

(19)



(11)

EP 3 458 331 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
15.07.2020 Patentblatt 2020/29

(51) Int Cl.:
B61L 1/02 ^(2006.01) **B61L 1/20** ^(2006.01)
B61L 23/04 ^(2006.01) **E01B 35/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17724725.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/AT2017/060129

(22) Anmeldetag: **16.05.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/197423 (23.11.2017 Gazette 2017/47)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ÜBERWACHUNG ZUMINDEST EINER IM BAHNBAU VERLEGTE FHRWEGKOMPONENTE**

METHOD AND DEVICE FOR MONITORING AT LEAST ONE TRAVEL PATH COMPONENT LAID IN
RAIL CONSTRUCTION

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE SURVEILLANCE D'AU MOINS UN COMPOSANT DE VOIE POSÉ
DANS LA CONSTRUCTION DE CHEMIN DE FER

(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**

(30) Priorität: **17.05.2016 AT 504582016**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.03.2019 Patentblatt 2019/13

(73) Patentinhaber: **Materials Center Leoben
Forschung GmbH
8700 Leoben (AT)**

(72) Erfinder:
• **ECK, Sven
8111 Judendorf-Strassengel (AT)**

- **EBNER, Reinhold
8793 Trofaiach (AT)**
- **O'LEARY, Paul
8323 St. Marein bei Graz (AT)**
- **KOLLMER, Werner
8700 Leoben (AT)**

(74) Vertreter: **Wirnsberger & Lerchbaum
Patentanwälte OG
Mühlgasse 3
8700 Leoben (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A2- 2 022 698 DE-A1-102011 084 160
DE-A1-102014 216 726**

EP 3 458 331 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur insbesondere kontinuierlichen Zustandsüberwachung zumindest einer im Bahnbau verlegten Fahrwegkomponente, insbesondere einer Schienenweiche, mit zumindest einem an der Fahrwegkomponente angeordneten Sensor, wobei vom Sensor bei und zusätzlich vor und/oder nach einer Überrollung der Fahrwegkomponente durch ein Schienenfahrzeug Daten erfasst werden.

[0002] Weiter betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur insbesondere kontinuierlichen Zustandsüberwachung von zumindest einer im Bahnbau verlegten Fahrwegkomponente, wie einer Schienenweiche, umfassend zumindest einen an der Fahrwegkomponente angeordneten Sensor.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, Fahrwegkomponenten im Bahnbau, wie beispielsweise Schienen, zu untersuchen bzw. einen Zustand derselben zu überwachen, um einen Verschleiß solcher Komponenten erkennen zu können. Dies erfolgt beispielsweise durch regelmäßige optische Inspektion. Hierbei überprüft eine Person eine Fahrwegkomponente in vorgegebenen Abständen und entscheidet aufgrund dieser Inspektion über eine Reparatur oder einen Austausch einer solchen Fahrwegkomponente. Diese Methode hat jedoch den Nachteil, dass ein menschliches Auge erst eine starke Abnutzung einer Fahrwegkomponente erkennt. Zudem ist diese Inspektion abhängig von einer Tagesverfassung der inspizierenden Person. Darüber hinaus ist es notwendig, während einer visuellen Inspektion zumindest einen Teilabschnitt einer Bahnstrecke für den Verkehr zu sperren. Trotz einer solchen Sperre ist für die inspizierende Person während der Inspektion aufgrund von Verkehr auf Nebengleisen grundsätzlich noch immer ein bestimmtes Gefahrenpotenzial gegeben.

[0004] Um diese Nachteile zu überwinden, ist es auch bekannt, Daten einer Fahrwegkomponente bzw. deren Veränderungen automatisiert aufzuzeichnen. Hierzu werden beispielsweise an einem speziell dafür eingesetzten Schienenfahrzeug Sensoren angeordnet, welche beim Befahren auf Schienen wirkende Kräfte messen. Ein Verfahren zur Diagnose einer Schienenweiche mit einem an einem Schienenfahrzeug angeordneten Sensor ist beispielsweise in der WO 2006/032307 A1 offenbart. Mit einem solchen Verfahren ist es zwar möglich, wirkende Kräfte bzw. deren Veränderung zu erfassen, es findet jedoch immer nur eine zeitlich punktuelle Überwachung statt. Darüber hinaus ist es auch während einer Fahrt eines solchen Schienenfahrzeuges notwendig, eine Bahnstrecke zumindest abschnittsweise für den planmäßigen Verkehr zu sperren.

[0005] Ferner offenbart beispielsweise die WO 02/090166 A1 eine Vorrichtung zur Zustandsüberwachung von Gleisen mit mehreren Sensoren, wobei gemessene Werte mit Referenzwerten verglichen werden. Mit einer solchen Vorrichtung kann ein Zustand einer beliebigen Fahrwegkomponente, insbesondere einer

Schienenweiche, nicht effektiv genug überwacht werden, da ein beachtlicher Teil an Defekten nicht erkannt wird.

[0006] In der EP 2 022 698 A2 sind ein Verfahren und ein Überwachungssystem zur Betriebsführung von Schienen-Fahrwegen offenbart. Verfahrensmäßig ist vorgesehen, dass Beschleunigungsdaten in einem Überwachungsbereich sensorisch erfasst und hinsichtlich einer Befahrbarkeit und/oder maximal zulässigen Überfahrgeschwindigkeit im Überwachungsbereich ausgewertet werden. Die so ausgewerteten Daten werden ausgegeben und/oder zur Betriebsführung verwendet, indem die Daten für ein Ansteuern des Fahrweges und/oder eines Schienenfahrzeuges eingesetzt werden.

[0007] In der EP 0 344 145 A1 ist eine Einrichtung zum Erfassen eines Zustandes von Schienenweichen oder Kreuzungspunkten offenbart. Dabei werden zwar Abweichungen eines Radlaufes in einer Richtung gemessen, was jedoch nicht ausreicht, um einen Zustand einer beliebigen Fahrwegkomponente zuverlässig zu erkennen.

[0008] Es ist mit bekannten Verfahren zum Überwachen einer Fahrwegkomponente nicht möglich, eine kumulierte bzw. aus mehreren Ursachen resultierende Schädigung einer Fahrwegkomponente zu ermitteln. Insbesondere können mehrere Ursachen, welche eine Schädigung bzw. Zustandsänderung einer Fahrwegkomponente bewirken, nicht voneinander entkoppelt erkannt werden.

[0009] Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem ein Zustand einer Fahrwegkomponente, insbesondere einer Schienenweiche, zuverlässig und effektiv sowie automatisiert erkannt werden kann.

[0010] Ein weiteres Ziel ist es, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mit welcher ein Zustand einer Fahrwegkomponente, insbesondere einer Schienenweiche, zuverlässig und effektiv sowie automatisiert erkennbar ist.

[0011] Die Erfindung ist durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche definiert.

[0012] Die verfahrensmäßige Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren der eingangs genannten Art die erfassten Daten zeitlich segmentiert werden, wobei aus den erfassten und segmentierten Daten ein Zustand der Fahrwegkomponente ermittelt wird.

[0013] Ein mit der Erfindung erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass durch das Segmentieren der Daten ein Zustand einer Fahrwegkomponente kontinuierlich, automatisiert und *in-situ* überwacht bzw. ermittelt werden kann. Es können beispielsweise bewegliche Weichen, starre Weichenherzen, Schienen und/oder Schwellen einer Eisenbahnstrecke überwacht werden. Daten werden dabei bevorzugt bei jeder Überrollung der Fahrwegkomponente, insbesondere eines starren Weichenherzens, durch ein Schienenfahrzeug aufgezeichnet und analysiert. Es ist somit eine effiziente

Datenauswertung und Dateninterpretation wie beispielsweise eine Störungscharakterisierung und/oder ein Datenvergleich unter Herabsetzung einer Rechenleistung möglich. Insbesondere wird eine Reaktion der Fahrwegkomponente auf einen laufenden Betrieb herangezogen, um Aussagen über einen Zustand derselben zu treffen, beispielsweise eine zeitlich aufgelöste Entwicklung einer Dehnung an einer bestimmten Position. In einem ersten Schritt wird für alle Schienenfahrzeuge an einem Messpunkt eine Belastung der entsprechenden Fahrwegkomponente vor, während und/oder nach einer Überrollung bzw. Überfahrt eines Schienenfahrzeuges gemessen bzw. aufgezeichnet. Die aufgezeichneten bzw. erfassten Daten werden segmentiert bzw. eine Belastung der Fahrwegkomponente in Abhängigkeit einer Zeit ausgewertet. Dabei werden die Daten in drei Teile aufgeteilt: eine Belastung der Fahrwegkomponente vor einer Überfahrt, bei einer Überfahrt sowie nach einer Überfahrt des Schienenfahrzeuges über die Fahrwegkomponente. Darüber hinaus werden optional die Werte des ersten Teils und des dritten Teils miteinander verglichen, also eine Belastung der Fahrwegkomponente unmittelbar vor und nach einer Überfahrt eines Schienenfahrzeuges. Dadurch kann eine Belastungsart an der Fahrwegkomponente charakterisiert werden. Besonders bevorzugt wird ein Zustand einer Fahrwegkomponente von einem einzigen Sensor überwacht, insbesondere von einem Dehnungssensor, welcher z. B. als Dehnmessstreifen oder optische Dehnmesseinrichtung ausgebildet sein kann.

[0014] Darüber hinaus wird mit einem erfindungsgemäßen Verfahren nicht nur ein Zustand einer Fahrwegkomponente wie einer Schienenweiche ermittelt, sondern optional bzw. fallweise auch ein Zustand eines Rades eines Schienenfahrzeuges. Es werden beispielsweise hohl oder unrund gelaufene Räder erkannt. Dies ist insbesondere bei einer Zustandsüberwachung einer Schienenweiche zweckmäßig, da sowohl hohl als auch unrund gelaufene Räder einen Zustand derselben deutlich verschlechtern können. Durch einzelne hohl gelaufene Räder wird eine Zusammenwirkung einer Geometrie von Rad und Weiche verschlechtert, wodurch größere Signale im Bereich eines Radüberganges gemessen und z. B. über Schwellwerte erkannt werden können. Durch unrund gelaufene Räder wird eine Signalstatistik vor und nach einem Radübergang über eine Fahrwegkomponente verschoben. Dies kann durch entsprechende Vergleichsalgorithmen erkannt werden. Ferner ist ein Übergang zwischen einer Schiene und einer Schienenweiche diskontinuierlich ausgebildet, sodass bei einer Überrollung derselben sowohl die Schienenweiche als auch Räder des Schienenfahrzeuges belastet werden. Die Zustände der Schienenweiche und der Räder beeinflussen sich gegenseitig bzw. es tritt ein kumulierter Effekt auf. Die einzelnen Effekte sind in weiterer Folge durch die Segmentierung der erfassten Daten auch entkoppelt voneinander auswertbar. Darüber hinaus können erfasste Daten mithilfe von Computermodellen interpretiert werden, wobei die Computermodelle eine Re-

aktion der Fahrwegkomponente auf diese überrollende Räder beschreiben. Dadurch können verschiedene Einflussfaktoren separiert werden. Es kann beispielsweise unterschieden werden, ob ein starker Stoß während einer Überrollung der Fahrwegkomponente durch ein hohl gelaufenes Rad oder ein verschlissenes Weichenherz hervorgerufen wird.

[0015] Bei der Auswertung der erfassten Daten zur Ermittlung des Zustandes der Fahrwegkomponente werden durch die Segmentierung charakteristische Muster in denselben zur Identifikation einer Schienenfahrzeugart genutzt. Dabei wird grundsätzlich zwischen zwei Schienenfahrzeugarten unterschieden: Schienenfahrzeuge mit einer sich bei jeder Fahrt verändernden Ladung wie Güterzüge und Schienenfahrzeuge mit bei jeder Fahrt im Wesentlichen immer der gleichen Ladung wie Passagierzüge. Bei Schienenfahrzeugen der erstgenannten Art wird die Ladung bzw. ein Gewicht derselben für jede Achse bestimmt und daraus ein Gesamtgewicht des Schienenfahrzeuges berechnet. Es ist somit auch möglich, ein Gewicht eines Waggons eines Güterzuges und somit einen Ladezustand desselben zu erkennen bzw. mit einem theoretischen Ladezustand zu vergleichen.

[0016] Es ist zweckmäßig, wenn die erfassten und zeitlich segmentierten Daten mit statistischen Methoden und/oder Hüllkurven ausgewertet werden, um einen Zustand einer Fahrwegkomponente vollständig automatisiert charakterisieren und klassifizieren zu können. Durch die Hüllkurven werden automatisch beispielsweise eine Schienenfahrzeugart und eine Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung des Schienenfahrzeuges aus den gemessenen Signalen ermittelt. Dies wird insbesondere ohne zusätzliche Geschwindigkeitssensoren, Beschleunigungssensoren und/oder Zuginformationen durchgeführt. Des Weiteren wird mit vorbestimmten Algorithmen beispielsweise ein Zustand eines Weichenherzes einer Schienenweiche vorausgesagt. Darüber hinaus werden Hüllkurven dazu verwendet, einzelne Messungen für eine weitere Analyse zu isolieren. Es werden über die Hüllkurve auch Langzeitabweichungen von derselben erkannt, welche auf fortdauernde Änderungen hinweisen. Eine Voraussetzung für die Auswertung der Daten mit Hüllkurven ist die Segmentierung derselben sowie die automatisierte Ermittlung einer Zuggeschwindigkeit aus Sensordaten.

[0017] Es ist von Vorteil, wenn die Daten zeitlich aufgetrennt werden. Die erfassten bzw. durch Zugüberfahrten ausgelösten Sensorsignale werden zeitlich nach einzelnen Achsen aufgelöst. Über eine Signalthöhe können dann in weiterer Folge einzelne Achslasten bestimmt werden. Dadurch ist ein Zustand der Fahrwegkomponente nicht nur erkennbar und voraussagbar, sondern auch auf einzelne Ursachen zurückführbar. Darüber hinaus ist es auch möglich, Einflüsse von einem eine Fahrwegkomponente überrollenden Schienenfahrzeug und Einflüsse eines Fahrweges zu entkoppeln. Dies erfolgt bevorzugt automatisiert. Besonders bevorzugt wird eine

Signalanalyse *in-situ* durchgeführt, sodass über aussagekräftige Auswerteergebnisse notwendige Wartungsarbeiten an der Fahrwegkomponente vorhergesagt werden können.

[0018] Es kann vorgesehen sein, dass die vom Sensor erfassten und/oder ausgewerteten Daten mit bekannten Daten verglichen werden. Dadurch werden beispielsweise Solldaten mit gemessenen Daten abgeglichen, wodurch eine Abweichung von einem Sollzustand einer Fahrwegkomponente erkannt wird. Es ist somit möglich, eine Qualitätskontrolle einer Fahrwegkomponente durchzuführen. Beispielsweise wird aus den gemessenen und verarbeiteten Daten durch Vergleich mit einer Sollgeometrie einer Weiche eine Güte eines Radüberlaufes direkt nach einem Einbau bewertet, was eine Qualitätskontrolle einer Weichengeometrie und eines lokalen Einbaus ermöglicht. Darüber hinaus wird dadurch insbesondere zufälliges, von natürlichen Quellen verursachtes Rauschen bzw. Störungen von einem sich annähernden Schienenfahrzeug unterschieden. Rauschen, welches von üblichen Quellen verursacht wird, weist in der Regel eine Gaußverteilung auf. Eine andere statistische Verteilung von Daten deutet auf andere Ursachen hin, beispielsweise auf ein mangelhaftes Schienenfahrzeug selbst, ein unförmiges Rad desselben, eine abgesenkte Schienenweiche oder sonstige Abweichungen. In einem ersten Schritt wird folglich eine statistische Verteilung von Daten ermittelt und überprüft, ob die Daten eine Gaußverteilung aufweisen oder statistisch anders verteilt sind. In einem zweiten Schritt wird daraus eine Ursache des Rauschens ermittelt. Ist keine Gaußverteilung vorhanden, wird das Rauschen von einer Unregelmäßigkeit verursacht. Es hat sich als günstig erwiesen, jene Daten, welche aus einer Belastung der Fahrwegkomponente unmittelbar vor einer Überrollung derselben durch ein Schienenfahrzeug erhalten werden, durch einen sogenannten Kolmogorov-Smirnov-Test automatisiert zu überprüfen.

[0019] Vorteilhaft ist es weiter, wenn die erfassten Daten in einer mit dem Sensor verbundenen und unmittelbar an der Fahrwegkomponente angeordneten Signalverarbeitungsanlage zu Informationen über einen Zustand der Fahrwegkomponente verarbeitet werden. Aus den so verarbeiteten Daten werden Einflüsse von einem überrollenden Fahrzeug wie einem Eisenbahnwaggon und einem Fahrweg bzw. einer Fahrwegkomponente, beispielsweise einer Schienenweiche, ausgewertet. Durch die unmittelbare Messung und Auswertung der Daten an der Fahrwegkomponente wird eine große Anzahl von Daten an Ort und Stelle aufgenommen und ausgewertet. Beispielsweise wird eine Dehnung an mindestens einem Punkt der Fahrwegkomponente insbesondere mittels eines Messstreifens oder optischer Verfahren so erfasst, dass durch insbesondere Zugüberfahrten ausgelöste Sensorsignale zeitlich nach einzelnen Achsen aufgelöst werden und eine Signalthöhe durch einzelne Achslasten bestimmt wird. Durch das Auswerten der Daten unmittelbar an der Fahrwegkomponente wird eine Übertra-

gung von großen Datenmengen eingespart. Des Weiteren ist es nicht mehr notwendig, eine Bahnstrecke für eine Aufnahme von Daten zu sperren, wodurch in weiterer Folge auch ununterbrochen bzw. kontinuierlich Daten aufgezeichnet und ausgewertet werden können. Durch die große Anzahl an erfassten und ausgewerteten Daten wird eine Fahrwegkomponente bzw. deren Zustand besonders genau überwacht, wodurch auch kleine Unregelmäßigkeiten erkannt bzw. erfasst werden.

[0020] Zweckmäßig ist es, wenn bei jeder Überfahrt eines Schienenfahrzeuges über die Fahrwegkomponente von dem zumindest einen Sensor Daten erfasst werden. Dadurch wird eine Fahrwegkomponente wie beispielsweise eine Schienenweiche bei jeder Überrollung eines Schienenfahrzeuges kontinuierlich überwacht. Bei jeder Überfahrt eines Schienenfahrzeuges wird ein Sensorsignal ausgelöst. Im Unterschied zu einer punktuellen Überwachung ist es damit möglich, genauere bzw. zeitlich aufgelöste Voraussagen über einen Zustand einer Fahrwegkomponente zu treffen. Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass die Auswerteergebnisse automatisch und kontinuierlich an zentrale Punkte, wie beispielsweise eine lokale Fahrdienstleitung oder eine Zentrale der Infrastrukturgesellschaft übermittelt werden. Durch die Übermittlung von Auswerteergebnissen anstatt der gemessenen Daten wird eine zu übertragende Datenmenge deutlich reduziert.

[0021] Zur Verfolgung der Veränderung von Daten über längere Zeiträume kann es vorgesehen sein, dass analysierte und reduzierte Daten über beispielsweise Funknetzwerke an Zentralrechner übertragen werden. Insbesondere werden dabei Daten von verschiedenen Messpunkten übertragen und zusammengeführt. Durch eine intelligente Datenanalyse, welche durch Computermodelle der Fahrwegkomponente ermöglicht wird, können Änderungen über einen längeren Zeitraum erfasst und analysiert werden. Daraus können in weiterer Folge Handlungserfordernisse abgeleitet werden, wie beispielsweise eine Vorhersage einer nächsten Inspektion oder eine Planung eines Austausches der Fahrwegkomponente aufgrund eines Erreichens kritischer Verschleißzustände. Durch diese systematische Zusammenführung von reduzierten Daten von verschiedenen Messpunkten können Aussagen über einen Zustand ganzer Fahrwerksnetze getroffen werden. Diese Informationen können weiter zur Verbesserung und Optimierung der Wartungs- und/oder Austauschlogistik herangezogen werden.

[0022] Es ist von Vorteil, wenn vom Sensor zumindest eine Dehnung pro Zeiteinheit der Fahrwegkomponente gemessen wird. Diese wird insbesondere von einem Dehnmessstreifen erfasst, welcher unmittelbar an der Fahrwegkomponente angeordnet wird. Alternativ kann die Dehnung pro Zeiteinheit auch durch ein optisches Dehnmessverfahren ermittelt werden. Aus einem gemessenen zeitlichen Dehnungssignal wird in weiterer Folge beispielsweise eine Geschwindigkeit und/oder eine Beschleunigung eines die Fahrwegkomponente über-

rollenden Schienenfahrzeuges ermittelt.

[0023] Das weitere Ziel wird erreicht, wenn eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist, wobei eine Signalverarbeitungsanlage vorgesehen ist, um vom Sensor erfasste Daten unmittelbar an der Fahrwegkomponente auszuwerten.

[0024] Ein damit erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass durch die direkte Anordnung der Signalverarbeitungsanlage an der Fahrwegkomponente vom Sensor erfasste Daten an Ort und Stelle auswertbar sind. Somit sind erfasste Daten in der Signalverarbeitungsanlage unmittelbar vor Ort zu aussagekräftigen Informationen über einen Zustand einer Fahrwegkomponente wie einer Schienenweiche verarbeitbar. In weiterer Folge ist dadurch ein Zeitpunkt für eine Reparatur bzw. einen Austausch der überwachten Fahrwegkomponente voraussagbar. Insbesondere kann ein Sensor zur Messung bzw. Erfassung einer Dehnung pro Zeiteinheit vorgesehen sein, z. B. ein Dehnungssensor, welcher unmittelbar an der Fahrwegkomponente angeordnet ist. Der Dehnungssensor kann beispielsweise als Dehnmessstreifen oder optische Dehnmesseinrichtung ausgebildet sein. Die Signalverarbeitungsanlage ermittelt aus den vom Sensor erfassten Daten beispielsweise eine Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung eines Schienenfahrzeuges, welches über die Fahrwegkomponente mit dem Sensor fährt. Hierzu ist der Sensor mit der Signalverarbeitungsanlage verbunden. Ein Abstand der Achsen des Schienenfahrzeuges ist im Allgemeinen bekannt, da dieser üblicherweise genormt ist. Weiter kann es vorgesehen sein, dass die Signalverarbeitungsanlage aus den verarbeiteten Daten ohne zusätzliche Sensoren eine Schienenfahrzeugart sowie ein Gewicht und eine Geschwindigkeit des Schienenfahrzeuges ermittelt.

[0025] Grundsätzlich ist es ausreichend, wenn ein einzelner Sensor vorgesehen ist, bevorzugt ein Dehnungssensor. Günstig ist es jedoch, wenn an einer Fahrwegkomponente mehrere Sensoren angeordnet sind, wobei bevorzugt die Sensoren zur Messung unterschiedlicher Daten ausgebildet und mit der Signalverarbeitungsanlage verbunden sind. Die Signalverarbeitungsanlage wertet dann die an diese von jedem Sensor übermittelten Daten aus. Als Sensoren können neben einem Dehnmessstreifen ein Temperatursensor, ein Schallsensor, eine optische Dehnmesseinrichtung und/oder dergleichen vorgesehen sein. Zweckmäßig ist es, wenn die Sensoren unterschiedlicher Art sind, es kann jedoch auch günstig sein, wenn zwei oder mehr gleichartige Sensoren an einer Fahrwegkomponente angeordnet sind.

[0026] Es ist weiter zweckmäßig, wenn an mehreren Fahrwegkomponenten jeweils ein oder mehrere Sensoren sowie jeweils eine Signalverarbeitungsanlage angeordnet sind. Dabei sind beispielsweise an Schienen, an Schienenweichen oder dergleichen jeweils ein oder mehrere Sensoren angeordnet, welche unterschiedliche Daten aufnehmen. Es ist somit ein sogenannter Sensor-

schwarm vorgesehen, wobei die Sensoren in einem Abstand von 100 m bis 1000 m, bevorzugt von 250 m bis 750 m, insbesondere von etwa 500 m, voneinander angeordnet sind. Allgemein gilt, dass ein Abstand zwischen einzelnen Sensoren von einer Streckenführung abhängig ist. So können beispielsweise in einem im Wesentlichen geraden Streckenbereich Sensoren, welche in einem Abstand von 1000 m oder mehr zueinander angeordnet sind, ausreichend sein. Im Gegensatz dazu ist es zweckmäßig, in einem stark belasteten Streckenbereich mit Kurven und Weichen mehrere Sensoren mit einem geringeren Abstand zueinander anzuordnen. Insbesondere ist es günstig, wenn in äquidistanten Abständen eines Streckenbereiches eines Schienennetzwerkes immer die gleiche Anzahl sowie Art von Sensoren angeordnet sind, sodass die jeweiligen erfassten Daten miteinander und/oder gegebenenfalls mit Standarddaten vergleichbar sind. Besonders zweckmäßig ist es, wenn pro Messpunkt nur ein Sensor angeordnet ist, welcher insbesondere als Dehnungssensor ausgebildet ist.

[0027] Um einen möglichst genauen Zustand von mehreren Fahrwegkomponenten und in weiterer Folge von ganzen Fahrwegnetzen erkennen bzw. voraussagen zu können, ist es von Vorteil, wenn die Signalverarbeitungsanlagen miteinander verbunden sind, um erfasste und/oder ausgewertete Daten auszutauschen. Dadurch ist eine noch genauere Zustandsüberwachung und in weiterer Folge Lebensdauerschätzung von Fahrwegkomponenten möglich. Die an einer Fahrwegkomponente vom Sensor oder den Sensoren erfassten Daten werden von jeder Signalverarbeitungsanlage bevorzugt zuerst ausgewertet und die ausgewerteten Daten werden erst anschließend mit den übrigen Signalverarbeitungsanlagen ausgetauscht, um eine Menge an zu übertragenden Daten so gering wie möglich zu halten. Anschließend können die ausgetauschten Daten miteinander verglichen bzw. abgeglichen werden.

[0028] Es ist vorteilhaft, wenn die Signalverarbeitungsanlage eine Einrichtung zur autarken Energieversorgung umfasst. Diese Einrichtung ist beispielsweise als Fotovoltaikanlage ausgebildet. Des Weiteren ist es günstig, wenn die bzw. jede Signalverarbeitungsanlage mit lokalen Energiespeichern sowie einer Vorrichtung zur kabellosen Datenübertragung ausgebildet ist.

[0029] Eine Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung erfolgt mit Vorteil zur Vorhersage von notwendigen Wartungsarbeiten an einer Fahrwegkomponente im Bahnbau.

[0030] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen ergeben sich aus dem nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiel. In den Zeichnungen, auf welchen dabei Bezug genommen wird, zeigen:

Fig. 1 erfasste Daten von unterschiedlichen Schienenfahrzeugen bei einer Fahrt über eine Schienenweiche;

Fig. 2 eine zeitliche Segmentierung von erfassten Daten;

Fig. 3 erfasste und ausgewertete Daten eines Schienenfahrzeuges bei einer Fahrt über eine Schienenweiche;

Fig. 4 erfasste und ausgewertete Daten eines weiteren Schienenfahrzeuges bei einer Fahrt über eine Schienenweiche;

Fig. 5 zeigt erfasste Daten für sechs Schienenfahrzeuge bei einer Fahrt über eine Schienenweiche;

Fig. 6 in Deckung gebrachte Daten gemäß Fig. 5;

Fig. 7 Hüllkurven und Abweichungen.

[0031] Fig. 1 zeigt erfasste Daten von unterschiedlichen Schienenfahrzeugen bei einer Fahrt über eine Schienenweiche. Es ist eine Belastung bzw. Dehnung eines starren Weichenherzes einer Schienenweiche in Abhängigkeit einer Zeit dargestellt. Die Dehnungen bzw. Belastungen des Weichenherzes für unterschiedliche Schienenfahrzeuge sind untereinander gezeigt, es handelt sich hierbei um verschiedene Arten von Passagierzügen und Güterzügen sowie einen Instandhaltungszug.

[0032] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Überwachung einer im Bahnbau verlegten Fahrwegkomponente wird zumindest ein Sensor an der Fahrwegkomponente angeordnet. Für die in Fig. 1 gezeigten Daten ist ein Dehnmessstreifen an einem Weichenherz angeordnet, um eine Dehnung pro Zeiteinheit der Fahrwegkomponente zu messen. Die erfassten Daten werden dann unmittelbar an der Fahrwegkomponente ausgewertet, wofür direkt an dieser eine Signalverarbeitungsanlage angeordnet wird.

[0033] Bei der Auswertung der erfassten Daten werden charakteristische Muster in denselben zur Identifikation einer Schienenfahrzeugart genutzt. Bei allen Schienenfahrzeugen wird an einem Messpunkt eine Belastung der entsprechenden Fahrwegkomponente vor, während und nach einer Überfahrt eines Schienenfahrzeuges gemessen, wobei die Daten segmentiert werden. Dies ist aus Fig. 1 ersichtlich, worin maximale Ausschläge der Dehnungsmessungen einzelnen Achsen der über Schienenweichen rollenden Schienenfahrzeuge entsprechen. Die zeitlich ersten starken Ausschläge entsprechen also den Achsen eines Triebfahrzeuges und die zeitlich nachfolgenden Ausschläge den Achsen der darauffolgenden Waggons. Die zeitlich vorher bzw. nachher aufgenommenen Daten entsprechen einem Signal des Sensors vor bzw. nach der Überfahrt des Weichenherzes. Daraus folgt, dass ein Schienenfahrzeug den an einer Schienenweiche angebrachten Sensor bereits vor und auch nach einer Überfahrt zu messbaren Schwingungen anregt. Auch diese erfassten Daten werden zur Zustandsüberwachung der Schienenweiche verwendet.

[0034] Es ist zweckmäßig, aufgenommene Daten zu segmentieren, da es aufgrund der unterschiedlichen Schienenfahrzeugarten bzw. Geschwindigkeiten nicht möglich ist, aufgenommene Daten unmittelbar zu vergleichen. Obwohl die Geschwindigkeiten gleichartiger Schienenfahrzeuge aufgrund einer vorgegebenen Stre-

ckengeschwindigkeit nur geringfügig streuen, ist es zweckmäßig, die Geschwindigkeit jedes einzelnen Schienenfahrzeuges über den genormten Achsenabstand direkt aus den Dehnungssignalen zu ermitteln. Eine solche zeitliche Segmentierung eines kontinuierlichen Messsignals eines Dehnmessstreifens ist in Fig. 2 gezeigt, wobei drei Bereiche A, B, C erkennbar sind. Die Segmentierung wird durchgeführt, um eine Belastung der Schienenweiche in einen Bereich A vor, einen Bereich B während und einen Bereich C nach einem Überlauf des Schienenfahrzeuges über den an der Schienenweiche angeordneten Sensor aufzutrennen. Darüber hinaus kann die zeitliche Segmentierung zusätzlich oder alternativ zur Auftrennung von Überlaufsignalen eines Triebfahrzeuges und von Waggons sowie zur getrennten Analyse von einzelnen Achsen verwendet werden.

[0035] Eine Überwachung der Statistik der Dehnungssignale vor und/oder nach einem eigentlichen Schienenweichenüberlauf ermöglicht es, ohne Einschränkungen laufende Schienenfahrzeuge von Schienenfahrzeugen mit fehlerhaftem Laufverhalten zu unterscheiden. Einem Bahnbetreiber können folglich solche Informationen geliefert werden. Darüber hinaus können ohne Einschränkungen laufende Schienenfahrzeuge für eine Zustandsüberwachung des Fahrwegs herangezogen werden. Ferner ist es möglich, Statistiken der Dehnungssignale vor und nach einem Schienenweichenüberlauf zu vergleichen. Dadurch werden weitere Informationen über einen Zustand der Schienenweiche gewonnen, wie beispielsweise eine durch den Überlauf verursachte bleibende Verformung derselben.

[0036] Fig. 3 und 4 zeigen jeweils aufgenommene und ausgewertete Daten einer Schienenfahrzeugüberfahrt eines Weichenherzes. Der jeweils oberste Teil zeigt die vom Sensor erfassten Daten vor einem Sensorüberlauf, wobei eine Dehnung pro Zeiteinheit aufgenommen wird. Im mittleren Teil ist ein Histogramm des erfassten Signals als dehnungsabhängige Frequenz dargestellt. Im untersten Teil ist jeweils eine Auswertung des Signals durch den Kolmogorow-Smirnow-Test. Durch eine solche Auswertung wird zufälliges, von üblichen Quellen verursachtes Rauschen von Rauschen bzw. Störungen, welche von einem sich annähernden Schienenfahrzeug verursacht werden, unterschieden. Rauschen, welches von natürlichen Quellen verursacht wird, weist üblicherweise eine Gaußverteilung auf. Eine andere statistische Verteilung deutet auf andere Ursachen hin, beispielsweise auf ein fehlerhaftes Schienenfahrzeug selbst, ein unförmiges Rad desselben, ein abgenutztes Weichenherz oder sonstige Einflüsse.

[0037] Fig. 3 zeigt eine Gaußverteilung, wohingegen Fig. 4 eine davon abweichende Verteilung zeigt und die Daten oszillierende Anteile aufweisen. Dies erlaubt die Schlussfolgerung, dass die in den in Fig. 4 aufgenommenen und ausgewerteten Daten eine Abweichung von einem Normzustand darstellen. In diesem Fall können einzelne Flachstellen in Rädern, welche beispielsweise durch nicht normgerechte Bremsungen verursacht wer-

den und zu einem unrunder Laufverhalten führen, identifiziert werden. Weiter können bei Schienenfahrzeugen, welche im Vorlauf eine Gaußverteilung aufweisen, Überlaufsignale für eine Zustandsüberwachung der Weiche herangezogen werden.

[0038] Fig. 5 zeigt erfasste Daten für sechs ohne Einschränkungen laufende Schienenfahrzeuge bei einer Fahrt über eine Schienenweiche. Daten von solchen Schienenfahrzeugen weisen im Vorlauf eine Gaußverteilung auf. Es handelt sich bei diesem Beispiel um einen in regelmäßigen Abständen über eine mit einem Sensor instrumentierte Schienenweiche fahrenden Personenzug. In gleicher Weise können auch Triebfahrzeuge von Güterzügen verglichen werden, da dabei ebenfalls in regelmäßigen Abständen gleichartige Schienenfahrzeuge eine Schienenweiche passieren. Es ist zwar möglich, die Dehnungsmessung mit Informationen über eine Schienenfahrzeugart zu koppeln. Eine eindeutige Identifikation unterschiedlicher Schienenfahrzeuge ist jedoch auch ohne eine solche Zusatzinformation möglich.

[0039] In Fig. 5 gezeigte Rohdaten einer Zeit-Dehnungssignalmessung können über einen in der Regel genormten Achsenabstand hinsichtlich einer tatsächlichen Geschwindigkeit des Schienenfahrzeuges korrigiert und anschließend zur Deckung gebracht werden. Dies ist in Fig. 6 gezeigt. Dadurch wird ein direkter Vergleich von Zeit-Dehnungskurven der zu unterschiedlichen Zeiten über die Schienenweiche fahrenden Schienenfahrzeuge möglich. Unabhängig von einem Schienennetz (Schwerlastnetz, Personenzugnetz oder Mischverkehrsnetz) ist davon auszugehen, dass während der Lebensdauer einer Fahrwegkomponente diese in regelmäßigen Abständen von gleichartigen Schienenfahrzeugen überfahren wird. Es ist daher zweckmäßig, die auf diese Weise gewonnenen typischen Kurven für einzelne Schienenfahrzeugarten mit statistischen Methoden weiter auszuwerten und die Signale einer oder mehrerer typischer Schienenfahrzeugarten für die Zustandsüberwachung der Fahrwegkomponente zu nutzen.

[0040] Aus den auf eine gleiche Zeitachse skalierten Zeit-Dehnungskurven gemäß Fig. 6 werden durch Anwendungen von statischen Methoden gewünschte Hüllkurven für jede Schienenfahrzeugart gewonnen, aus welchen in weiterer Folge ein Zustand einer Fahrwegkomponente ermittelt und vorausgesagt wird. Fig. 7 zeigt eine aus den in Fig. 5 und 6 gezeigten Überläufen desselben Schienenfahrzeuges an unterschiedlichen Tagen einer Woche ermittelte Hüllkurve sowie eine Abweichung von einzelnen Messungen von derselben. Auf diese Weise kann jede neue Überfahrt derselben Schienenfahrzeugart mit den vorhergehenden verglichen werden. Eine Langzeitüberwachung einer Form der Hüllkurve erlaubt somit direkte Rückschlüsse auf einen Zustand einer Fahrwegkomponente. Des Weiteren werden über die Hüllkurve fortdauernde Änderungen erkannt.

[0041] Eine kontinuierliche Veränderung der Hüllkurve einer spezifischen Schienenweiche deutet beispielsweise auf normalen Verschleiß hin, während eine sprunghafte

Änderung der Hüllkurve auf Ausbrüche im Bereich eines Radüberganges hinweist. Es ist zweckmäßig, die unterschiedlichen Veränderungen von Hüllkurven mit Computersimulationen eines Radüberlaufes für einen spezifischen Weichentyp und einer gewählten Schienenfahrzeugart zu kombinieren, um eine Korrelation zwischen einer gemessenen Veränderung der Hüllkurven und einer physikalischen Veränderung der Fahrwegkomponente zu verbessern. Da solche Computersimulationen sehr aufwendig sind, ist es günstig, Ergebnisse einer Computersimulation zu beispielsweise einem Einfluss einer verschleißbedingten Geometrieänderung eines Fahrweges auf eine Form der Hüllkurve vorab zu erstellen. Im Betrieb können gemessene Hüllkurven sodann vor Ort mit berechneten Kurven verglichen werden. Auf diese Weise ist eine Bewertung einer Zustandsveränderung in Echtzeit möglich. In weiterer Folge ermöglicht dies auch eine Vorhersage einer Zustandsentwicklung einer Schienenweiche.

Patentansprüche

1. Verfahren zur insbesondere kontinuierlichen Zustandsüberwachung zumindest einer im Bahnbau verlegten Fahrwegkomponente, insbesondere einer Schienenweiche, mit zumindest einem an der Fahrwegkomponente angeordneten Sensor, wobei vom Sensor bei und zusätzlich vor und/oder nach einer Überrollung der Fahrwegkomponente durch ein Schienenfahrzeug Daten erfasst werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erfassten Daten zeitlich segmentiert werden, wobei aus den erfassten und segmentierten Daten ein Zustand der Fahrwegkomponente ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erfassten und zeitlich segmentierten Daten mit statistischen Methoden und/oder Hüllkurven ausgewertet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Daten zeitlich aufgetrennt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erfassten Daten in einer mit dem Sensor verbundenen und unmittelbar an der Fahrwegkomponente angeordneten Signalverarbeitungsanlage zu Informationen über einen Zustand der Fahrwegkomponente verarbeitet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei jeder Überfahrt eines Schienenfahrzeuges über die Fahrwegkomponente von dem zumindest einen Sensor Daten erfasst werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** vom Sensor zumindest eine Dehnung pro Zeiteinheit der Fahrwegkomponente gemessen wird.
7. Vorrichtung zur insbesondere kontinuierlichen Zustandsüberwachung von zumindest einer im Bahnbau verlegten Fahrwegkomponente, wie einer Schienenweiche, umfassend zumindest einen an der Fahrwegkomponente angeordneten Sensor, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 ausgebildet ist, wobei eine Signalverarbeitungsanlage vorgesehen ist, um vom Sensor erfasste Daten unmittelbar an der Fahrwegkomponente auszuwerten.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einer Fahrwegkomponente mehrere Sensoren angeordnet sind, wobei bevorzugt die Sensoren zur Messung unterschiedlicher Daten ausgebildet und mit der Signalverarbeitungsanlage verbunden sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** an mehreren Fahrwegkomponenten jeweils ein oder mehrere Sensoren sowie jeweils eine Signalverarbeitungsanlage angeordnet sind.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Signalverarbeitungsanlagen miteinander verbunden sind, um erfasste und/oder ausgewertete Daten auszutauschen.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Signalverarbeitungsanlage eine Einrichtung zur autarken Energieversorgung umfasst.

Claims

1. A method for the, in particular, continuous condition monitoring of at least one track component laid in railway construction, in particular a swivel plate, with at least one sensor arranged on the track component, wherein data are detected by the sensor when and also before and/or after a railway vehicle rolls over the track component, **characterised in that** the detected data are temporally segmented, wherein a condition of the track component is determined from the detected and segmented data.
2. The method according to claim 1, **characterised in that** the detected and temporally segmented data are evaluated with statistical methods and/or envelope curves.

3. The method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the data are separated temporally.
4. The method according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the detected data are processed in a signal processing system connected to the sensor and arranged directly on the track component into information relating to a condition of the track component.
5. The method according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** data are detected by the at least one sensor each time a railway vehicle travels over the track component.
6. The method according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** at least one revolution per unit of time of the track component is measured by the sensor.
7. A device for the, in particular, continuous condition monitoring of at least one track component laid in railway construction, such as a swivel plate, comprising at least one sensor arranged on the track component, **characterised in that** the device is designed for performing a method according to any one of claims 1 to 6, wherein a signal processing system is provided in order to evaluate data detected by the sensor directly on the track component.
8. The device according to claim 7, **characterised in that** a plurality of sensors are arranged on a track component, wherein the sensors are preferably designed for the measurement of different data and are connected to the signal processing system.
9. The device according to claim 7 or 8, **characterised in that** in each case one or more sensors and in each case a signal processing system are arranged on a plurality of track components.
10. The device according to claim 9, **characterised in that** the signal processing systems are connected to one another in order to exchange detected and/or evaluated data.
11. The device according to any one of claims 7 to 10, **characterised in that** the signal processing system comprises a device for a self-sufficient energy supply.

Revendications

1. Procédé pour la surveillance d'état, en particulier en continu, d'au moins un composant de voie posé dans le domaine de la construction de voies ferrées, en particulier d'un aiguillage, avec au moins un capteur

- disposé au niveau du composant de voie, dans lequel des données sont détectées par le capteur pendant, et additionnellement avant et/ou après, un passage d'un véhicule ferroviaire sur le composant de voie, **caractérisé en ce que** les données détectées sont segmentées dans le temps, un état du composant de voie étant déterminé à partir des données détectées et segmentées. 5
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les données détectées et segmentées dans le temps sont analysées avec des méthodes statistiques et/ou des enveloppantes. 10
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les données sont séparées dans le temps. 15
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les données détectées sont traitées dans une unité de traitement de signaux reliée au capteur et disposée directement au niveau du composant de voie pour donner des informations sur un état du composant de voie. 20
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**à chaque passage d'un véhicule ferroviaire sur le composant de voie, des données sont détectées par l'au moins un capteur. 25
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le capteur mesure au moins un allongement par unité de temps du composant de voie. 30
7. Dispositif pour la surveillance d'état, en particulier en continu, d'au moins un composant de voie posé dans le domaine de la construction de voies ferrées, tel un aiguillage, comprenant au moins un capteur disposé au niveau du composant de voie, **caractérisé en ce que** le dispositif est réalisé pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel une unité de traitement de signaux est prévue pour analyser des données détectées par le capteur directement au niveau du composant de voie. 35 40 45
8. Dispositif selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** plusieurs capteurs sont disposés au niveau d'un composant de voie, dans lequel les capteurs sont de préférence réalisés pour la mesure de différentes données et sont reliés à l'unité de traitement de signaux. 50
9. Dispositif selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce qu'**au niveau de plusieurs composants de voie sont disposés respectivement un ou plusieurs capteur(s) ainsi que respectivement une unité de traitement de signaux. 55
10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les unités de traitement de signaux sont reliées entre elles pour échanger des données détectées et/ou analysées.
11. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 10, **caractérisé en ce que** l'unité de traitement de signaux comprend un dispositif pour l'alimentation en énergie autosuffisante.

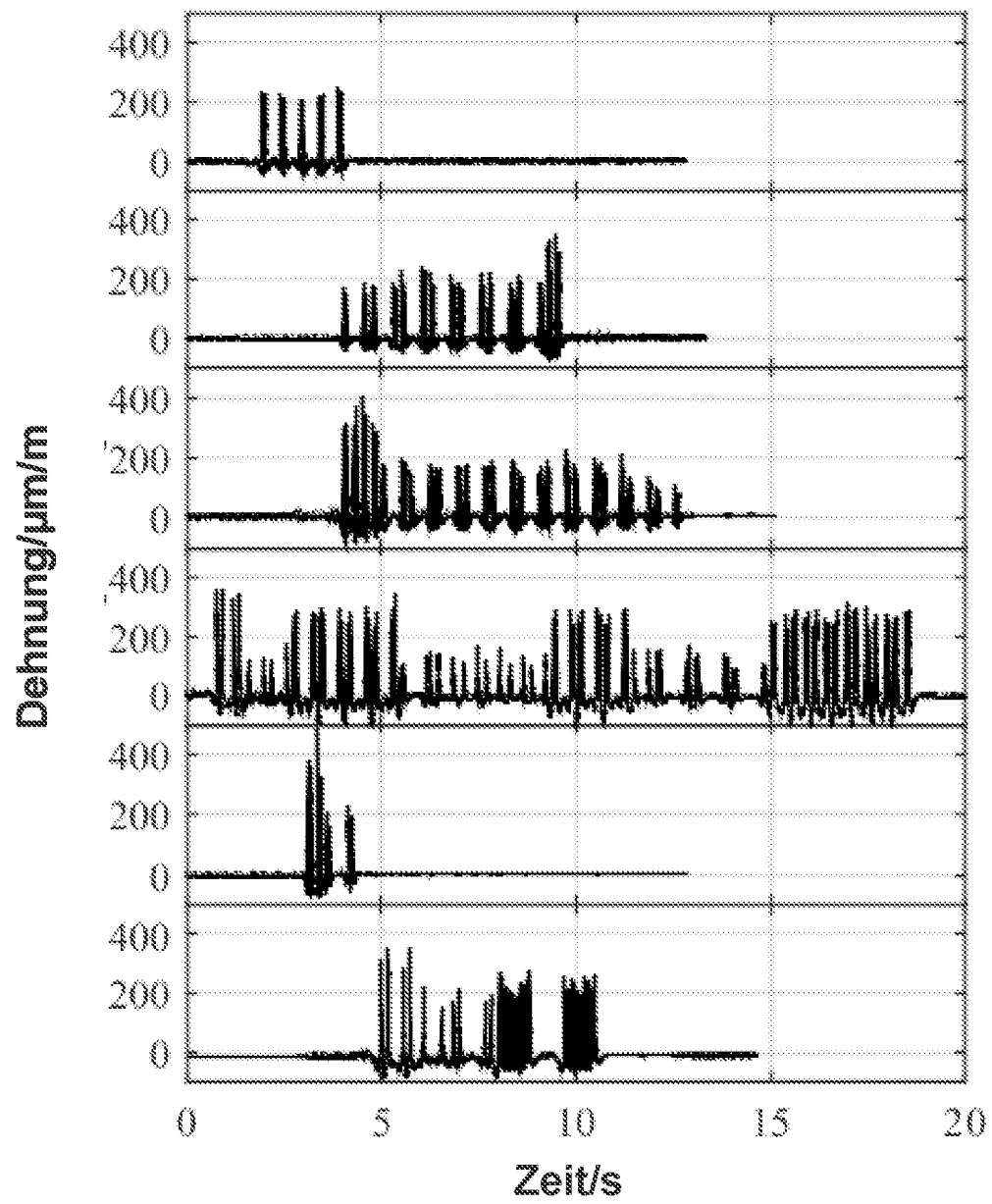


Fig. 1

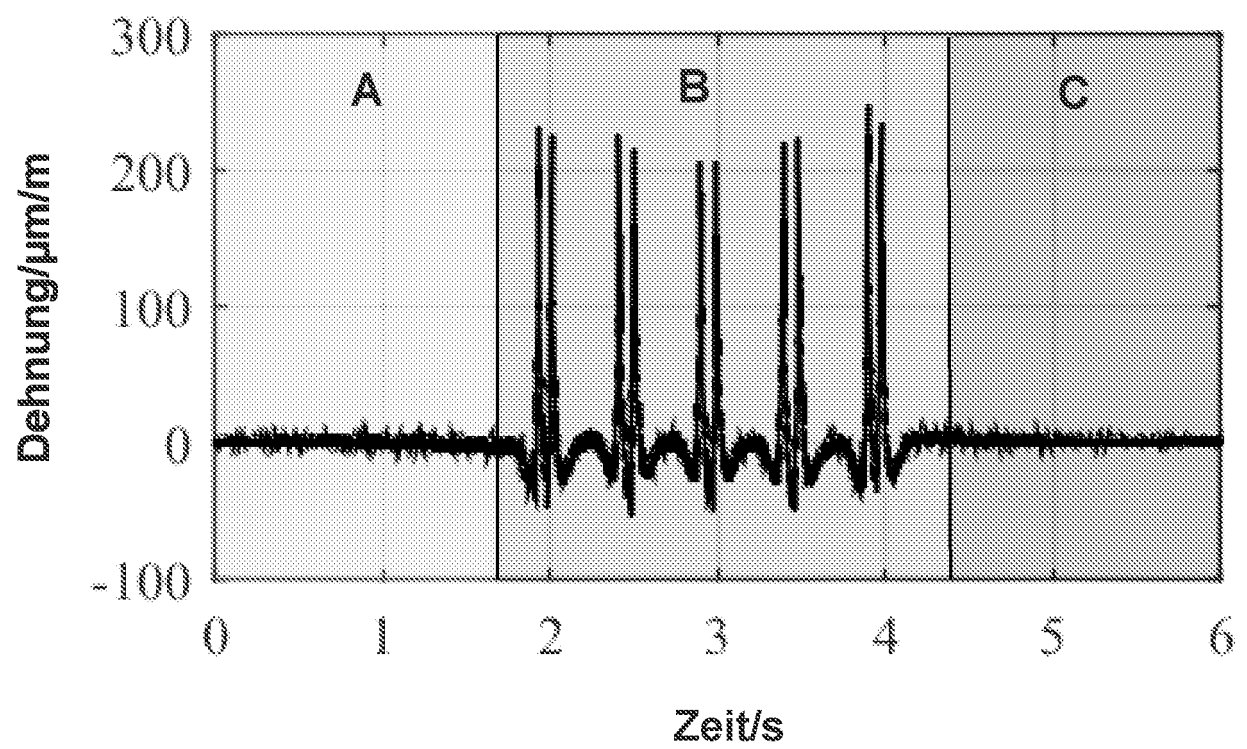
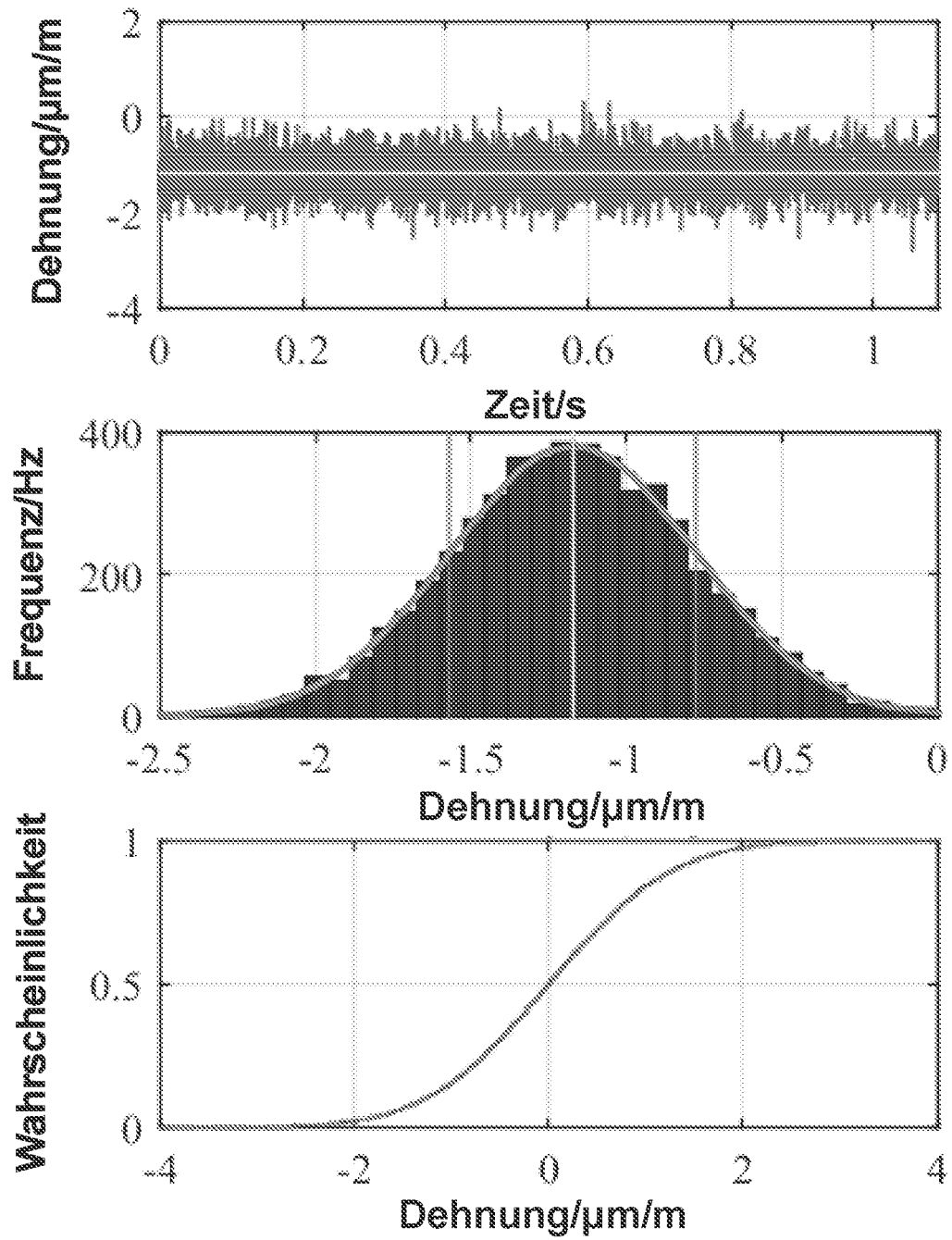
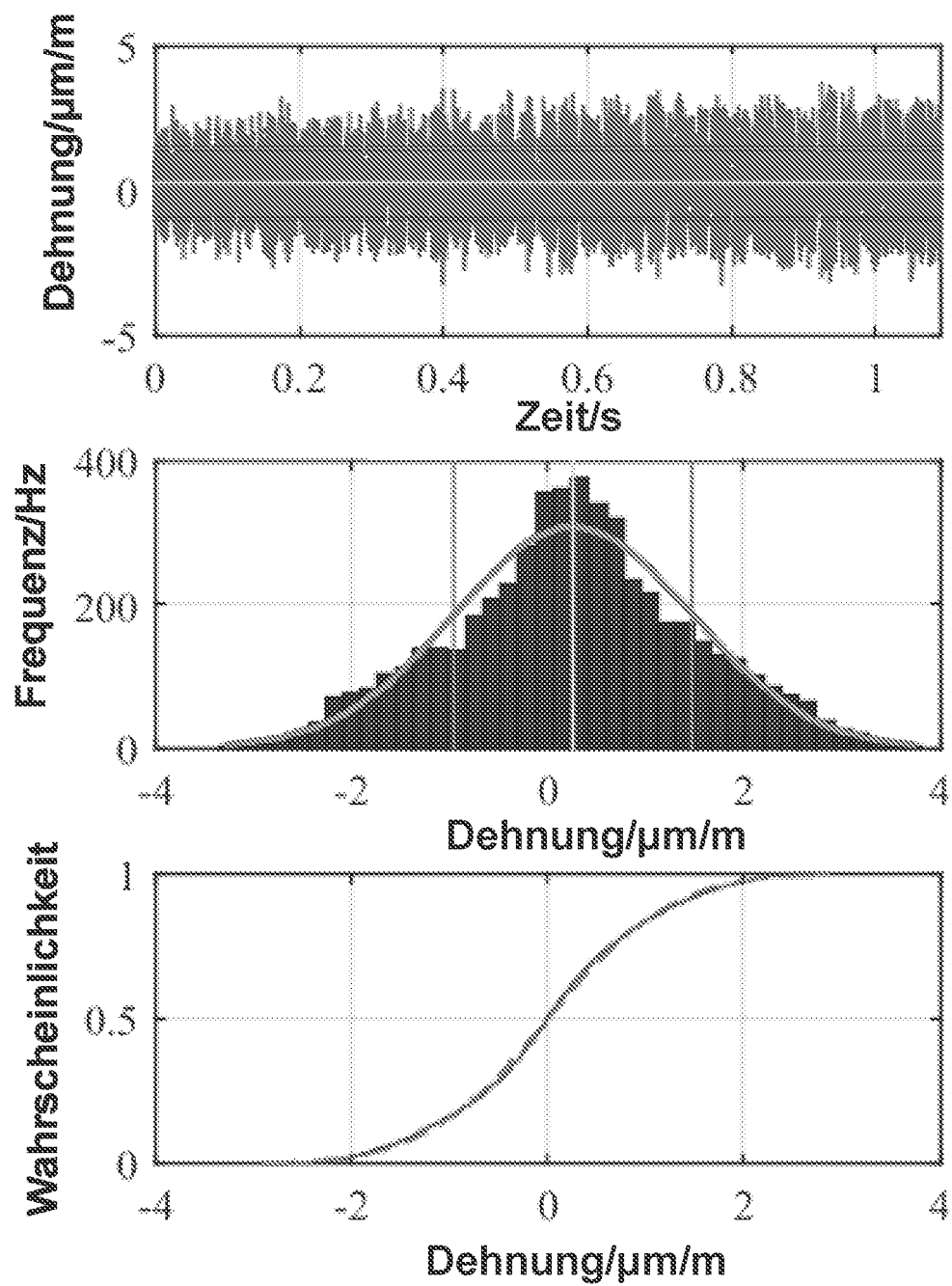
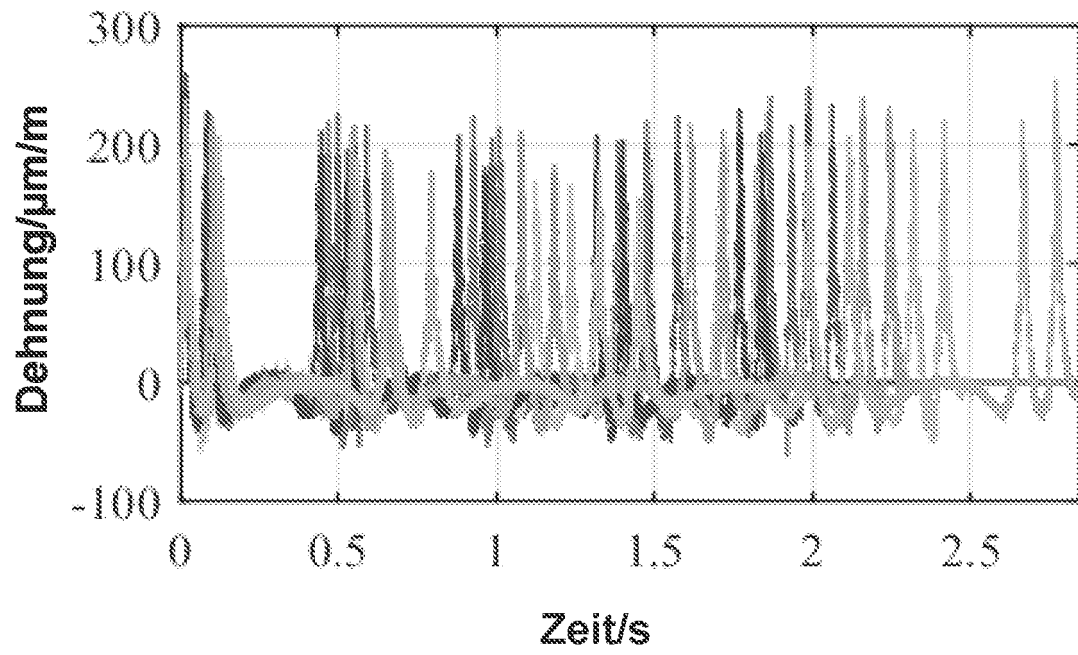
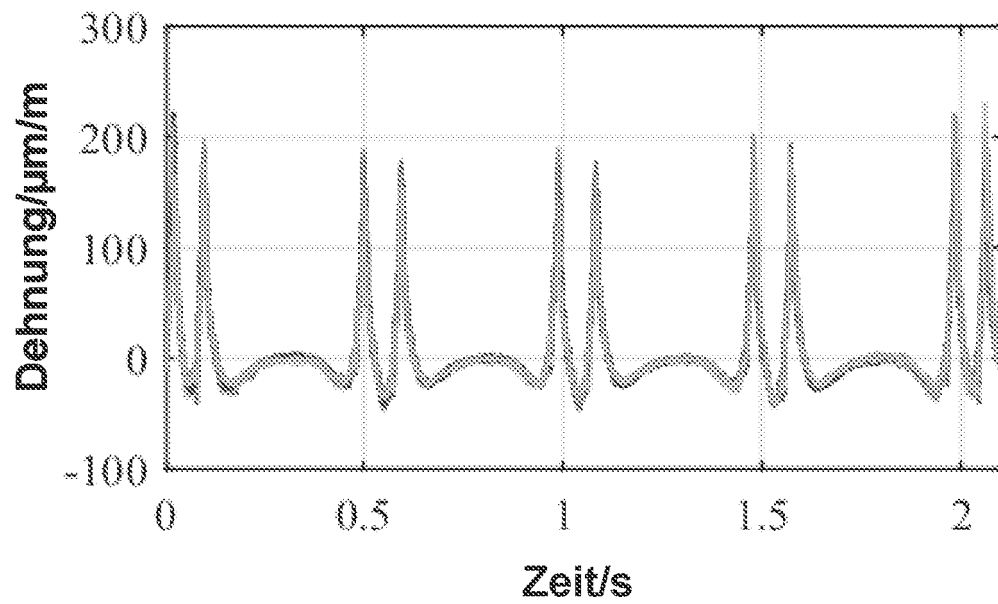
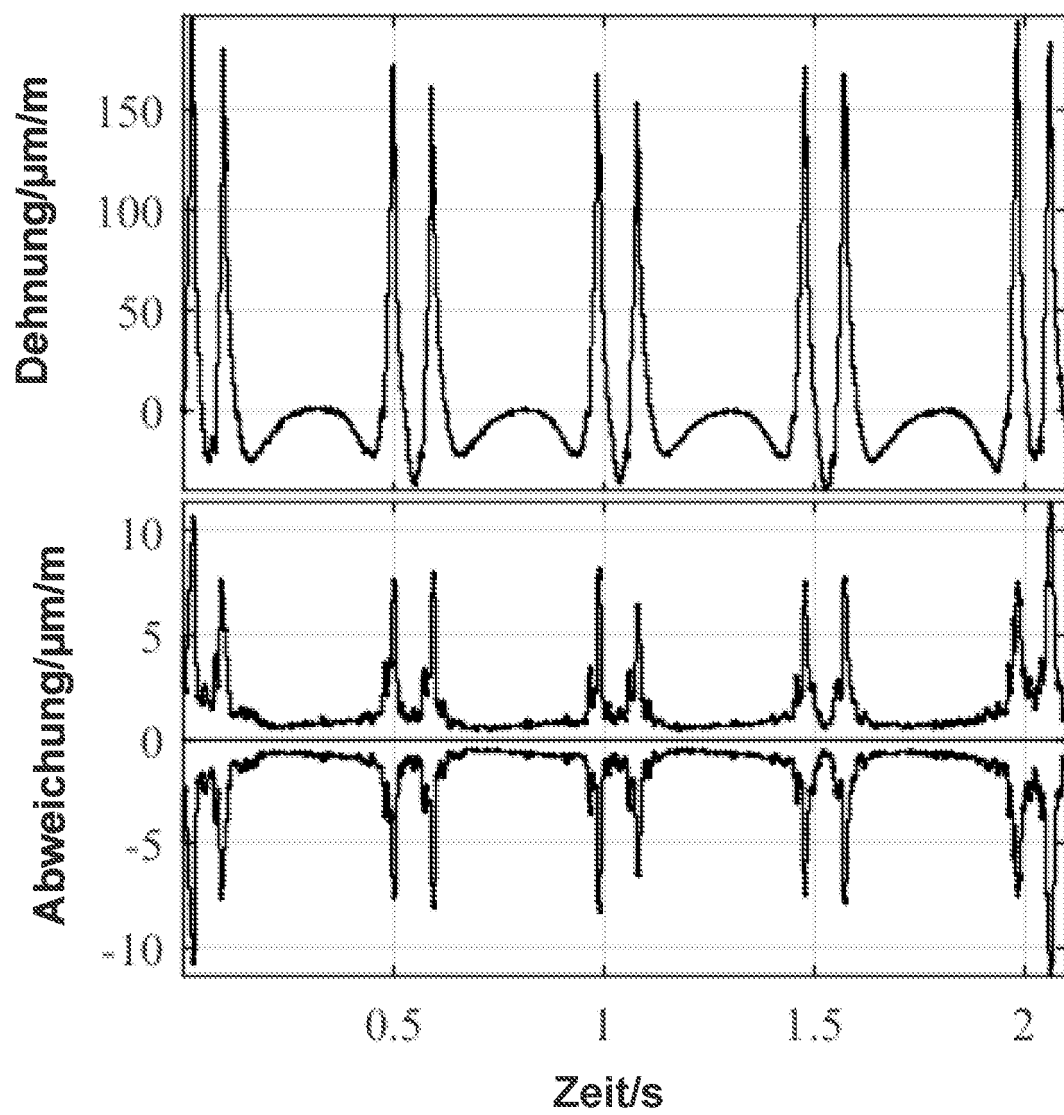


Fig. 2

**Fig. 3**

**Fig. 4**

**Fig. 5****Fig. 6**

**Fig. 7**

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2006032307 A1 **[0004]**
- WO 02090166 A1 **[0005]**
- EP 2022698 A2 **[0006]**
- EP 0344145 A1 **[0007]**