeugs 5 mit elektrischer Leistung auf. Die Signalanlage 4 ist als Lichtsignal ausgebildet. Das Schienenfahrzeug 5 wird über die Oberleitung 3d mit elektrischer Leistung zum Verlagern über die Schienen 3c versorgt. Die Bahnhofsanlage 6 weist mindestens einen, nicht dargestellten Bahnsteig auf.

[0050] Das System 1 umfasst mehrere Vorrichtungen 7, 8, 9, 10, 11 zum Bestimmen eines Gütezustands und zur Einflussnahme auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage 2. Die Vorrichtungen umfassen zwei Bearbeitungsvorrichtungen 7, 11 zum Bearbeiten, insbesondere zum Herstellen und/oder Instandhalten, der Schienenverkehrsanlage 2, eine Prüfvorrichtung 8 zum Prüfen des Gütezustands, insbesondere der Funktionalität und/oder des Wartungszustands, der Schienenverkehrsanlage 2, eine Nutzungsvorrichtung 9 zur Nutzung der Schienenverkehrsanlage 2, insbesondere zum Befahren der Schienen 3c und eine Kalibriervorrichtung 10 zum Kalibrieren der vorstehend genannten Vorrichtungen 7, 8, 9, 11. Die erste Bearbeitungsvorrichtung 7, die Prüfvorrichtung 8 und die Nutzungsvorrichtung 9 sind an dem Schienenfahrzeug 5 angebracht, insbesondere Komponenten des Schienenfahrzeugs 5. Die Kalibriervorrichtung 10 und die zweite Bearbeitungsvorrichtung 11 sind nicht an dem Schienenfahrzeug 5 angebracht, sondern unabhängig von diesem ausgebildet.

[0051] Die erste Bearbeitungsvorrichtung 7 weist zur Einflussnahme auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage 2 ein Stopfaggregat 7a zum Verdichten des Schotterbetts 3c auf. Ferner umfasst die erste Bearbeitungsvorrichtung 7 eine Stopf-Erfassungseinrichtung 7b zum automati-

sierten Erfassen des Umfangs der mit dem Stopfaggregat 7a durchgeführten Bearbeitungstätigkeiten, insbesondere der ausgeführten Verdichtungszyklen und/oder der Verdichtungsintensität und/oder des bearbeiteten Streckenabschnitts auf.

[0052] Die Prüfvorrichtung 8 umfasst eine Verdichtungs-Erfassungseinrichtung 8b zum Bestimmen des Gütezustands der Schienenverkehrsanlage 2, insbesondere zum Bestimmen des Verdichtungszustands des Schotterbetts 3a und/oder der vertikalen Position der Gleisschwellen 3b relativ zu dem Schotterbett 3a.

[0053] Die Nutzungsvorrichtung 9 umfasst ein Antriebsaggregat 9a, das zum Verlagern des Schienenfahrzeugs 5 entlang der Schienen 3c leistungsübertragend mit der Oberleitung 3d verbunden ist und durch das Verlagern des Schienenfahrzeugs 5 über die Schienen 3c auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage 2 einwirkt, insbesondere zur Beanspruchung und zum Verschleiß dieser führt. Ferner umfasst die Nutzungsvorrichtung eine Fahr-Erfassungseinrichtung 9b zum automatisierten Erfassen der von dem Antriebsaggregat 9a aufgenommenen, elektrischen Leistung, der zurückgelegten Wegstrecke und/oder der befahrenen Streckenabschnitte.

[0054] Die erste Bearbeitungsvorrichtung 7, die Prüfvorrichtung 8 und die Nutzungsvorrichtung 9 stehen mit einer Fahrzeug-Verarbeitungseinrichtung 12 zum Verarbeiten digitaler Daten, insbesondere kabelgebunden, in Signalverbindung.

[0055] Die zweite Bearbeitungsvorrichtung 11 ist zur Gleisreinigung ausgebildet. Die zweite Bearbeitungsvorrichtung 11 weist ein Reinigungsaggregat 11a zum Reinigen des Schotterbetts 3a, insbesondere im Bereich der Bahnhofsanlage 6, und von Wänden eines Tunnels, auf. Eine Reinigungs-Erfassungseinrichtung 11b ist zum Erfassen der mit dem Reinigungsaggregat 11a durchgeführten Reinigungsarbeiten, insbesondere der gereinigten Wegstrecke und des gereinigten Streckenabschnitts, ausgebildet. Eine Reinigungs-Verarbeitungseinrichtung 11c ist zur Verarbeitung digitaler Daten ausgebildet und steht mit dem Reinigungsaggregat 11a und der Reinigungs-Erfassungseinrichtung 11b in, insbesondere kabelgebundener, Signalverbindung.

[0056] Die Kalibriervorrichtung 10 ist zum Kalibrieren der Vorrichtungen 7, 8, 9 des Schienenfahrzeugs 5, insbesondere zum Kalibrieren der Stopf-Erfassungseinrichtung 7b, der Verdichtungs-Erfassungseinrichtung 8b und der Fahr-Erfassungseinrichtung 9b, ausgebildet. Hierzu weist die Kalibriervorrichtung 10 eine Kalibrier-Erfassungseinrichtung 10b zum automatisierten Erfassen von Messwerten auf, zu deren automatisierter Erfassung auch die Erfassungseinrichtungen 7b, 8b, 9b ausgebildet sind. Eine Kalibrier-Verarbeitungseinrichtung 10c steht mit der Kalibrier-Erfassungseinrichtung 10b und der Fahrzeug-Verarbeitungseinrichtung 12 in Signalverbindung und ist zur Verarbeitung digitaler Daten, insbesondere zum Bestimmen einer Messabweichung der Erfassungseinrichtungen 7b, 8b, 9b, ausgebildet.

[0057] Das System 1 weist eine zentrale Rechenvorrichtung 13 mit mehreren Rechen-Verarbeitungseinrichtungen 14 zur Verarbeitung digitaler Daten auf. Die Rechen-Verarbeitungseinrichtungen 14 sind in ein lokales Netzwerk eingebunden und hierzu kabelgebunden signalübertragend miteinander verbunden.

[0058] Ferner umfasst das System 1 mehrere dezentrale Verarbeitungseinrichtungen 15, die ebenfalls zur Verarbeitung digitaler Daten ausgebildet sind. Die dezentralen Verarbeitungseinrichtungen 15 befinden sich an unterschiedlichen Orten, insbesondere entlang des Gleises 3. Die dezentralen Verarbeitungseinrichtungen 15 sind insbesondere örtlich getrennt von der zentralen Recheneinrichtung 13 angeordnet. Die Rechen-Verarbeitungseinrichtungen 14 sind hingegen in einem einzigen Rechenzentrum, insbesondere in demselben Raum, verortet.

[0059] Jede der Verarbeitungseinrichtungen 10c, 11c, 12, 14, 15 weist einen Prozessor zum Ausführen von Rechenoperationen und einen Datenspeicher zum Speichern digitaler Daten auf.

[0060] Die Verarbeitungseinrichtungen 10c, 11c, 12, 14, 15 sind jeweils signalübertragend miteinander verbunden. Zwischen der zentralen Recheneinrichtung 13 und den dezentralen Verarbeitungseinrichtungen 15 sowie zwischen der Kalibrier-Verarbeitungseinrichtung 10c und der Fahrzeug-Verarbeitungseinrichtung 12 besteht jeweils eine kabelgebundene Signalverbindung 16.

Kabelgebundene Signalverbindungen 16 sind in der Fig. 1 als durchgezogene Linien dargestellt. Zwischen der Kalibrier-Verarbeitungseinrichtung 10c, der Reinigungs-Verarbeitungseinrichtung 11c, der Fahrzeug-Verarbeitungseinrichtung 12 und den dezentralen Verarbeitungseinrichtungen 15 besteht eine drahtlose Signalverbindung 17. Drahtlose Signalverbindungen 17 sind in der Fig. 1 durch eine Strich-Punkt-Linie dargestellt.

[0061] Zur Ausbildung der kabelgebundenen und/oder der drahtlosen Signalverbindung 16, 17 weisen die Verarbeitungseinrichtungen 10c, 11c, 12, 14, 15 jeweils eine Kommunikationseinheit 18 auf. Die jeweilige Kommunikationseinheit 18 der Verarbeitungseinrichtungen 10c, 11c, 12 weist eine Funkschnittstelle, insbesondere ein 5G-Funkmodul, zur Ausbildung der drahtlosen Signalverbindung 17 auf. Die Kommunikationseinheiten 18 der Verarbeitungseinrichtungen 10c, 12, 14, 15 weisen jeweils eine Kableschnittstelle, insbesondere eine LAN-Schnittstelle, zur Ausbildung der kabelgebundenen Signalverbindung 16 auf.

[0062] Die jeweilige Verarbeitungseinrichtung 10c, 11c, 12, 14, 15 weist ein Identifikationsmittel 19 zum Bereitstellen einer jeweils eindeutigen Kennung auf. Das Identifikationsmittel 19 ist als Speichermedium ausgebildet, welches mit dem jeweiligen Prozessor der Verarbeitungseinrichtung in Signalverbindung steht und die Kennung als digitale Information aufweist.

[0063] Die über ein Netzwerk miteinander verbundenen Datenspeicher der Verarbeitungseinrichtungen 10c, 11c, 12, 14, 15 bilden zusammen eine verteilte Datenbank 20 zum Speichern von Daten. Mittels der verteilten Datenbank 20 können Daten auf Datenspeichern hinterlegt werden, die an unterschiedlichen, insbesondere voneinander entfernten, Orten betrieben werden. Datensätze können in der verteilten Datenbank 20 verteilt vorliegen, ohne dass die gleiche Information mehrfach vorliegt. Vorzugsweise liegt jeder Datensatz in der verteilten Datenbank 20 aber derart redundant vor, dass sämtliche Daten zumindest zweimalig vorliegen, insbesondere dass diese Daten auf zwei voneinander örtlich getrennten Datenspeichern redundant vorliegen.

[0064] Das auf dem Gleis 3 angeordnete Schienenfahrzeug 5 ist in der Fig. 2 weiter im Detail dargestellt. Das Antriebsaggregat 9a umfasst zwei Antriebsmotoren 21. Das Stopfaggregat 7a der ersten Bearbeitungsvorrichtung 7 umfasst hydraulische Aktoren 22 und Stopfpickel 23. Die Stopf-Erfassungseinrichtung 7b umfasst Lineargeber 24, die zum Erfassen der von den Aktoren 22 geleisteten und auf die Stopfpickel 23 übertragenen Verdichtungsbewegungen ausgebildet sind.

[0065] Die Verdichtungs-Erfassungseinrichtung 9b der Prüfvorrichtung 8 umfasst mit den Stopfpickeln 23 verbundene Vibrationssensoren 25 zum Erfassen von mit dem Verdichtungszustand des Schotterbetts 3a korrelierenden Messwerten. Die Verdichtungs-Erfassungseinrichtung 9b kann einen nicht dargestellten Ultraschall-Sensor zum Erfassen der vertikalen Position der Gleisschwellen 3b relativ zu dem Schotterbett 3a aufweisen.

[0066] Anhand der Fig. 3 sind die von den Erfassungseinrichtungen 7b, 8b, 9b, 10b, 11b erfassten und von den Verarbeitungseinrichtungen 10c, 11c, 12, 14, 15 verarbeiteten Informationen, die in Zusammenhang mit dem Gütezustand der Schienenverkehrsanlage 2 stehen, exemplarisch in einem Flussdiagramm dargestellt. Ein erster Datenblock 26 umfasst eine Prüfsumme 26a eines vorausgehenden Datenblocks, einen ersten Datenheader 26b und mehrere erste Datenpakete 26c. Ein zweiter Datenblock 27 umfasst eine erste Prüfsumme 27a, welche auf dem ersten Datenblock 26 basiert, einen zweiten Datenheader 27b und mehrere zweite Datenpakete 27c. Die erste Prüfsumme 27a ist das Ergebnis eines kryptografischen Berechnungsverfahrens auf Grundlage des ersten Datenblocks 26. Die zweiten Datenpakete 27c umfassen zwei der ersten Datenpakete 26c und zwei neu erstellte Datenpakete 28, 29. Das neu erstellte Datenpaket 28 basiert auf Informationen, die mittels der Erfassungseinrichtung 7b automatisch erfasst wurden und Rückschlüsse auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage 2 geben. Eine zweite Prüfsumme 30 ist das Ergebnis eines kryptografischen Berechnungsverfahrens auf Grundlage des zweiten Datenblocks 27.

[0067] Nachfolgend sind das Verfahren zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage 2 und die Funktionsweise des Systems 1 zum Betreiben der Schienenverkehrsanlage 2 beschrieben:

[0068] Das Schienenfahrzeug 5 wird an dem Gleis 3, insbesondere auf den Schienen 3c, bereitgestellt. Die Kalibriervorrichtung 10 ist an dem Schienenfahrzeug 5 bereitgestellt. Die Kalibrier-
vorrichtung 10, insbesondere die Kalibrier-Verarbeitungseinrichtung 10c, ist über die reversibel
lösbare, kabelgebundene Signalverbindung 16 mit der Fahrzeug-Verarbeitungseinrichtung 12
verbunden. Die Kalibriervorrichtung 10 ist zum reversiblen Anordnen an dem Schienenfahrzeug
5 tragbar ausgebildet.

[0069] An einem anderen Streckenabschnitt des Gleises 3 ist die zweite Bearbeitungsvorrichtung
11 angeordnet.

[0070] Die Verarbeitungseinrichtungen 10c, 11c, 12 stellen über deren jeweilige Kommunikati-
onseinheit 18 die drahtlose Signalverbindung 17 zu mindestens einer der dezentralen Verarbei-
tungseinrichtungen 15 her. Ein Netzwerk ist aufgebaut, in dem die Verarbeitungseinrichtungen
10c, 11c, 12, 14, 15 jeweils einen Netzwerkknoten ausbildet, wobei alle Netzwerkknoten signal-
übertragend miteinander in Verbindung stehen.

[0071] Auf den Datenspeichern der Rechen-Verarbeitungseinrichtungen 14 der zentralen Re-
chenvorrichtung 13 ist der erste Datenblock 26 abgespeichert. Mittels der Rechen-Verarbeitungs-
einrichtungen 14 wird auf Grundlage des ersten Datenblocks 26 die erste Prüfsumme 27 anhand
des kryptografischen Berechnungsverfahrens bestimmt. Die erste Prüfsumme 27 ist ein Hashwert
des ersten Datenblocks 26.

[0072] Der erste Datenheader 26b umfasst einen Zeitstempel hinsichtlich seiner Erstellung, eine
Kennung der Verarbeitungseinrichtung 14, mittels derer der erste Datenblock 26 erstellt wurde
und die Größe des ersten Datenblocks 26, insbesondere den damit verbundenen Speicherbedarf.

[0073] Die ersten Datenpakete 26c umfassen hinsichtlich der Vorrichtungen 8, 9, 10, 11 Informa-
tionen zu deren Herstellung, deren Kalibrierung, deren Funktionalität, deren Lebensdauer, deren
Wartungszustand und deren Betriebskosten. Ferner umfassen die ersten Datenpakete 26c Infor-
mationen hinsichtlich der Schienenverkehrsanlage 2, insbesondere des Gleises 3, der Signalan-
lage 4, des Schienenfahrzeugs 5 und der Bahnhofsanlage 6, insbesondere zu deren Herstellung,
deren Beschaffenheit, insbesondere deren Wartungszustand, deren Funktionalität und deren
Nutzungskosten.

[0074] Ein Auftrag 31 zum Bearbeiten des Gleises 3 mittels der ersten Bearbeitungsvorrichtung
7, insbesondere zum Verdichten des Schotterbetts 3a, wird erteilt. Die Auftragserteilung erfolgt
insbesondere automatisiert, insbesondere anhand der Informationen eines Datenblocks, insbe-
sondere aufgrund von Informationen über den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage 2, ins-
besondere anhand des Wartungszustands des betreffenden Streckenabschnitts des Gleises 3.

[0075] Aufgrund des Bearbeitungsauftrags 31 werden Informationen hinsichtlich des entspre-
chenden Streckenabschnitts des Gleises 3 und hinsichtlich der ersten Bearbeitungsvorrichtung 7
aus dem ersten Datenblock 26 abgerufen. Es erfolgt eine Anfangs-Prüfung 32, ob die erste Be-
arbeitungsvorrichtung 7 zur Durchführung des Bearbeitungsauftrags 31 geeignet ist, insbeson-
dere ob das Schienenfahrzeug 5 zum Befahren des entsprechenden Streckenabschnitts geeignet
und zugelassen ist, ob die erste Bearbeitungsvorrichtung 7 die erforderliche Funktionalität auf-
weist, bzw. ob die erste Bearbeitungsvorrichtung 7 funktionsfähig und kalibriert ist. Eine Freigabe
der ersten Bearbeitungsvorrichtung 7 zum Bearbeiten des Gleises 3 in Abhängigkeit von dem
Ergebnis der Anfangs-Prüfung 32 und die Bearbeitung 33 des Gleises 3 erfolgt, sofern das Über-
prüfungsergebnis deren Zulässigkeit ergibt.

[0076] Das Schotterbett 3a wird mittels der ersten Bearbeitungsvorrichtung 7, insbesondere mit-
tels des Stopfaggregats 7a, verdichtet. Der Bearbeitungsvorgang und -fortschritt wird mittels der
Stopf-Erfassungseinrichtung 7b erfasst. Mittels der Nutzungsvorrichtung 9, insbesondere mittels
des Antriebsaggregats 9a, wird das Schienenfahrzeug 5 entlang der Schienen 3c verlagert. Die
Nutzung des Gleises, insbesondere die über die Oberleitung 3d aufgenommene elektrische Lei-
stung wird von der Fahr-Erfassungseinrichtung 9b erfasst. Mittels der Prüfvorrichtung 8, insbeson-
dere der Verdichtungs-Erfassungseinrichtung 8b, wird das Ergebnis der Bearbeitung 33 automa-
tisch erfasst und aufgezeichnet. Ferner wird die vertikale Position der Gleisschwellen 3b relativ

zu dem Schotterbett 3a erfasst und aufgezeichnet.

[0077] Die bei der Bearbeitung 33, insbesondere mittels der Erfassungseinrichtungen 7b, 8b, 9b, automatisiert erfassten Informationen geben Rückschluss auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage 2. Diese Informationen fließen in das neu erstellte Datenpaket 28 ein. Das neu erstellte Datenpaket 28 umfasst ferner Informationen über den Zeitraum der Bearbeitung 33, die von dem jeweiligen Identifikationsmittel 19 bereitgestellte einzigartige Kennung der jeweiligen Vorrichtung 7, 8, 9 und Informationen über den Betreiber des Schienenfahrzeugs 5, insbesondere der jeweiligen Vorrichtung 8, 9, 10.

[0078] Das neu erstellte Datenpaket 28 wird über die Kommunikationseinheit 18 und die drahtlose Signalverbindung 17 zu einer der dezentralen Verarbeitungseinrichtungen 15 übertragen. Mittels der dezentralen Verarbeitungseinrichtung 15 wird anhand der in dem neu erstellten Datenpaket 28 enthaltenen Informationen im Zuge einer End-Prüfung 34 überprüft, ob das Bearbeitungsergebnis die in dem Bearbeitungsauftrag 31 gestellten Anforderungen erfüllt. Anhand dieses Überprüfungsergebnisses wird das Ergebnis der Bearbeitung 33 als zulässig oder unzulässig bestimmt. Bei einem zulässigen Bearbeitungsergebnis erfolgt die Freigabe 35 des bearbeiteten Streckenabschnitts des Gleises 3. An die Zulässigkeit des Bearbeitungsergebnis kann auch ein automatisiert erstellter Buchhaltungsauftrag geknüpft sein, der die Bezahlung des Betreibers des Schienenfahrzeugs 5 automatisiert, insbesondere gemäß eines in einem Datenblock hinterlegten Vertrags, veranlasst. Bei diesem Buchhaltungsauftrag wird vorzugsweise die Nutzung der Schienenverkehrsanlage 2, insbesondere der Bezug elektrischer Leistung über die Oberleitung 3d berücksichtigt. Insbesondere kann das hierfür anfallende Entgelt dem Betreiber des Schienenfahrzeugs 5 automatisiert in Rechnung gestellt werden. Das neu erstellte Datenpaket 28 wird, insbesondere von dem Bearbeitungsergebnis, über die kabelgebundene Signalverbindung 16 an die zentrale Rechenvorrichtung 13 übermittelt.

[0079] Weitere neu erstellte Datenpakete 29, die beispielsweise Kalibrierdaten umfassen, welche mittels der Kalibrier-Erfassungseinrichtung 10b der Kalibriervorrichtung 10 erfasst wurden oder, welche Bearbeitungsdaten zu einer mittels des Reinigungsaggregats 11a der zweiten Bearbeitungsvorrichtung 11 ausgeführten Bearbeitung der Schienenverkehrsanlage 2 gehören und mittels der Reinigungs-Erfassungseinrichtung 11b erfasst wurden, werden an die jeweilige dezentrale Verarbeitungseinrichtung 15 übermittelt. Über die dezentrale Verarbeitungseinrichtung 15 werden die neu erstellten Datenpakete 29 ebenfalls an die zentrale Rechenvorrichtung 13 übermittelt.

[0080] Mittels der zentralen Rechenvorrichtung 13 wird der zweite Datenblock 27 mit der ersten Prüfsumme 27a, dem zweiten Datenheader 27b und den zweiten Datenpaketen 27c erstellt. Gegenüber dem ersten Datenblock 26 weist der zweite Datenblock 27 zusätzliche, insbesondere aktuelle, Informationen auf, die Rückschlüsse auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage 2 gewähren, sowie die erste Prüfsumme 27a, die auf dem ersten Datenblock 26 basiert.

[0081] Basierend auf den erfassten Informationen werden neue Datenblöcke 27 erstellt mit Prüfsummen 27a, die jeweils auf dem vorangegangenen Datenblock 26 basieren. Das kryptografische Berechnungsverfahren zum Bestimmen der Prüfsumme 26a, 27a ist derart ausgebildet, dass eine Änderung der in dem zugrundeliegenden Datenblock 26, 27 enthaltenen Daten auch zu einer Änderung der Prüfsumme 27a führt. Hierdurch wird zuverlässig gewährleistet, dass eine Änderung der in einem früheren Datenblock 26 gespeicherten Informationen, insbesondere auf Grund von Übermittlungsfehlern oder Manipulationsversuchen, zu einer Änderung der Prüfsumme 27a dieses Datenblocks 26 führen würde. Vorzugsweise erfolgt in bestimmten zeitlichen Abständen eine Überprüfung der Integrität des jeweiligen Datenblocks 26, 27 durch ein erneutes Errechnen der darauf basierenden Prüfsumme 27a und durch Vergleichen dieser neu errechneten Prüfsumme 27a mit der in dem nachfolgenden Datenblock 27 gespeicherten Prüfsumme 27a. Stimmen diese Prüfwerte überein, kann die Integrität des vorangegangenen Datenblocks 26 bestätigt werden.

[0082] Um die Sicherheit gegenüber Datenverlust und/oder Manipulationsversuchen weiter zu erhöhen, ist es vorgesehen, die Datenblöcke 26, 27 redundant auf mehreren, insbesondere ört-

lich getrennt voneinander vorliegenden, Datenspeichern der Verarbeitungseinrichtungen 10c, 11c, 12, 14, 15 zu sichern. Sofern die Überprüfung eines Datenblocks 26, 27 deren Integrität widerlegt, können die korrekten Daten anhand des redundant gespeicherten Datensatzes wiederhergestellt werden.

[0083] Die automatisierte Erfassung von Informationen schafft eine erhöhte Sicherheit dadurch, dass fehlerhafte Daten aufgrund von Falscheingaben eines Benutzers verhindert werden und Manipulationsversuche erschwert werden. Die Aufzeichnung von für den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage 2 ausschlaggebenden Information, insbesondere von Vorrichtungen 7, 8, 9, 10, 11, insbesondere von deren Herstellung über die Zulassung und Kalibrierung bis zur Verwendung an der Schienenverkehrsanlage 2, gewährleistet eine besonders hohe Transparenz hinsichtlich der damit durchgeführten Tätigkeiten. Das Verfahren und das System 1 zum Betreiben der Schienenverkehrsanlage 2 erleichtert zudem das Beschaffen von Informationen, welche Rückschlüsse auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage 2 gewähren. Sie erlauben eine besonders sichere und zuverlässige Handhabung dieser Informationen, gewährleisten, dass die Freigabe von Schienenverkehrsanlagen 2 anhand entsprechend konsistenter und vertrauenswürdiger Informationen erfolgt, fördern die leistungsbezogene Vertragsabwicklung und führen somit zu einem besonders sicheren, robusten und wirtschaftlichen Betrieb der Schienenverkehrsanlage 2.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage (2), umfassend die Schritte:
 - 1.1. automatisiertes Erfassen von Informationen, die Rückschlüsse auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage (2) geben,
 - 1.2. Bereitstellen einer ersten Prüfsumme (27a) eines ersten Datenblocks (26),
 - 1.3. Bestimmen eines zweiten Datenblocks (27) mit der ersten Prüfsumme (27a) und den erfassten Informationen,
 - 1.4. Berechnen einer zweiten Prüfsumme (30) basierend auf dem zweiten Datenblock (27), und
 - 1.5. Überprüfen (32, 34) der Zulässigkeit einer Bearbeitung (33) und/oder einer Prüfung und/oder einer Nutzung der Schienenverkehrsanlage (2) und/oder einer Kalibrierung einer Vorrichtung (7, 8, 9, 11) zum Bestimmen des Gütezustands und/oder zur Einflussnahme auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage (2), durch Auswerten von Informationen des ersten Datenblocks (26).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das automatisierte Erfassen der Informationen mittels mindestens einer Vorrichtung (7, 8, 9, 10, 11) zum Bestimmen des Gütezustands und/oder zur Einflussnahme auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage (2) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das automatisierte Erfassen der Informationen mittels mindestens einer Bearbeitungsvorrichtung (7, 11) zum Bearbeiten der Schienenverkehrsanlage (2) und/oder einer Prüfvorrichtung (8) zum Prüfen der Schienenverkehrsanlage (2) und/oder einer Nutzungsvorrichtung (9) zum Nutzen der Schienenverkehrsanlage (2) und/oder einer Kalibriervorrichtung (10) zum Kalibrieren derartiger Vorrichtungen (7, 8, 9, 11) erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das automatisierte Erfassen von Informationen das automatisierte Erfassen von Bearbeitungsdaten zu einer Bearbeitung (33) der Schienenverkehrsanlage (2) und/oder von Prüfdaten zu einer Prüfung der Schienenverkehrsanlage (2) und/oder von Nutzungsdaten zu einer Nutzung der Schienenverkehrsanlage (2) und/oder von Kalibrierdaten zu einer der Vorrichtungen (7, 8, 9, 11) umfasst.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das automatisierte Erfassen der Bearbeitungsdaten und/oder der Prüfdaten das automatisierte Erfassen einer Kennung einer Vorrichtung (7, 8, 11) und/oder von Informationen über die Zulassung der Vorrichtung (7, 8, 11) und/oder eines Protokolls über die Durchführung und/oder über das Ergebnis der Bearbeitung (33) und/oder über die Prüfung umfasst.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das automatisierte Erfassen der Nutzungsdaten das automatisierte Erfassen einer Kennung eines genutzten Streckenabschnitts und/oder einer Kennung einer Nutzungsvorrichtung (9) und/oder von Informationen über die Zulassung der Nutzungsvorrichtung (9) und/oder von Informationen über eine Nutzungsdauer und/oder von Informationen über die für die Nutzung aufgewandte Energie umfasst.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das automatisierte Erfassen der Kalibrierdaten das automatisierte Erfassen einer Kennung einer Kalibriervorrichtung (10) und/oder von Informationen über die Zulassung der Kalibriervorrichtung (10) und/oder einer Kennung der kalibrierten Vorrichtung (7, 8, 9, 11) und/oder eines Kalibrierergebnisses und/oder einer Kalibrierabweichung und/oder des Kalibrierdatums und/oder von Informationen über die Gültigkeit der Kalibrierung umfasst.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Freigeben (35) der Schienenverkehrsanlage (2) für die Nutzung und/oder Freigeben der Vorrichtung (7, 8, 9, 11) zum Bearbeiten und/oder zum Prüfen und/oder zum Nutzen der Schienenverkehrs-

- lage (2) und/oder Freigeben einer Kalibriervorrichtung (10) zum Kalibrieren einer der Vorrichtungen (7, 8, 9, 11) in Abhängigkeit von dem Überprüfungsergebnis.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Datenblock (27) das Überprüfungsergebnis aufweist.
 10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Erfassen der Informationen auf einer anderen Verarbeitungseinrichtung (10c, 11c, 12, 14, 15) erfolgt, als das Berechnen der zweiten Prüfsumme (30).
 11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Datenblock (27) und/oder die zweite Prüfsumme (30) über eine Netzwerkverbindung (16, 17) übertragen werden.
 12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Überprüfen der Integrität des ersten Datenblocks (26) anhand der ersten Prüfsumme (27a).
 13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** automatisiertes Auslösen von Zahlungen anhand der Informationen.
 14. System (1) zum Betreiben einer Schienenverkehrsanlage (2), aufweisend
 - 14.1. mindestens eine Erfassungseinrichtung (7b, 8b, 9b, 10b, 11b) zum automatisierten Erfassen von Informationen die in Zusammenhang mit dem Gütezustand der Schienenverkehrsanlage (2) stehen,
 - 14.2. mindestens eine Verarbeitungseinrichtung (10c, 11c, 12, 14, 15), die dazu ausgebildet ist,
 - 14.2.1. einen zweiten Datenblock (27) mit einer ersten Prüfsumme (27a) eines ersten Datenblocks (26) und den erfassten Informationen zu bestimmen, und
 - 14.2.2. eine zweite Prüfsumme (30) basierend auf dem zweiten Datenblock (27) zu berechnen, und
 - 14.3. mindestens eine Vorrichtung (7, 8, 9, 10, 11) zum Bestimmen des Gütezustands und/oder zur Einflussnahme auf den Gütezustand der Schienenverkehrsanlage (2),
 - 14.4. wobei die mindestens eine Vorrichtung (7, 8, 9, 10, 11) ein Identifikationsmittel (19) zum Bereitstellen einer eindeutigen Kennung aufweist.
 15. System (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Vorrichtung (7, 8, 9, 10, 11) die Verarbeitungseinrichtung (10c, 11c, 12) aufweist.
 16. System (1) nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Vorrichtung (7, 8, 9, 10, 11) eine Kommunikationseinheit (18) zum drahtlosen Übertragen der Informationen aufweist.
 17. System (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **gekennzeichnet durch** eine verteilte Datenbank (20) zum Speichern von Daten auf mehreren, über ein Netzwerk miteinander verbundenen Datenspeichern.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

1/3

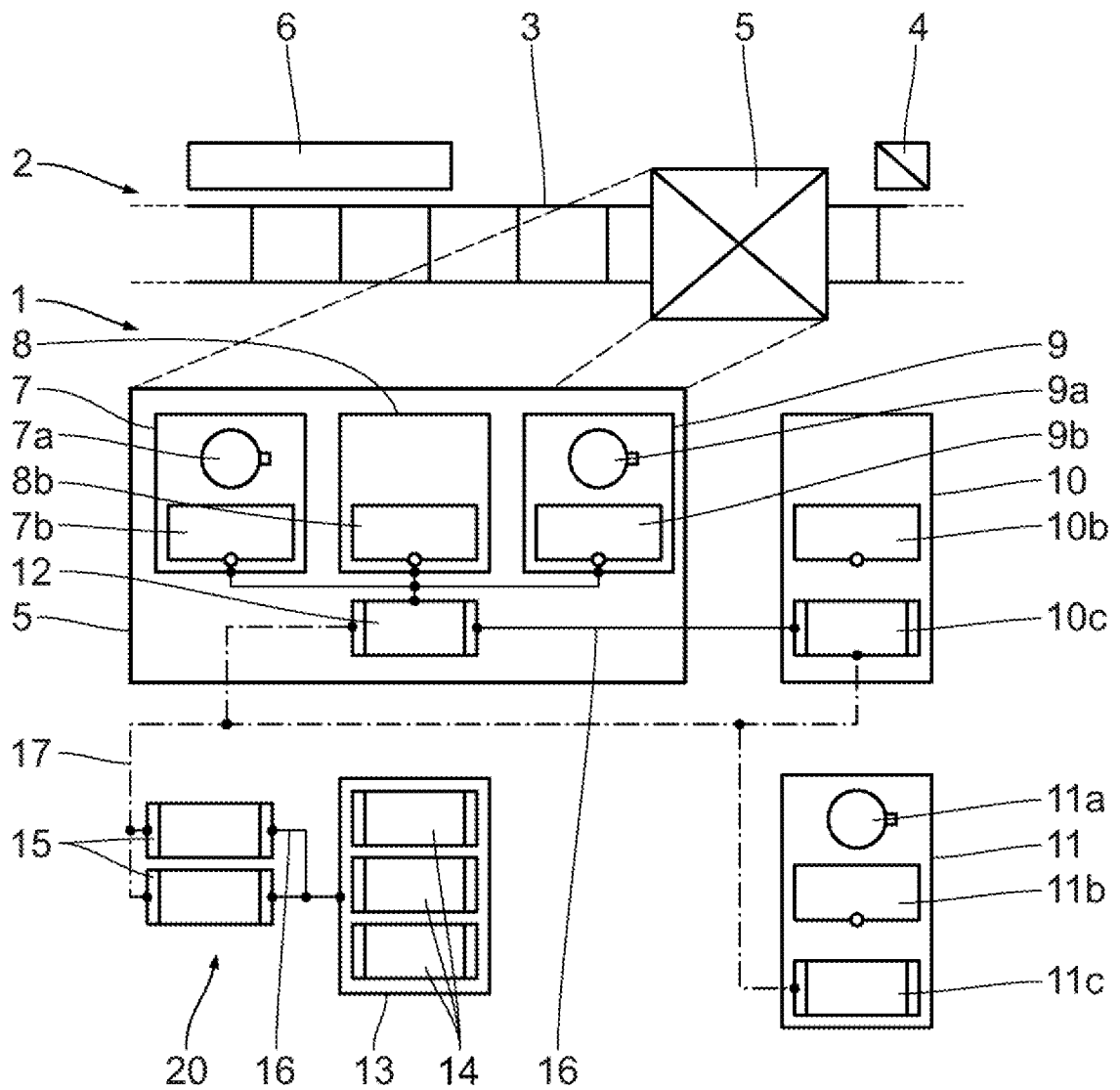


Fig. 1

2/3

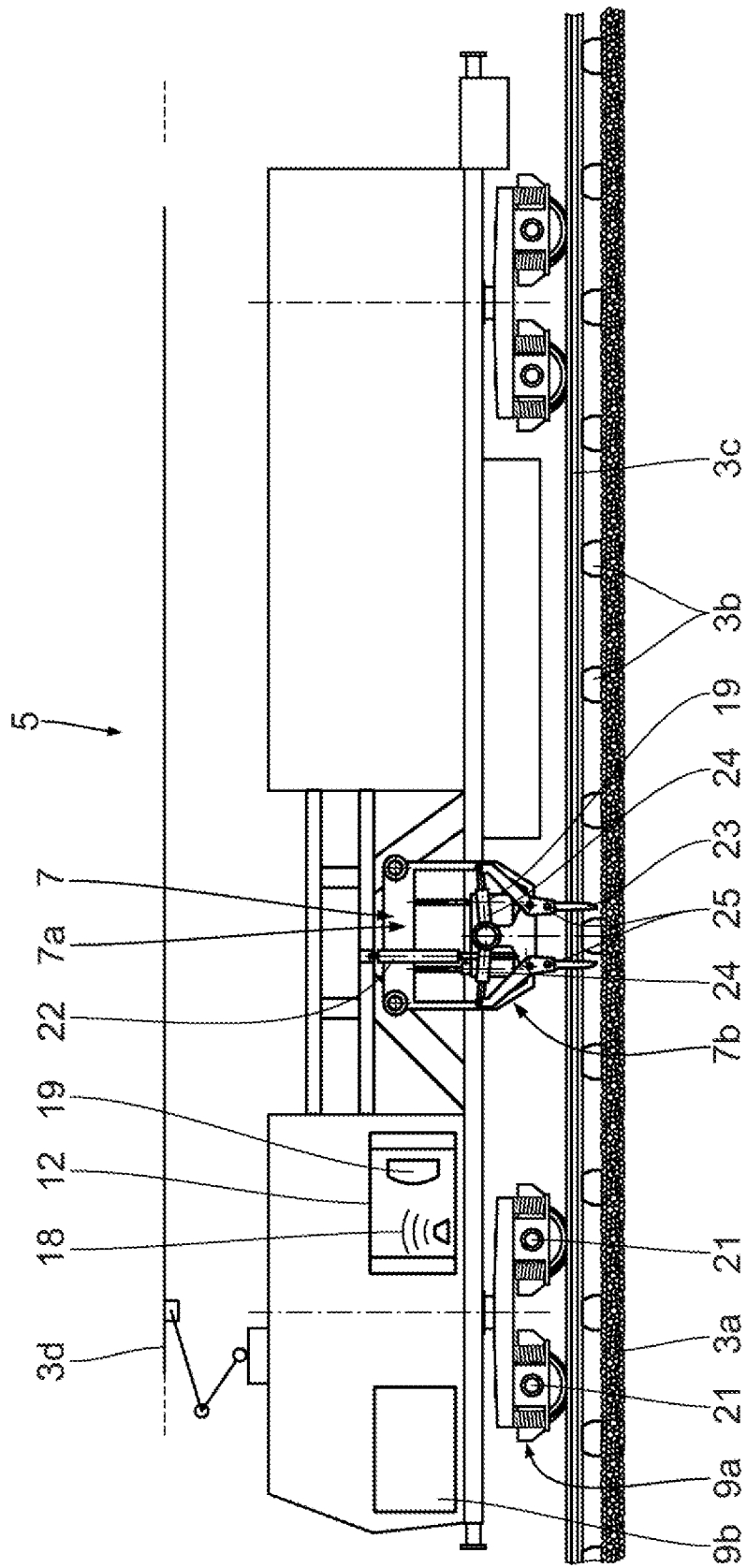


Fig. 2

3/3

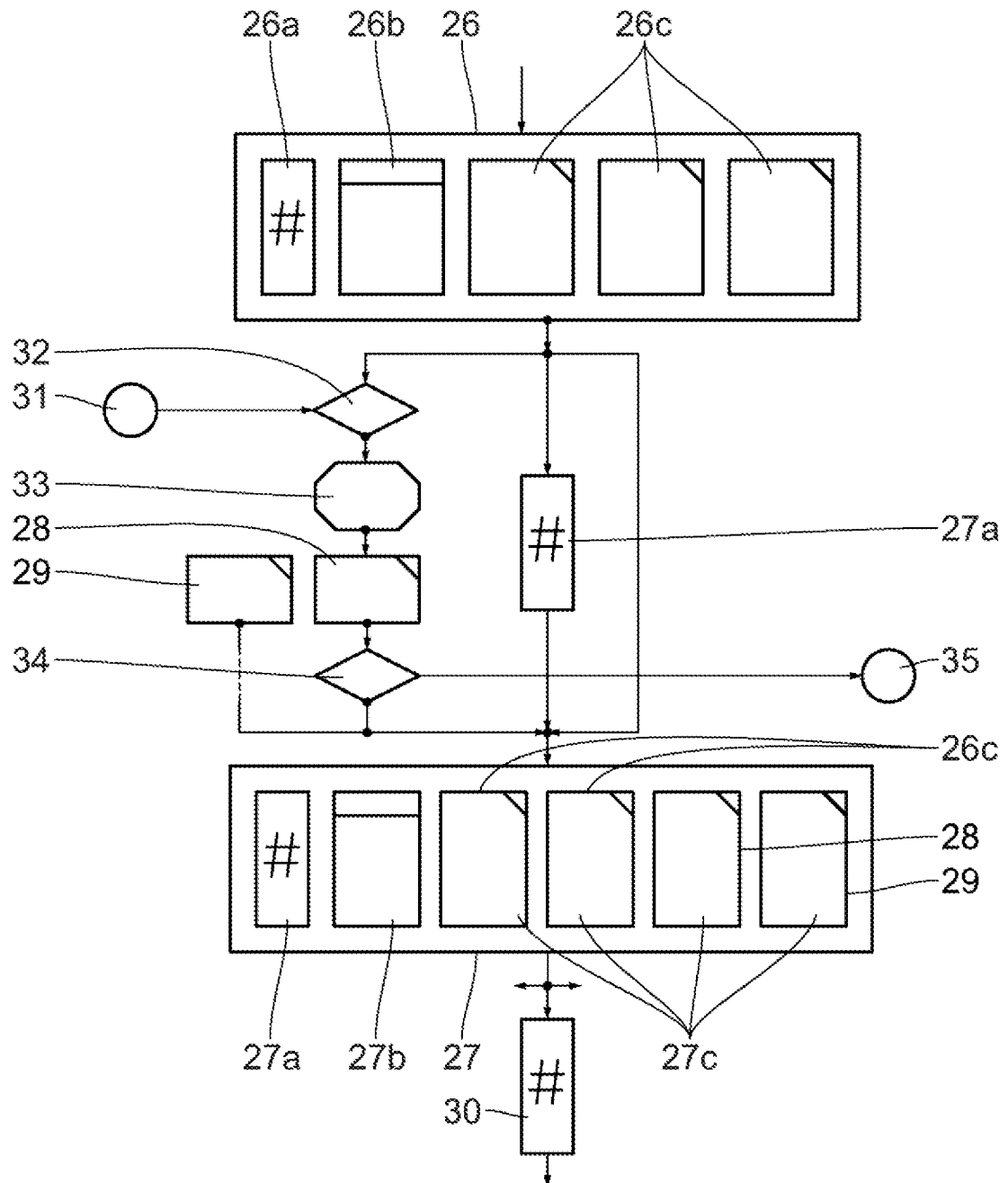


Fig. 3