

(12)

(43) Veröffentlichungstag:

(51) Int Cl.:

(21) Anmeldenummer: **18183556.2**

(22) Anmeldetag: **13.07.2018**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
 PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Schweizerische Bundesbahnen SBB**
3000 Bern (CH)

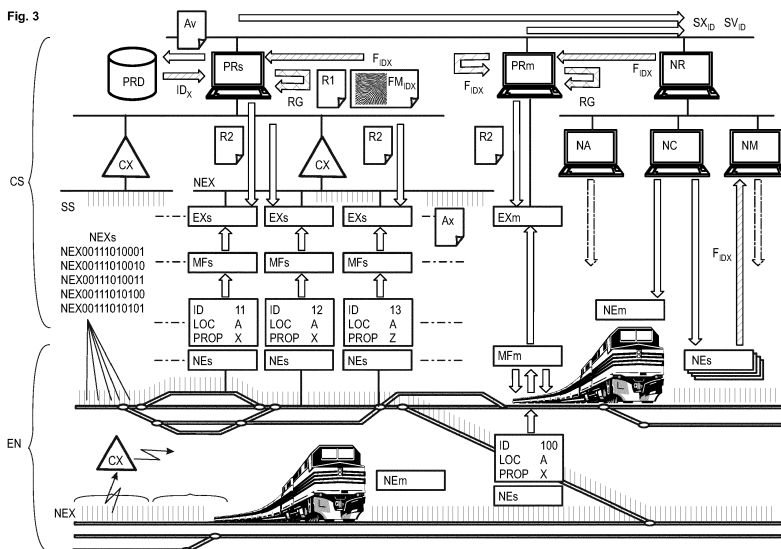
(72) Erfinder: **Schulz, Olaf**
3014 Bern (CH)

(74) Vertreter: **Rutz & Partner**
Alpenstrasse 14
Postfach 7627
6304 Zug (CH)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ÜBERWACHUNG EINES EISENBAHNNETZES UND EISENBAHNNETZ**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen der Überwachung eines Eisenbahnnetzes (EN), welches stationäre Netzeinheiten (NEs), mobile Netzeinheiten (NEm) und eine Überwachungsvorrichtung (CS) mit stationären oder mobilen Messeinrichtungen (MFs; MFm) umfasst, mittels denen Messwerte zumindest einer Messgrösse der zugeordneten stationären Netzeinheiten (NEs) erfasst und zur Auswertung an einen stationären oder mobilen Prozessrechner (PRs; PRm) übertragen werden. Erfindungsgemäss ist vorgesehen, dass von den Messeinrichtungen (MFs; MFm) ermittelte Messwerte einem stationären und/oder mobilen Extraktor (EXs; EXm) zugeführt werden, der aus den Messwerten der zugeordneten stationären und/oder mobilen Mes-

seinrichtung (MFs; MFm) diejenigen extrahiert und selbsttätig oder nach Abfrage weiterleitet, die ausserhalb eines Referenzbereichs liegen oder vorgegebenen Regeln oder Mustern entsprechen, dass jeder stationären Netzeinheit (NEs) eine Identifikationseinheit (ID) zugeordnet ist, in der Identifikationsdaten enthalten sind, die selbsttätig oder nach Abfrage abgegeben werden, und dass die extrahierten Messwerte und die zugehörigen Identifikationsdaten zum stationären oder mobilen Prozessrechner (PRs; PRm) übertragen werden, der die extrahierten Messwerte einer Auswertung unterwirft, um den aktuellen Zustand und/oder einen zukünftig zu erwartenden Zustand der zugehörigen stationären Netzeinheiten (NEs) zu bestimmen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung eines Eisenbahnnetzes sowie ein mit einer solchen Überwachungsvorrichtung ausgerüstetes Eisenbahnnetz.

[0002] Eisenbahnnetze bestehen aus einer extrem hohen Anzahl unterschiedlicher Bauteile und Module bzw. Netzeinheiten, von denen eine relativ geringe Anzahl überwacht wird, um den sicheren Betrieb des Eisenbahnnetzes zu gewährleisten.

[0003] Steuerungsanlagen und Sicherungsanlagen, insbesondere Stellwerkanlagen, sind z.B. in, [1], R. Hämerli, "Die Grundsätze der Sicherungsanlagen für den Eisenbahnbetrieb", Schweizerische Bundesbahnen SBB, Band 1, Februar 1990, und Band 2, November 1982, beschrieben. Weiterhin umfassen Eisenbahnnetze Kommunikationssysteme, wie sie in [2], EP2631152A1, beschrieben sind.

[0004] Für die Überwachung von Fahrwegen werden normalerweise Messfahrzeuge mit Messvorrichtungen eingesetzt. Aus der [3], DE19926164A1, ist ein Messfahrzeug bekannt, bei dem das Schwingungsverhalten einer ersten Fahrzeugkomponente im Frequenzbereich unterhalb von 500 Hz und an einer zweiten Fahrzeugkomponente in einem Frequenzbereich oberhalb von 500 Hz gemessen wird. Die Messwerte werden ausgewertet, um den Zustand des Fahrzeugs oder des Fahrwegs zu bestimmen.

[0005] Messfahrzeuge dieser Art fahren auf dem Messobjekt mit nicht vernachlässigbarer Geschwindigkeit und unterliegen damit einem Interaktionsmodell mit Gleis und Fahrzeug. Jegliche Art der Gleis- und Fahrzeugbeanspruchung geht kumulativ in eine Parameterdarstellung ein. Die Auswertung der komplexen Signale ist daher mit hohem Aufwand verbunden. Die Qualität der Messergebnisse wird zudem dadurch belastet, dass Positionsdaten um mehrere Meter vom tatsächlichen Wert abweichen können. Zudem sind Messobjekt und Messmittel bei jedem Messvorgang anderen Messeinheiten ausgesetzt. Messfahrzeuge sind zudem oft nicht «repräsentativ» für die mobilen Einheiten der Fahrzeugflotte sowie technisch komplexe, fehleranfällige und wartungsintensive Unikate.

[0006] Die [3], WO2014044485A2, offenbart ein weiteres Verfahren zur Diagnose von Komponenten eines Eisenbahnnetzes. Mittels einer ersten Messeinrichtung werden Messwerte zumindest einer Messgröße zur Beschreibung des Betriebszustandes der Streckenkomponente erfasst und drahtlos zu einem Kontrollzentrum übermittelt, welches die ermittelten Daten ausgewertet. Mit einer zweiten Messeinrichtung werden Messwerte ermittelt und zum Kontrollzentrum übertragen, die unabhängig vom Betriebszustand der Streckenkomponenten sind.

[0007] Die beschriebenen Verfahren ermöglichen die Ermittlung von Zustandsdaten für Netzkomponenten. Bei Messfahrten wird das Verhalten der befahrenen Netz-

einheiten gemessen und registriert. Die Messwerte werden mit den jeweiligen Positionsdaten des Messfahrzeugs kombiniert, um in der Folge die Position der Netzeinheiten ermitteln zu können. Wie erwähnt, sind diese Positionsdaten üblicherweise mit einem Fehler behaftet, sodass die Identifikation einer fehlerhaften Netzeinheit oft nicht möglich ist. Für eine statistische Auswertung liefern die bei Messfahrten gewonnenen Daten üblicherweise keine genügende Grundlage.

[0008] Vereinzelt eingesetzte stationäre Messeinheiten erzeugen hingegen grössere Datenmengen, deren zentrale Verarbeitung einen hohen zeitlichen Aufwand erfordert.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zur Überwachung eines Eisenbahnnetzes sowie ein verbessertes Eisenbahnnetz zu schaffen, das mit einer solchen Überwachungsvorrichtung vorteilhaft überwacht werden kann.

[0010] Das erfindungsgemässe Verfahren und die Vorrichtung sollen es erlauben, Zustandsdaten und Zustandsprognosen für das Eisenbahnnetz mit reduziertem Arbeitsaufwand sowie mit reduziertem Zeitaufwand zu gewinnen.

[0011] Das Eisenbahnnetz soll präzise abgebildet und detailliert überwacht werden können. Die Lokalisierung von Fehlern und Mängeln soll exakt möglich sein.

[0012] Selbst bei hohem Überwachungsgrad sollen Belastungen durch hohe Datenmengen vermieden werden, ohne dass relevante Informationen verloren gehen.

[0013] Anhand des erfindungsgemässen Verfahrens sollen Informationen sowohl zum aktuellen Zustand als auch zum zukünftigen zu erwartenden Zustand des Eisenbahnnetzes und dessen Netzeinheiten ermittelt werden können.

[0014] Die Überwachungsvorrichtung soll ferner selbstlernend sein, sodass das Verfahren während des Betriebs des Eisenbahnnetzes selbsttätig optimiert wird und der aktuelle Zustand sowie der zu erwartende zukünftige Zustand von Netzeinheiten jeweils in kürzerer Zeit und mit höherer Präzision bestimmt werden können.

[0015] Die ermittelten Zustandsdaten sollen es erlauben, Wartung und Unterhalt, gegebenenfalls auch die Steuerung des Eisenbahnnetzes sowie die Betriebssicherheit zu optimieren.

[0016] Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren und einer Vorrichtung sowie einem Eisenbahnnetz gelöst, welche die in Anspruch 1, 11 und 15 angegebenen Merkmale aufweisen. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in weiteren Ansprüchen angegeben.

[0017] Das Verfahren und die Vorrichtung dienen der Überwachung eines Eisenbahnnetzes, welches stationäre Netzeinheiten, mobile Netzeinheiten und eine Überwachungsvorrichtung mit stationären oder mobilen Messeinrichtungen umfasst, mittels denen Messwerte zumindest einer Messgröße der zugeordneten stationären Netzeinheiten erfasst und zur Auswertung an einen stationären oder mobilen Prozessrechner übertragen wer-

den.

[0018] Erfindungsgemäss ist vorgesehen, dass von den Messeinrichtungen ermittelte Messwerte einem stationären und/oder mobilen Extraktor zugeführt werden, der aus den Messwerten der zugeordneten stationären und/oder mobilen Messeinrichtung diejenigen extrahiert und selbsttätig oder nach Abfrage weiterleitet, die ausserhalb eines Referenzbereichs liegen oder vorgegebenen Regeln oder Mustern entsprechen, dass jeder stationären Netzeinheit eine Identifikationseinheit zugeordnet ist, in der Identifikationsdaten enthalten sind, die selbsttätig oder nach Abfrage abgegeben werden, und dass die extrahierten Messwerte und die zugehörigen Identifikationsdaten zum stationären oder mobilen Prozessrechner übertragen werden, der die extrahierten Messwerte einer Auswertung unterwirft, um den aktuellen Zustand und/oder einen zukünftig zu erwartenden Zustand der zugehörigen stationären Netzeinheiten zu bestimmen.

[0019] Stationäre Netzeinheiten, die mit einer Identifikationseinheit ausgerüstet eine erweiterte stationäre Netzeinheit bilden, sind Netzkomponenten, wie Schwellen, Schienen, Weichen, Signalisierungsmodule, Sicherungsmodule oder weitere Elemente der Eisenbahninfrastruktur. Vorzugsweise werden alle Netzeinheiten, die einem Verschleiss unterliegen und/oder gegebenenfalls ausfallen können, mittels Messeinrichtungen überwacht. Ein bestehendes Eisenbahnnetz kann schrittweise in ein erfindungsgemässes Eisenbahnnetz transformiert werden. Das Verfahren zur Überwachung des Eisenbahnnetzes kann daher ebenfalls schrittweise implementiert werden. Nach der teilweisen oder vollständigen Transformation eines bestehenden Eisenbahnnetzes oder nach dem Aufbau eines neuen erfindungsgemässen Eisenbahnnetzes werden Identifikationsdaten und Messdaten für die betreffenden erweiterten stationären Netzeinheiten erfasst und an einen zentralisierten Prozessrechner übermittelt, welcher in Abhängigkeit der ermittelten Daten den Zustand der stationären Netzeinheiten oder von Netzabschnitten, die eine Gruppe von Netzeinheiten umfassen, ermittelt. Anstelle eines zentralisierten Prozessrechners können auch mehrere Prozessrechner vorgesehen sein, die verschiedene Analyseaufgaben übernehmen.

[0020] In Abhängigkeit des ermittelten Zustandes von Netzeinheiten oder Netzabschnitten können gegebenenfalls notwendige Massnahmen eingeleitet werden. Diese Massnahmen können, insbesondere bei Ausfall oder ernsthafte Beschädigung von Netzeinheiten den unmittelbaren Eingriff in das Eisenbahnnetz betreffen. Sofern z.B. erhebliche Mängel in einem Streckenabschnitt festgestellt wurden, kann die Sperrung dieses Streckenabschnitts mit entsprechender Einwirkung auf die Stellwerke und die Signalisierung veranlasst werden.

[0021] Sofern hingegen Mängel aufgetreten sind, die keinen unmittelbaren Eingriff erfordern, so werden entsprechende Informationen vorzugsweise an einen Rechner für Wartung und Unterhalt übertragen. Der Wartungs-

rechner kann in der Folge entsprechende Mängel registrieren und Wartungsarbeiten festlegen. Routinemässige Wartungsarbeiten können daher bedarfsweise vorgezogen oder auch zurück verschoben werden, falls ein einwandfreier Zustand von Streckenabschnitten gemeldet wird.

[0022] Veränderungen des Eisenbahnnetzes können auch an einen Rechner für administrative Aufgaben übermittelt werden. Beispielsweise können aufgrund von Zustandsmeldungen von Streckenabschnitten Fahrplanänderungen vorgesehen werden, welche die Belastung des Eisenbahnnetzes entsprechend verändern. Z.B. wird schweren Fahrzeugen das passieren der geschädigten Strecke untersagt. Beispielsweise werden Güterzüge umgeleitet.

[0023] Der Aufbau eines erfindungsgemässen Eisenbahnnetzes bzw. einer erfindungsgemässen Überwachungsvorrichtung ist mit geringem Aufwand verbunden. Netzeinheiten, passive und aktive Module des Eisenbahnnetzes, können mit geringem Aufwand mit Identifikationseinheiten oder mit Identifikationseinheiten und Messeinrichtungen oder mit Identifikationseinheiten, Messeinrichtungen und Extraktoren versehen werden. Bei der Fertigung der Netzeinheiten können die Identifikationseinheiten, Messeinrichtungen und gegebenenfalls Extraktoren sowie allfällige Prozessoreinheiten oder Mikrocontroller in dafür vorgesehene Ausnehmungen eingesetzt werden. Der Herstellungsaufwand bleibt praktisch gleich während sich die Kosten der Netzeinheit minimal um die Kosten der eingebauten elektronischen Einheiten erhöhen. Die elektrischen oder elektronischen Einheiten können einzeln oder gemeinsam von einem Prozessor verwaltet und/oder gesteuert werden sowie einzeln oder gemeinsam mit einer Kommunikationseinheit versehen sein, die es erlaubt, ermittelte Daten und Signale, insbesondere Identifikationsdaten und Messwerte drahtgebunden oder drahtlos an eine übergeordnete Datenverarbeitungseinheit, z.B. direkt oder bevorzugt über einen stationären Konzentrator an einen Prozessrechner zu senden.

[0024] Die Netzeinheit mit den mechanisch damit gekoppelten elektronischen Einheiten, zumindest einer Identifikationseinheit, vorzugsweise ergänzt durch wenigstens eine Messeinrichtung, weiter bevorzugt ergänzt durch einen Extraktor, bilden erweiterte stationäre Einheiten, die in verschiedenen Ausgestaltungen vorliegen können. Die elektronischen Einheiten untereinander können durch Kabel oder drahtlose Kommunikationsschnittstellen miteinander verbunden sein. Zur Sammlung der Informationen und Daten erfolgt vorzugsweise eine drahtlose unidirektionale oder bidirektionale Datenverbindung der stationären Netzeinheiten bzw. der erweiterten stationären Netzeinheiten mit Konzentratoren, welche die übermittelten Daten von ihnen zugeordneten Netzeinheiten sammeln und direkt oder indirekt zu einem Prozessrechner übertragen.

[0025] Konzentratoren können dabei einer bestimmten Gruppe von gleichartigen oder nicht gleichartigen

Netzeinheiten zugeordnet sein. Vorzugsweise sind die Konzentratoren zum dynamischen Aufbau von Netzwerken geeignet, an die eine Vielzahl von erweiterten Netzeinheiten ankopplbar ist. Diese Ankopplung erfolgt vorzugsweise automatisch z.B. nach Salutations-Prozeduren, wie sie für das Bluetooth-System entwickelt wurden. D. h., die erweiterten Netzeinheiten und der zugehörige Konzentrador bilden ein ad hoc Netzwerk, welches ermittelte Daten konzentriert zum zentralisierten Prozessrechner übermittelt.

[0026] Vorzugsweise wird auch der Zustand der Konzentratoren erfasst und im Prozessrechner oder einem Wartungsrechner überwacht, damit sichergestellt ist, dass die einwandfreie Funktion und eine genügende Kapazität der Konzentratoren stets gewährleistet sind.

[0027] Die Konzentratoren sind vorzugsweise steuerbar, sodass Daten selektiv übermittelt werden. Z.B. kann eine Gruppe von erweiterten Netzeinheiten vollständig unterdrückt werden, um Ressourcen für die Untersuchung einer weiteren Gruppe von Netzeinheiten freizugeben. Weiter kann vorgesehen werden, dass die erweiterten Netzeinheiten ihre Identifikation unabhängig von ihrem Zustand und den entsprechenden Messwerten zum Prozessrechner übertragen können. Auf diese Weise gelingt es, das Eisenbahnnetz bzw. dessen Netzeinheiten unabhängig vom aktuellen Zustand abzubilden. Nachdem ein solches vollständiges Abbild erstellt ist, können darin, z.B. auf einer ersten Ebene, die aktuellen Zustände der erweiterten Netzeinheiten und, z.B. auf einer zweiten Ebene die zukünftig zu erwartenden Zustände der Netzeinheiten angezeigt werden.

[0028] Das erfindungsgemäße Eisenbahnnetz weist daher praktisch ein bis in die Peripherie des Netzes verlaufendes Nervensystem auf, welches Rückmeldungen von allen erschlossenen bzw. erweiterten Netzeinheiten praktisch ohne Verzögerung liefert. Dieses "Nervensystem" liefert eine enorme Menge von Informationen, die mit Datenverarbeitungsmitteln nur mit hohem Aufwand ausgewertet werden können. Der Erfindung liegt hingegen der Gedanke zugrunde, dass der weit überwiegende Teil dieser Informationen, die zwangsläufig auftreten und den Normalzustand des Eisenbahnnetzes widerspiegeln, nicht von Interesse ist. Erfindungsgemäss werden daher mittels Extraktoren Messwerte, die von einem Normalzustand abweichen, extrahiert und einer nachgeschalteten Stufe zur Verarbeitung zugeführt. Auf diese Weise gelingt es, "pathologisches" Systemverhalten zu erkennen und mit maximaler Ökonomie punktuell in das System einzugreifen, falls dies erforderlich ist. Mittels des erfindungsgemässen Verfahrens wird somit der "Krankheitsverlauf" einer identifizierten Netzeinheit oder einer Gruppe von Netzeinheiten aufgezeichnet. Daten, die den Normalzustand des Eisenbahnnetzes beschreiben, werden hingegen vernachlässigt.

[0029] Die erweiterten Netzeinheiten können eigene Energieversorgungsvorrichtungen z.B. mit Solarzellen oder Piezoelementen umfassen oder fremdgespeist sein. Besonders vorteilhaft ist der Einsatz von Piezoele-

menten, die während des Betriebs des Eisenbahnnetzes mechanischen Einwirkungen unterworfen werden und entsprechende Spannungen abgeben, die z.B. zur Ladung eines Speicherkondensators oder eines Akkumulators verwendet werden.

[0030] Vorzugsweise werden Verfahren zur Energieeinsparung eingesetzt. Beispielsweise werden die erweiterten Netzeinheiten bei Vorliegen eines Ereignisses, z.B. bei der Durchfahrt eines Zuges aktiviert, so dass Energie nur innerhalb kurzer Perioden verbraucht wird. Z.B. wird ein Mikrocontroller eingesetzt, der im Betriebszustand einen minimalen Stromverbrauch von vorzugsweise $< 100 \mu\text{A}$, im Ruhezustand einen praktisch vernachlässigbaren Stromverbrauch von vorzugsweise $< 500\text{nA}$, kurze Verzögerungszeiten beim Übergang vom Ruhezustand in den Betriebszustand (vorzugsweise $< 1 \mu\text{s}$); und alle wesentlichen Funktionen zur Signalverarbeitung aufweist. Z.B. werden Mikrocontroller verwendet, wie sie in der Dokumentation "MSP Low-Power Microcontrollers" von Texas Instruments Incorporated aus dem Jahre 2015 beschrieben sind.

[0031] Im Betriebszustand und vorzugsweise bei Vorliegen eines relevanten Ereignisses, gegebenenfalls nach einer Abfrage, werden von den erweiterten Netzeinheiten Identifikationsdaten abgegeben. Die Identifikationsdaten können, vergleichbar mit der Identifikationsnummer IMEI für Mobiltelefone, eine netzweit eindeutige Identifikationsnummer aufweisen. Zusätzlich zu den Identifikationsdaten sind vorzugsweise die Koordinaten und/oder die Funktionalitäten der zugehörigen Netzeinheit in einem flüchtigen oder nicht-flüchtigen Speicher (RAM/ROM) abgelegt. Anhand dieser Daten kann das Eisenbahnnetz mit den Netzeinheiten und deren Positionen und Funktionalitäten präzise abgebildet werden. Die erweiterten stationären Netzeinheiten, die vorzugsweise mit einem Prozessor oder Micro Controller und Kommunikationsmitteln versehen sind, werden vorzugsweise bei der Fertigung oder der Installation vor Ort programmiert.

[0032] Mittels der Messeinrichtungen können beliebige statische Zustandsdaten zu zeitlich nicht oder nur langsam ändernden Eigenschaften und/oder Zuständen der Netzeinheiten und dynamische Zustandsdaten zu rasch ändernden Eigenschaften und/oder Zuständen der Netzeinheiten ermittelt werden. Z.B. wird das Schwingungsverhalten einer Netzeinheit bei Eintreten eines relevanten Ereignisses ermittelt. Die Berücksichtigung weiterer Messdaten, wie der Temperatur oder des Feuchtigkeitsgehalt tragender Elemente, erlaubt eine präzisere Zustandsbeschreibung, da Schwingungsamplituden und Frequenzen in Abhängigkeit der vorherrschenden Temperatur ändern können.

[0033] Die Messeinrichtungen können den Netzeinheiten permanent oder nur temporär zugeordnet sein. Dabei sind beliebige Messeinrichtungen, wie Beschleunigungssensoren, Biegesensoren, Dehnungssensoren, Temperatursensoren, und dergleichen einsetzbar.

[0034] Unabhängig von der Energieversorgung kön-

nen Messwerte ebenfalls nur in Zeiträumen erfasst und ausgesendet werden, in denen ein relevantes Ereignis vorliegt. Auch in diesem Fall kann ein Prozessor oder Micro Controller z.B. bei Annäherung eines Zuges aus einem Ruhezustand in einen Betriebszustand versetzt werden.

[0035] In weiteren vorzugsweisen Ausgestaltungen wird die Art des Ereignisses identifiziert und im Prozessrechner bei der Signalauswertung berücksichtigt. Eine Identifikation ist z.B. anhand von Fahrplandaten in einfacher Weise möglich. Dabei kann nicht nur das Ereignis, sondern auch jedes der Fahrzeuge identifiziert werden, welches auf die Netzeinheiten eingewirkt hat. Z.B. prüft der Prozessrechner anhand von Fahrplandaten, ob ein leichter Personenzug oder ein schwer beladener Güterzug das betreffende Ereignis ausgelöst hat. Die entsprechenden Parameter werden bei der Analyse der Messwerte entsprechend berücksichtigt.

[0036] Es wurde ausgeführt, dass mittels des erfindungsgemässen Verfahrens der "Krankheitsverlauf" einer identifizierten Netzeinheit oder einer Gruppe von Netzeinheiten erfasst wird, was mit verschiedenen Vorteilen verbunden ist. Anstelle der Auswertung aller möglicherweise im Eisenbahnnetz auftretenden Daten wird die Auswertung auf Daten beschränkt, die ein auffälliges Verhalten von Netzeinheiten zeigen. D.h., es wird geprüft, ob Symptome einer Krankheit oder einer Anomalie vorliegen, die zu Einschränkungen der Funktionalität oder der Einsatzfähigkeit der Netzeinheiten führen kann. Diese Auffälligkeiten und/oder Symptome können anhand von zuvor gespeicherten Daten detektiert werden.

[0037] Mit den stationären und/oder mobilen Extraktoren wird geprüft, ob Messwerte vorliegen, die derartige Symptome zeigen. Dazu wird geprüft, ob die Messwerte ausserhalb eines Referenzbereichs liegen oder Regeln oder Mustern entsprechen, die ein auffälliges Verhalten definieren. Derartige Messwerte werden in der Folge extrahiert, d. h. zur Weiterverarbeitung weitergeleitet, während unkritische Signale vorzugsweise nicht weiter berücksichtigt werden, um Ressourcen einzusparen. Die Extraktoren sind vorzugsweise steuerbar, sodass wahlweise unterschiedliche Extraktionskriterien zur Anwendung gelangen. Z.B. wird die Temperatur der Gleisanlagen gemessen, wonach den Temperaturen angepasste Regeln oder Muster in den Extraktoren aktiviert werden. Die Extraktoren sind vorzugsweise auch derart steuerbar, dass Messdaten selektiv abgefragt werden können, auch wenn diese innerhalb des Referenzbereichs liegen.

[0038] Besonders interessant sind Messwerte, die zu Schwingungen der Netzeinheiten korrespondieren und z.B. während der Durchfahrt eines Zuges auftreten. Wie erwähnt, können diese Schwingungen durch stationäre oder mobile Messeinrichtungen erfasst werden. Sofern mobile Messeinrichtungen verwendet werden, so werden diese ebenfalls mit den parallel abgefragten Identifikationsdaten verknüpft. Auch bei der Ermittlung von Messdaten mittels eines Messwagens können die Netzeinheiten somit präzise lokalisiert werden.

[0039] Messwerte, die Schwingungen der Netzeinheiten repräsentieren, können unterschiedlichen Prüfverfahren unterworfen werden. Der Referenzbereich kann z.B. Schwellenwerte oder Hüllkurven für Schwingungsamplituden definieren. Dabei können maximale Schwingungsamplituden selektiv für bestimmte Frequenzen festgelegt werden. Die Mustererkennung kann mittels Verfahren durchgeführt werden, die in [5], Heinrich Niemann, "Klassifikation von Mustern", Springer Verlag 2003, beschrieben sind. Messwerte können z.B. der Fourier-Transformation (FFT) unterworfen werden, um die einzelnen Frequenzen und deren Intensitäten des empfangenen Signalgemischs zu ermitteln. In bevorzugten Ausgestaltungen wird das Leistungsdichtespektrum (LDS) (engl.: Power-Spectral-Density (PSD)) ermittelt, welches die auf die Frequenz bezogene Leistung eines Signals in einem infinitesimalen Frequenzband angibt. Durch Vergleich des ermittelten Leistungsdichtespektrums mit bekannten Leistungsdichtespektralen kann somit der Zustand der überwachten stationären Netzeinheit NE ermittelt werden.

[0040] Zur Ermittlung des aktuellen Zustandes sowie zur Vorhersage des Zustandes von Netzeinheiten und Netzabschnitten stehen Verfahren zur Verfügung, die z.B. in [5], [6], J. Scott Armstrong, Principles of Forecasting, London 2002, und [7], P. Mertens, S. Rässler, Prognoserechnung, Kapitel 2, Michael Schröder, Einführung in die kurzfristige Zeitreihenprognose und Vergleich der einzelnen Verfahren, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2012, beschrieben sind.

[0041] Beispielsweise werden in diskreten Zeitabständen vorliegende extrahierte Messwerte für einzelne stationäre Netzeinheiten oder für Gruppen gleicher oder unterschiedlicher stationärer Netzeinheiten anhand von Regeln und/oder Mustern und/oder aktuell ermittelter Vergleichswerte, insbesondere aktuell ermittelter Vergleichswerte gleichartiger benachbarter stationärer Netzeinheiten geprüft, um für die Netzeinheiten Zustandsdaten zu ermitteln. Dabei generiert die Überwachungsvorrichtung selbst stets neue Informationen, die für die zukünftige Prüfung von Netzeinheiten verwendbar sind.

[0042] Das Verfahren zur Auswertung der extrahierten Messwerte verwendet vorzugsweise eine regelbasierte Vorhersage, wie sie in [6], Kapitel 9, beschrieben ist. Die regelbasierte Vorhersage basiert vorzugsweise auf der Extrapolation von Zeitreihen, die für die überwachten Netzeinheiten ermittelt wurden. Ergänzend wird laufend Expertenwissen automatisch ermittelt und bei der Auswertung der Signale berücksichtigt. Sofern beispielsweise aus dem Wartungsrechner der Ausfall einer Netzeinheit gemeldet wird, kann der Prozessrechner für diese Netzeinheit die zuletzt erfasste Zeitreihe ermitteln und diese in Zukunft als Muster verwenden, welches zumindest als Indikator für den baldigen Ausfall einer weiteren entsprechenden Netzeinheit verwendbar ist. Sofern der Prozessrechner selbst den Ausfall einer Netzeinheit detektiert, kann er eine vor dem Ausfall erstellte Zeitreihe

ebenfalls als Muster für die zukünftige Fehlererkennung verwenden. Die Überwachungsvorrichtung akkumuliert daher stets Wissen zu den Netzeinheiten des Eisenbahnsystems und kann dieses somit immer schneller und mit höherer Präzision überwachen und Daten für die Wartung und den Unterhalt liefern. Ferner können auch Informationen als Prüfkriterien verwendet werden, welche der Hersteller oder der Anwender der Netzeinheiten bei Laborversuchen ermittelt hat. Wartungshinweise müssen daher nicht an das Personal übermittelt werden, welches die Netzeinheiten vor Ort mit grossem Aufwand prüfen müsste, sondern können zentral implementiert werden, um die betreffenden Netzeinheiten zu prüfen.

[0043] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen Teil eines Eisenbahnnetzes EN mit stationären Netzeinheiten NEs und einer auf dem Eisenbahnnetz EN verkehrenden mobilen Netzeinheit NEm sowie einer Überwachungsvorrichtung CS, mittels der das Eisenbahnnetz EN überwacht wird;

Fig. 2 ein Eisenbahnnetz EN mit stationären Netzeinheiten NEs, in dem eine erfindungsgemässe Überwachungsvorrichtung CS implementiert ist; und

Fig. 3 das Eisenbahnnetz EN von Fig. 2 in einer weiteren Darstellung.

[0044] Fig. 1 zeigt einen Teil bzw. eine Fahrstrasse eines Eisenbahnnetzes EN mit stationären Netzeinheiten NEs und einer auf dem Eisenbahnnetz EN verkehrenden mobilen Netzeinheit NEm sowie einer Überwachungsvorrichtung CS, mittels der das Eisenbahnnetz EN überwacht wird.

[0045] Die Überwachungsvorrichtung umfasst Identifikationseinheiten ID, die je einer der stationären Netzeinheiten NEs zugeordnet sind und zumindest die Identifikationsdaten der zugeordneten stationären Netzeinheit NEs enthalten. Den exemplarisch gezeigten Netzeinheiten NEs sind die Identitäten "0", "1", "2", "3", zugeordnet. Die Kombination einer Netzeinheit NEs und der zugehörigen Identifikationseinheit ID sowie gegebenenfalls weiterer Module, wie einer stationären Messeinrichtung MFs und eines stationären Extraktors EXs, wird nachstehend als erweiterte stationäre Netzeinheit NEX bezeichnet. Erweiterte stationäre Netzeinheiten NEX können aktiv oder passiv, intelligent oder nicht-intelligent sein. Aktive Netzeinheiten NEX senden Informationen permanent oder sporadisch aus und haben demnach die Funktionalität einer Bake, die drahtlos Signale aussendet. Passive erweiterte stationäre Netzeinheiten NEX sind typischerweise Transponder, die Abfragesignale empfangen und Antwortsignale aussenden. In der RFID-Technologie dienen Abfragesignale oft auch der Stromversorgung der Transponder. Intelligente Netzeinheiten

NEs sind zudem mit einem Prozessor oder Mikrocontroller ausgerüstet, mittels dessen z.B. die Messwerterfassung, die vor Verarbeitung der Messwerte und die Kommunikationsvorrichtungen steuerbar sind.

5 **[0046]** Fig. 1 zeigt ferner, dass die Identifikationseinheiten ID vorzugsweise einen Speicher aufweisen, in dem Ortsdaten LOC bzw. die Koordinaten K0, ..., K3 der stationären Netzeinheiten NEs abgelegt sind.

10 **[0047]** Ferner sind Kenndaten PROP der stationären Netzeinheiten NEs abgelegt, welche die Spezifikationen und Funktionalitäten der stationären Netzeinheiten NEs beschreiben. Die Variablen X, Y, Z beschreiben z.B. den Typ der stationären Netzeinheit NEs, z.B. eine Weiche, eine Schiene oder eine Schwelle. Vorzugsweise sind erweiterte stationäre Netzeinheiten NEX lückenlos vorgesehen.

15 **[0048]** Weiterhin sind stationäre Messeinrichtungen MFs vorgesehen, die statische oder dynamische physikalische oder chemische Zustände der permanent zugeordneten stationären Netzeinheiten NEs erfassen und dazu selbsttätig oder nach Abfrage korrespondierende Messwerte abgeben. Statische Zustände sind Zustände, die für den Zeitraum der Signalabtastung praktisch konstant sind, wie die Temperatur der stationären Netzeinheiten NEs. Dynamische Zustände sind Zustände, in denen die stationären Netzeinheiten NEs eine sich zeitlich verändernde Antwort auf eine äussere Einwirkung liefern. Eine Netzeinheit NEs, z.B. eine Schiene, zeigt nach einer Überfahrt oft Schwingungen, die langsam abklingen. Zustände dieser Art sind physikalische Zustände. Der chemische Zustand einer Netzeinheit NEs kann mittels chemischer Messeinrichtungen ermittelt werden, die z.B. zur Messung von Feuchtigkeit und pH-Werten geeignet sind. Sofern Feuchtigkeitswerte und pH-Werte gewisse Werte überschreiten, ist mit Beschädigungen zu der stationären Netzeinheiten NEs rechnen. Stationäre Netzeinheiten NEs können dabei nicht nur unmittelbar befahrene Fahrstrassen, sondern auch den stützenden Untergrund betreffen, der von äusseren Einflüssen erheblich beeinflusst werden kann.

30 **[0049]** Dynamisches Zustandsverhalten, wie das Schwingungsverhalten von Netzeinheiten NEs, können auch von einer mobilen Messeinrichtung MFm, die auf einer mobilen Netzeinheit NEm bzw. einem Schienenfahrzeug angeordnet ist, gemessen werden.

35 **[0050]** Aufgrund der Vielzahl von stationären Netzeinheiten NEs, von denen einfache statische und komplexe dynamische Zustände erfasst werden, werden im erfindungsgemässen Eisenbahnnetz EN enorm viele Daten und Signale erzeugt, die mit angemessenem Aufwand kaum verarbeitet werden können. Erfindungsgemäss sind daher stationäre und/oder mobile Extraktoren EXs; EXm vorgesehen, die aus den Messwerten der zugeordneten stationären und/oder mobilen Messeinrichtungen MFs; MFm diejenigen, die ausserhalb eines Referenzbereichs liegen oder vorgegebenen Regeln oder Mustern entsprechen, extrahiert und selbsttätig oder nach Abfrage über eine dritte Schnittstelle abgegeben.

[0051] Zur Extraktion der Messwerte können einfache Schwellenwerte und Schranken festgelegt werden. Sofern Messwerte bestimmte Schranken, z.B. Feuchtigkeitswerte und pH-Werte, nicht überschreiten, werden diese nicht weitergegeben, sondern unterdrückt.

[0052] Auch für dynamische Zustände können einfache Schranken vorgesehen werden. Z.B. wird ein Signalgemisch gleichgerichtet und mit einer Referenzspannung oder einem Referenzwert verglichen.

[0053] Alternativ kann ein Signalgemisch z.B. durch eine Fourier Transformation auch in seine Komponenten zerlegt werden. In der Folge können diese Komponenten einzeln mit Referenzwerten oder gesamthaft z.B. mit einer Hüllkurve verglichen werden, um Signale zu detektieren, welche die vorgegebenen Schranken überschreiten.

[0054] Möglich ist ferner die Anwendung von passiven oder aktiven Filterstufen, die kritische Frequenzen herausfiltern und Frequenzen unterdrücken, die z.B. durch ein Schienenfahrzeug verursacht werden.

[0055] Die entsprechenden Referenzbereiche, Muster oder Regeln können vom Hersteller vorgegeben und zusammen mit den proprietären Daten PROP in der Identifikationseinheit ID abgespeichert werden. Bevorzugt werden die entsprechenden Referenzbereiche, Muster oder Regeln jedoch von einem Prozessrechner PRs, PRm heruntergeladen, der diese Referenzbereiche, Muster oder Regeln vorzugsweise laufend optimiert.

[0056] Die Mustererkennung kann mittels Verfahren durchgeführt werden, die in [5], Heinrich Niemann, "Klassifikation von Mustern", Springer Verlag 2003, beschrieben sind. Messwerte können z.B. der Fourier-Transformation (FFT) unterworfen werden, um die einzelnen Frequenzen und deren Intensitäten des empfangenen Signalgemischs zu ermitteln.

[0057] Die von den stationären Extraktoren EXs abgegebenen Daten werden in Konzentratoren CX gesammelt und einem stationären Prozessrechner PRs zugeführt. Die Übertragung der Daten erfolgt vorzugsweise zwischen allen Modulen drahtlos. Die vom mobilen Extraktor EXm ermittelten Daten werden einem mobilen Prozessrechner PRm zugeführt.

[0058] Der Prozessrechner PRs; PRm unterwirft die extrahierten und mit den zugehörigen Identifikationsdaten verknüpften Messwerte einer Auswertung, um den aktuellen Zustand und/oder einen zukünftig zu erwartenden Zustand der zugehörigen stationären Netzeinheiten NEs zu bestimmen.

[0059] Dazu werden in diskreten Zeitabständen vorliegende extrahierte Messwerte für einzelne stationäre Netzeinheiten NEs oder für Gruppen gleicher oder unterschiedlicher stationärer Netzeinheiten NEs anhand von Regeln und/oder Mustern und/oder aktuell ermittelter Vergleichswerte, insbesondere aktuell ermittelter Vergleichswerte gleichartiger benachbarter stationärer Netzeinheiten NEs geprüft.

[0060] Vorzugsweise werden für die diskreten Messwerte Zeitreihen gebildet. Messwerte, die Schwingungen

einer stationären Netzeinheit betreffen, werden vorzugsweise einer Fourier-Transformation unterworfen, wonach für die ermittelten Frequenzkomponenten des Signals Zeitreihen gebildet werden. Sofern bereits in den Extraktoren eine Fourier Transformation durchgeführt wurde, so werden vorzugsweise die transformierten Daten weiterverwertet. Die Elemente der Zeitreihen werden vorzugsweise gewichtet, sodass aktuelle Daten ein höheres Gewicht erhalten und ältere Daten in der Bedeutung reduziert und gegebenenfalls gelöscht werden. Durch Expertenwissen, d.h. gespeicherte Daten, ist z.B. bekannt, welche Frequenzkomponenten kritisch sind. In der Folge können die interessierenden Zeitreihen ausgewertet und Prognosen für die zukünftige Entwicklung erstellt werden. Anhand der Prognosen können in der Folge Eingriffe in das Eisenbahnnetz geplant und ausgeführt werden.

[0061] Die Erstellung regelbasierter Voraussagen mit der Extrapolation von Zeitreihenmodellen und den Einsatz von Expertenwissen ist in [6], Kapitel 9, beschrieben. In [7], Seite 25, sind Vorhersagen nach den Verfahren der gleitenden Durchschnitte und der gehobenen gleitenden Durchschnitte illustriert. Ferner ist das Prinzip des exponentiellen Glättens beschrieben.

[0062] Fig. 1 zeigt ferner erweiterte stationäre Netzeinheiten NEX0, NEX1, NEX2, NEX3, die unterschiedlich aufgebaut sind. Die zugehörige stationäre Netzeinheit NEs weist lediglich eine Identifikationseinheit ID auf und wird hinsichtlich ihres Zustandes nicht überwacht; d.h., durch Überwachung der Identifikationsdaten wird lediglich die Existenz und Funktionalität der Identifikationseinheit ID geprüft.

[0063] Die erweiterte stationäre Netzeinheit NEX1 umfasst nebst der stationären Netzeinheit NEs und der Identifikationseinheit ID, eine stationäre Messeinrichtung MFs, mittels derer die stationäre Netzeinheit NEs überwacht wird, und einen Extraktor EXs und überträgt daher bereits extrahierte Messwerte über eine vorzugsweise drahtlose Sammelschiene SS an einen Konzentrator CX. Die Identifikationsdaten werden über eine erste Schnittstelle zur stationären Messeinrichtung MFs und zusammen mit den Messwerten über eine zweite Schnittstelle zum Extraktor EXs übertragen, welcher die extrahierten Messwerte zusammen mit den Identifikationsdaten über eine drahtlose dritte Schnittstelle an den Konzentrator CX überträgt. Bei der erweiterten stationären Netzeinheit NEX2 werden die Identifikationsdaten hingegen über die erste Schnittstelle direkt zum zugehörigen stationären Extraktor EXs übertragen. Die erweiterte stationäre Netzeinheit NEX3 umfasst hingegen lediglich eine Identifikationseinheit ID und eine stationäre Messeinrichtung MFs, von der die Messwerte verknüpft mit den Identifikationsdaten drahtlos zu einem zentralisierten Konzentrator CX übermittelt werden, der für diesen Fall mit einem Extraktor EXs versehen ist.

[0064] Die erweiterte stationäre Netzeinheit NEX16 umfasst eine Identifikationseinheit ID, die bei der Durchführung einer mobilen Netzeinheit NEm die Identifikations-

daten ID über eine Luftschnittstelle an eine mobile Messeinrichtung MFm überträgt, die vorzugsweise an der Unterseite der mobilen Netzeinheit NEm installiert ist. Die mobile Messeinrichtung MFm umfasst vorzugsweise mehrere Sensormodule, von denen ein erstes dem Empfang, gegebenenfalls der Abfrage und dem Empfang der Identifikationsdaten dient. Ein zweites Sensormodul erfasst Schwingungen, in denen die Schwingungen der stationären Netzeinheit NEs enthalten sind. Die ermittelten Messwerte werden einem mobilen Extraktor EXm zugeführt, der diejenigen Messwerte, die ausserhalb eines Referenzbereichs liegen oder vorgegebenen Regeln oder Mustern entsprechen, extrahiert und zum mobilen Prozessrechner PRm überträgt, welcher die extrahierten Messwerte unter Berücksichtigung der zugehörigen Identifikationsdaten auswertet.

[0065] Fig. 2 zeigt ein Eisenbahnnetz EN mit stationären Netzeinheiten NEs, in dem eine erfindungsgemässe Überwachungsvorrichtung CS implementiert ist. Das Diagramm zeigt exemplarisch verschiedene Gleisabschnitte mit Stellwerken ST und Hauptgeleisen HG sowie Nebengeleisen NG exemplarisch mit Nennung einiger der installierten erweiterten stationären Netzeinheiten NEX00111010001, NEX00111010010, NEX00111010011, NEX00111010100, NEX00111010101, die den Typ NEX1 von Fig. 1 entsprechen. Von einigen der erweiterten stationären Netzeinheiten NEX werden Identifikationsdaten mit extrahierten Messwerten drahtlos zu zugehörigen Konzentratoren CX übertragen, welche die Daten konsolidieren und konzentriert, ebenfalls über eine drahtlose Schnittstelle, zum stationären Prozessrechner PRs übertragen. Im Prozessrechner PRs werden die Daten verarbeitet und gegebenenfalls in einer Datenbank PRD abgelegt. Aus der Datenbank PRD werden ferner Informationen entnommen, die zur Analyse der gemessenen Daten erforderlich sind.

[0066] Fig. 3 zeigt das Eisenbahnnetz EN von Fig. 2 in einer weiteren Darstellung mit mehreren Streckenabschnitten, die bereits mit erweiterten stationären Netzeinheiten NEX ausgerüstet sind. Entlang den betreffenden Streckenabschnitten sind durch Serien mit kurzen vertikalen Strichen die installierten erweiterten stationären Netzeinheiten NEX symbolisiert, die mit Extraktoren EXs ausgerüstet und drahtlos mit Konzentratoren CX verbunden sind, die ihrerseits drahtlos, direkt oder indirekt, mit dem stationären Prozessrechner PRs verbunden sind.

[0067] In Fig. 3 ist illustriert, dass das Verhalten der stationären Netzeinheiten NEs nicht nur von den stationären Messeinrichtungen MFs, sondern auch von mobilen Messeinrichtungen MFm erfasst werden kann. Die Extraktion der relevanten Messwerte erfolgt auf der Ebene der Extraktoren EXs, EXm z.B. mittels Anwendungsprogrammen Ax.

[0068] In der Folge werden die ermittelten Messwerte im stationären Prozessrechner PRs und im mobilen Prozessrechner PRm mittels z.B. mittels Anwendungspro-

grammen Av ausgewertet, um aktuelle Zustandsinformationen oder Vorhersagen für zukünftige Entwicklungen der Zustände der zu erhalten. Vorzugsweise werden Zeitreihen gebildet, die anhand von Zeitreihenanalysen sowie Expertenwissen ausgewertet werden. Sofern durch Expertenwissen ein Fehler der betreffenden erweiterten stationären Netzeinheit NEX z.B. durch Detektion des Überschreitens eines Toleranzwertes oder Übereinstimmung mit einem Fehlermuster ermittelt wird, erfolgt eine Meldung SX_{ID} an den Netzrechner NR. Diese Meldung enthält die Identität der betreffenden stationären Netzeinheit NEX und vorzugsweise Fehlerinformationen. Der Netzrechner NR übermittelt diese Informationen an ein Wartungsmodul oder einen Wartungsrechner NM, der in der Folge Massnahmen zur Fehlerkorrektur der betreffenden Netzeinheit NEX einleitet.

[0069] Durch Vorhersagen kann ferner geschätzt werden, zu welchem Zeitpunkt bei einzelnen Netzeinheiten NEX das Überschreiten von Toleranzwerten zu erwarten ist. Diese Vorhersagen SV_{ID} werden ebenfalls über den Netzrechner NR an den Wartungsrechner NM übermittelt, der in der Folge die entsprechenden Wartungseinsätze terminiert. Vorzugsweise prüft der Wartungsrechner NM, in welchen Abschnitten des Eisenbahnnetzes EN Wartungsarbeiten innerhalb eines bestimmten Zeitraums ausgeführt werden sollten. Durch entsprechende Planung und Koordination der Wartungsarbeiten können Kosten und Aufwand bei der Durchführung der Wartungsarbeiten reduziert werden.

[0070] Zeitreihen, die für Netzeinheiten NEX ermittelt wurden, werden in einer Datenbank PRD gespeichert und vorzugsweise stetig aktualisiert. Von besonderem Interesse sind Zeitreihen, für die ein aktueller Fehler oder Ausfall einer Netzeinheit NEX registriert wurde. Dieser Fehler oder Ausfall kann durch den Prozessrechner PRs ermittelt werden. Alternativ kann dem Prozessrechner der Ausfall einer Netzeinheit NEX gemeldet werden. Fig. 3 zeigt, dass für die Netzeinheit NEs mit der Identifikationsnummer IDX eine Fehlermeldung F_{IDX} an den Wartungsrechner NM übermittelt wurde. Beispielsweise wurde der Ausfall der Netzeinheit NEX bei einer Streckenkontrolle entdeckt und dem Wartungsrechner NM über eine Kommunikationsschnittstelle gemeldet. Die Fehlermeldung F_{IDX} wird in der Folge an den bzw. die Prozessrechner PRs, PRm übermittelt, der für die fehlerhafte Netzeinheit NEX die zuletzt gespeicherten Daten ID_X aus der Datenbank PRD abrufen und basierend auf der Fehlermeldung F_{IDX} neu auswertet und als Fehlermuster FM_{IDX} verwendet, falls sich Auffälligkeiten zeigen, die auf den Fehler hinweisen. Das Fehlermuster FM_{IDX} kann in der Folge in den Extraktoren EXs, EXm und der Datenbank PRD als Fingerprint bzw. Fehlermuster verwendet werden, um Messwerte zu extrahieren oder auszuwerten. Ebenso können Fehlermeldungen F_{IDX} durch die Prozessrechner PRs, PRm gewonnen und als Fehlermuster FM_{IDX} verwendet werden. Mit einem Pfeil RG ist symbolisiert, dass die Überwachungsvorrichtung CS somit in der Lage ist, Regeln und Muster selbst zu gene-

rieren. Die Regeln R2 werden in die Extraktoren EXs geladen und zur Extraktion von Messwerten und die Regeln R1 in die Prozessrechner PRs, PRm geladen und zur Auswertung von Messwerten verwendet. Das System ist somit selbst lernen und kann sich im Laufe der Zeit stetig optimieren.

Literaturverzeichnis

[0071]

[1] R. Hämmerli, Die Grundsätze der Sicherungsanlagen für den Eisenbahnbetrieb, Schweizerische Bundesbahnen SBB, Band 1, Februar 1990, und Band 2, November 1982

[2] EP2631152A1

[3] DE19926164A1

[4] WO2014044485A2

[5] Heinrich Niemann, "Klassifikation von Mustern", Springer Verlag 2003

[6] J. Scott Armstrong, Principles of Forecasting, London 2002

[7] P. Mertens, S. Rässler, Prognoserechnung, Kapitel 2, Michael Schröder, Einführung in die kurzfristige Zeitreihenprognose und Vergleich der einzelnen Verfahren Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung eines Eisenbahnnetzes (EN), welches stationäre Netzeinheiten (NEs), mobile Netzeinheiten (NEm) und eine Überwachungsvorrichtung (CS) mit stationären oder mobilen Messeinrichtungen (MFs; MFm) umfasst, mittels denen Messwerte zumindest einer Messgrösse der zugeordneten stationären Netzeinheiten (NEs) erfasst und zur Auswertung an einen stationären oder mobilen Prozessrechner (PRs; PRm) übertragen werden, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** von den Messeinrichtungen (MFs; MFm) ermittelte Messwerte einem stationären und/oder mobilen Extraktor (EXs; EXm) zugeführt werden, der aus den Messwerten der zugeordneten stationären und/oder mobilen Messeinrichtung (MFs; MFm) diejenigen extrahiert und selbsttätig oder nach Abfrage weiterleitet, die ausserhalb eines Referenzbereichs liegen oder vorgegebenen Regeln oder Mustern entsprechen, **dass** jeder stationären Netzeinheit (NEs) eine Identifikationseinheit (ID) zugeordnet ist, in der Identifikationsdaten enthalten sind, die selbsttätig oder

nach Abfrage abgegeben werden, und

dass die extrahierten Messwerte und die zugehörigen Identifikationsdaten zum stationären oder mobilen Prozessrechner (PRs; PRm) übertragen werden, der die extrahierten Messwerte einer Auswertung unterwirft, um den aktuellen Zustand und/oder einen zukünftig zu erwartenden Zustand der zugehörigen stationären Netzeinheiten (NEs) zu bestimmen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die von mehreren stationären Extraktoren (EXs) extrahierten Messwerte sowie vorzugsweise die zugehörigen Identifikationsdaten drahtlos oder drahtgebunden je einem stationären Konzentrador (CXs) zugeführt werden, welcher die übertragenen Daten konzentriert an den stationären Prozessrechner (PRs) weiterleitet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** mit den Identifikationseinheiten (ID) versehene stationäre Netzeinheiten (NEs) Netzkomponenten, wie Schwellen, Schienen, Weichen, oder weitere Elemente der Eisenbahninfrastruktur sind und dass die Identifikationseinheiten (ID) fest mit den stationären Netzeinheiten (NEs) gekoppelt oder ein bauteilimmanenter Bestandteil davon sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die gegebenenfalls mit einer Energieversorgungseinheit versehenen Identifikationseinheiten (ID) einen Speicher aufweisen, in dem die Identifikationsdaten und/oder Daten betreffend den Installationsort und/oder betreffend Eigenschaften und/oder Funktionalitäten der stationären Netzeinheiten (NEs) permanent oder temporär gespeichert werden, die selbsttätig abgegeben oder abgerufen werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die stationären Messeinrichtungen (MFs) Messwerte der zugehörigen stationären Netzeinheiten (NEs) in Form von Schwingungen vorzugsweise in der Form eines Leistungsdichtespektrums direkt erfassen oder dass die mobilen Messeinrichtungen (MFm) Messwerte der temporär zugeordneten stationären Netzeinheiten (NEs) in Form von Schwingungen vorzugsweise in der Form eines Leistungsdichtespektrums indirekt erfassen und dass die Extraktoren (EXs; EXm) prüfen, ob Frequenzanteile der erfassten Schwingungen bezüglich Frequenzlage und/oder Intensität ausserhalb des Referenzbereichs liegen oder ob die Messwerte einem vorgegebenen Muster entsprechen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 5, **dadurch**

- gekennzeichnet, dass** die Extraktoren (EXs; EXm) steuerbar sind, sodass der Referenzbereich, die Muster und oder Regeln vorzugsweise in Abhängigkeit eines Parameters, wie der Zeit, der Wetterlage oder der Temperatur wahlweise einstellbar sind.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** Identifikationseinheiten (ID) und stationäre Messeinrichtungen (MFs) und stationäre Extraktoren (EXs), die je einander zugeordnet sind, jeweils eine erste stationäre Netzeinheit (NEX1) bilden; oder dass Identifikationseinheiten (ID) und stationäre Messeinrichtungen (MFs), die je einander zugeordnet sind, jeweils eine zweite stationäre Netzeinheit (NEX2) bilden, wobei die Identifikationseinheiten (ID) und/oder die stationären Messeinrichtungen (MFs) und/oder die stationären Extraktoren (EXs) drahtlos oder drahtgebunden miteinander kommunizieren.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der stationäre oder mobile Prozessrechner (PRs; PRm) in diskreten Zeitabständen vorliegende extrahierte Messwerte für einzelne stationäre Netzeinheiten (NEs) oder für Gruppen gleicher oder unterschiedlicher stationärer Netzeinheiten (NEs) anhand von Regeln und/oder Mustern und/oder aktuell ermittelter Vergleichswerte, insbesondere aktuell ermittelter Vergleichswerte gleichartiger benachbarter stationärer Netzeinheiten (NEs) prüft, um für die Netzeinheiten (NEs) Zustandsdaten zu ermitteln.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in diskreten Zeitabständen vorliegende extrahierte Messwerte anhand der zugehörigen Identifikationsdaten je einer Zeitreihe zugewiesen werden, für die vorzugsweise unter Berücksichtigung von Expertendaten Zustandsdaten zum aktuellen Zustand und/oder Vorhersagen für die zukünftige Entwicklung des Zustands der betreffenden stationärer Netzeinheiten (NEs) ermittelt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** anhand von Zustandsdaten, insbesondere Zustandsdaten, die auf eine Anomalie von stationären Netzeinheiten (NEs) hinweisen, die von Prozessrechner (PRs; PRm) für einen oder mehrere stationäre Netzeinheiten (NEs) ermittelt oder von einem externen Rechner zugeführt wurden, Expertendaten, wie Muster und/oder Regeln, generiert und in einer Datenbank werden, die für die Verarbeitung der Messwerte in den Extraktoren (EXs; EXm) und/oder in den stationären oder mobilen Prozessrechnern (PRs; PRm) verwendet werden.
11. Vorrichtung zur Überwachung eines Eisenbahnnetzes (EN), welches stationäre Netzeinheiten (NEs), mobile Netzeinheiten (NEm) und eine Überwachungsvorrichtung (CS) umfasst, die nach einem Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 - 10 arbeitet und stationäre oder mobile Messeinrichtungen (MFs; MFm) aufweist, mittels denen Messwerte zumindest einer Messgrösse der zugeordneten stationären Netzeinheiten (NEs) erfassbar und zur Auswertung an einen stationären oder mobilen Prozessrechner (PRs; PRm) übertragbar sind.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11 mit, **dadurch gekennzeichnet, dass** von den Messeinrichtungen (MFs; MFm) ermittelte Messwerte einem stationären und/oder mobilen Extraktor (EXs; EXm) zuführbar sind, mittels dessen diejenigen Messwerte extrahierbar und selbsttätig oder nach Abfrage weiterleitbar sind, die ausserhalb eines Referenzbereichs liegen oder vorgegebenen Regeln oder Mustern entsprechen, dass jeder stationären Netzeinheit (NEs) eine Identifikationseinheit (ID) zugeordnet ist, in der Identifikationsdaten enthalten sind, die selbsttätig oder nach Abfrage abgebar sind, und dass die extrahierten Messwerte und die zugehörigen Identifikationsdaten zum stationären oder mobilen Prozessrechner (PRs; PRm) übertragbar sind, mittels dessen die extrahierten Messwerte auswertbar sind, um den aktuellen Zustand und/oder einen zukünftig zu erwartenden Zustand der zugehörigen stationären Netzeinheiten (NEs) zu bestimmen.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere stationäre Extraktoren (EXs) drahtlos oder drahtgebunden je mit einem stationären Konzentrador (CXs) verbunden sind, mittels dessen extrahierten Messwerte sowie zugehörige Identifikationsdaten konzentriert an den stationären Prozessrechner (PRs) übertragbar sind.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** Programm-Module (Ax) für die stationären und/oder mobilen Extraktoren (EXs; EXm) vorgesehen sind, die der Erkennung von Messwerten dienen, die ausserhalb eines Referenzbereichs liegen oder vorgegebenen Regeln oder Mustern entsprechen und dass Programm-Module (Ax) für die stationären und/oder mobilen Prozessrechner (PRs, PRm) vorgesehen sind, die der Erkennung von Fehlern oder Mängeln dienen, die aktuell oder zukünftig bei den überwachten stationären Netzeinheiten (NEs) auftreten.
15. Eisenbahnnetz (EN) mit einer Überwachungsvorrichtung (CS) gemäss Anspruch 11.

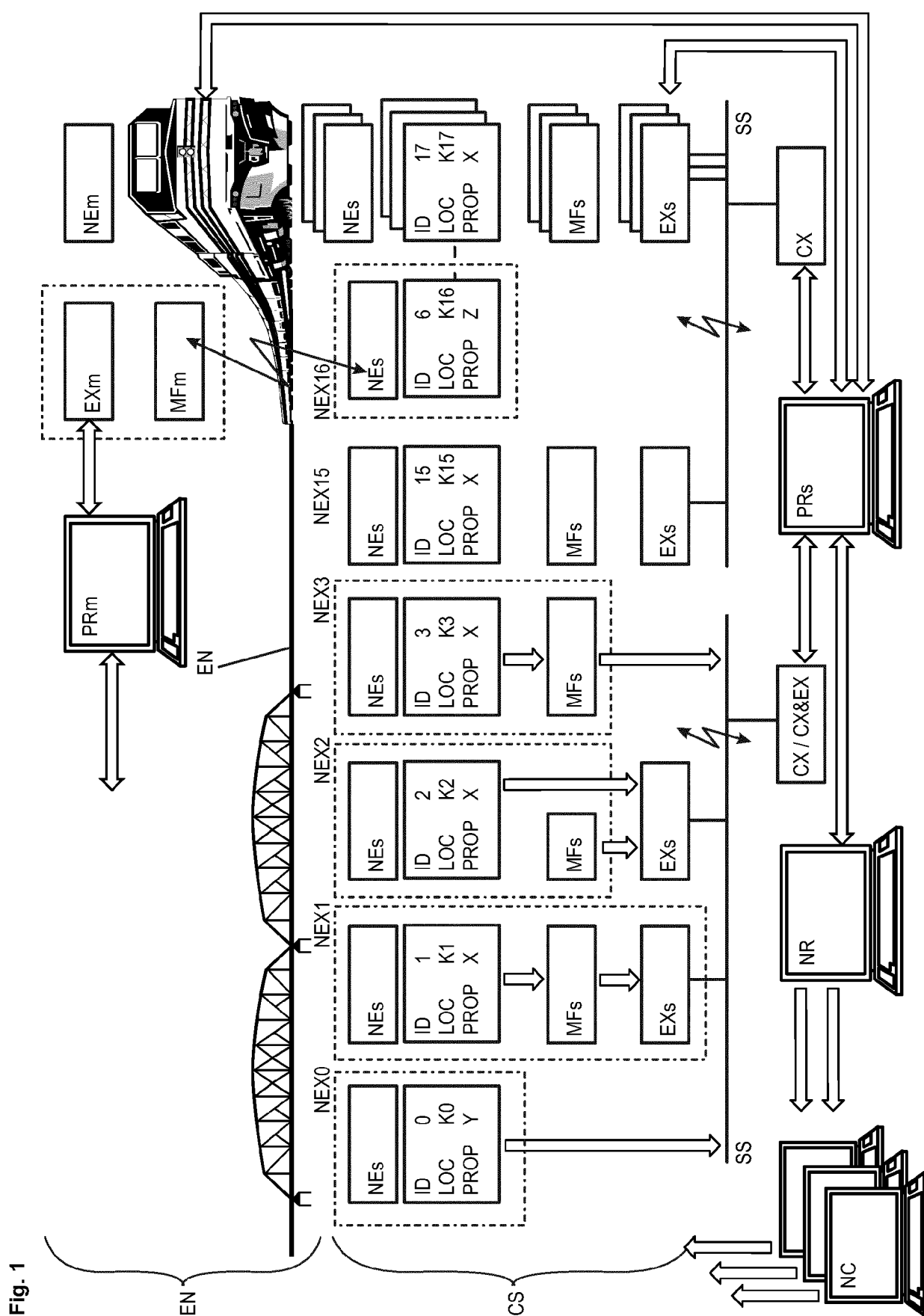
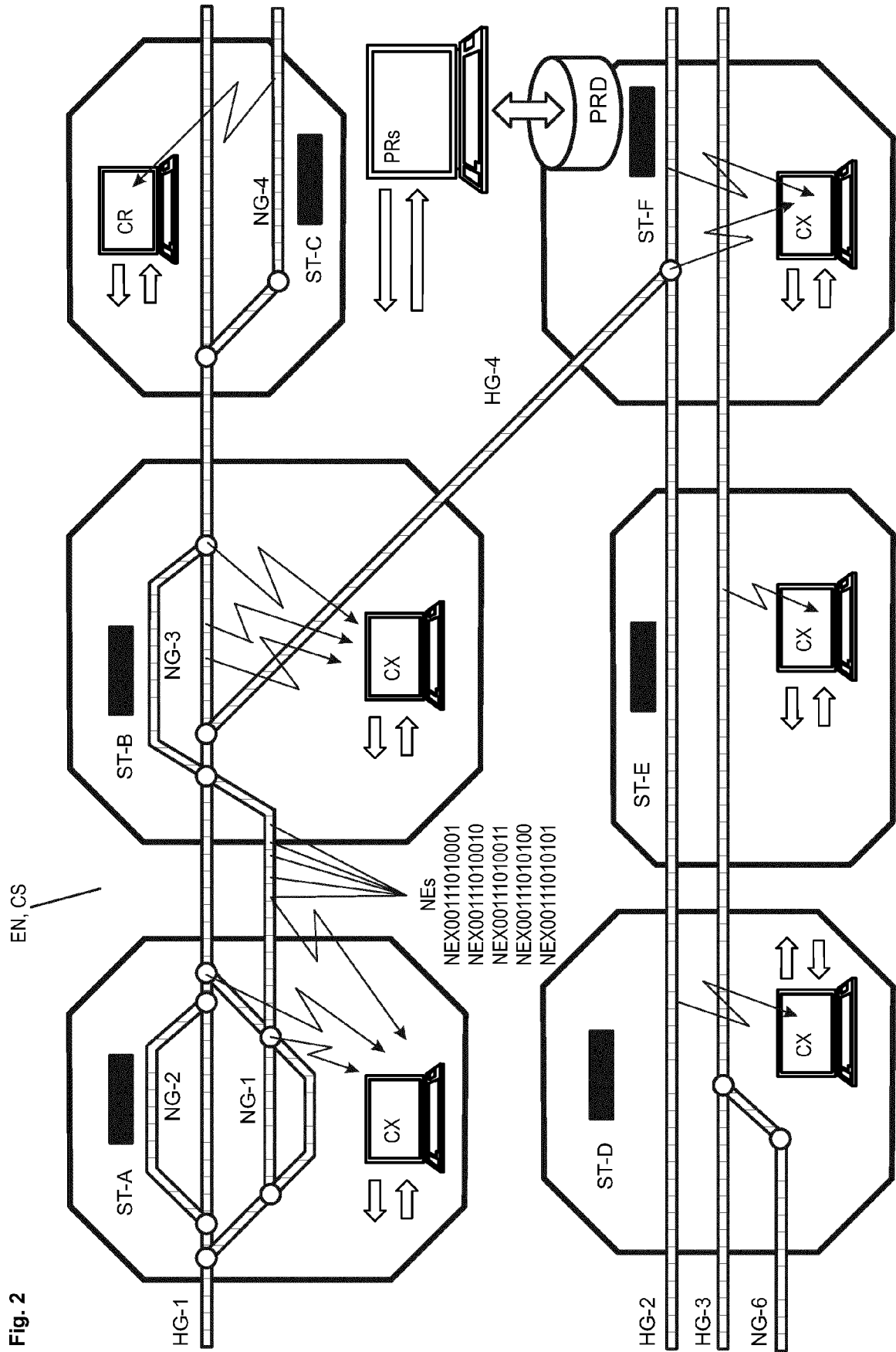
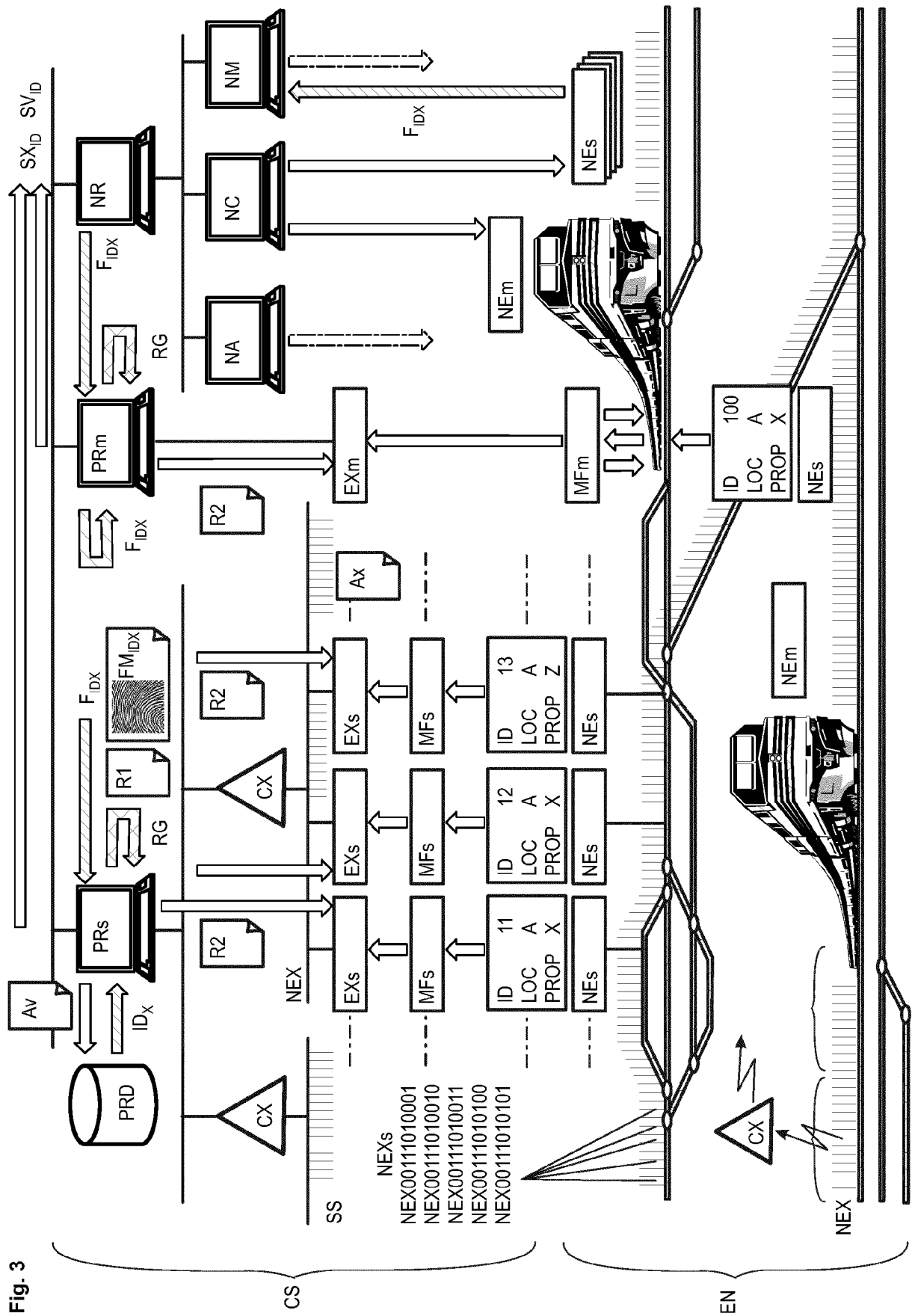


Fig. 2







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 18 3556

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 894 074 A1 (SCHWEIZERISCHE BUNDESBAHNEN SBB [CH]) 15. Juli 2015 (2015-07-15) * Absatz [0007] - Absatz [0074]; Abbildungen 1-5 *	1-3,6-15	INV. B61L15/00 B61L27/00
Y	----- * Absatz [0007] - Absatz [0074]; Abbildungen 1-5 *	4,5	
X	US 2018/048400 A1 (KOJIMA TAKASHI [JP]) 15. Februar 2018 (2018-02-15) * Absatz [0005] - Absatz [0045]; Abbildungen 1-8 *	1,3, 6-12,14, 15	
X	US 2017/149603 A1 (KOJIMA TAKASHI [JP]) 25. Mai 2017 (2017-05-25) * Absatz [0011] - Absatz [0050]; Abbildungen 1-7 *	1,3,6, 8-12,14, 15	
X	JP 2013 049395 A (TOSHIBA CORP) 14. März 2013 (2013-03-14) * Absatz [0008] - Absatz [0043]; Abbildungen 1-7 *	1,11	
X	EP 1 900 597 A1 (BOMBARDIER TRANSP GMBH [DE]) 19. März 2008 (2008-03-19) * Absatz [0007] - Absatz [0029]; Abbildungen 1,2 *	11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B61L
X	EP 2 943 001 A1 (ICOMERA AB [SE]) 11. November 2015 (2015-11-11) * Absätze [0007] - [0030] *	11	
Y	----- * Absätze [0007] - [0030] *	4	
Y	WO 2016/115443 A1 (INT ELECTRONIC MACHINES CORP [US]) 21. Juli 2016 (2016-07-21) * Absätze [0043] - [0062] *	5	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. Januar 2019	Prüfer Mäki-Mantila, M
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 : mündliche 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	

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 18 18 3556

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.

11-01-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2894074 A1	15-07-2015	KEINE	
US 2018048400 A1	15-02-2018	JP WO2016139982 A1	18-01-2018
		US 2018048400 A1	15-02-2018
		WO 2016139982 A1	09-09-2016
US 2017149603 A1	25-05-2017	JP 6233508 B2	22-11-2017
		JP WO2015177992 A1	20-04-2017
		US 2017149603 A1	25-05-2017
		WO 2015177992 A1	26-11-2015
JP 2013049395 A	14-03-2013	KEINE	
EP 1900597 A1	19-03-2008	AT 438548 T	15-08-2009
		CA 2663585 A1	27-03-2008
		EP 1900597 A1	19-03-2008
		EP 2064106 A1	03-06-2009
		US 2010204857 A1	12-08-2010
		WO 2008034583 A1	27-03-2008
EP 2943001 A1	11-11-2015	CA 2947643 A1	12-11-2015
		DK 2943001 T3	16-10-2017
		EP 2943001 A1	11-11-2015
		ES 2643909 T3	27-11-2017
		LT 2943001 T	25-01-2018
		PT 2943001 T	27-10-2017
		US 2017188249 A1	29-06-2017
		WO 2015169855 A1	12-11-2015
WO 2016115443 A1	21-07-2016	AU 2016206598 A1	17-08-2017
		CA 2976899 A1	21-07-2016
		CN 107406090 A	28-11-2017
		US 2016207552 A1	21-07-2016
		US 2017320508 A1	09-11-2017
		WO 2016115443 A1	21-07-2016

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

- EP 2631152 A1 [0003] [0071]
- DE 19926164 A1 [0004] [0071]
- WO 2014044485 A2 [0006] [0071]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **R. HÄMMERLI.** Die Grundsätze der Sicherungsanlagen für den Eisenbahnbetrieb. *Schweizerische Bundesbahnen SBB*, Februar 1990, vol. 1 [0003] [0071]
- **SCHWEIZERISCHE BUNDESBAHNEN SBB**, November 1982, vol. 2 [0003] [0071]
- **MSP Low-Power Microcontrollers.** Texas Instruments Incorporated, 2015 [0030]
- **HEINRICH NIEMANN.** Klassifikation von Mustern. Springer Verlag, 2003 [0039] [0056] [0071]
- **Principles of Forecasting.** J. Scott Armstrong, 2002 [0040] [0071]
- Einführung in die kurzfristige Zeitreihenprognose und Vergleich der einzelnen Verfahren. **P. MERTENS ; S. RÄSSLER.** Prognoserechnung. Springer-Verlag, 2012 [0040] [0071]