



(11) **EP 4 431 365 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.02.2025 Patentblatt 2025/07

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 25/02^(2006.01) B61L 15/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23162540.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 25/026; B61L 15/0081

(22) Anmeldetag: **17.03.2023**

(54) **DREHGEBER ZUR STÖRSTELLENDETEKTION SOWIE ZUG MIT EINEM DREHGEBER**
ROTARY ENCODER FOR DETECTING IMPURITIES AND TRAIN HAVING A ROTARY ENCODER
CAPTEUR DE ROTATION POUR LA DÉTECTION DE DÉFAUTS AINSI QUE TRAIN DOTÉ D'UN
CAPTEUR DE ROTATION

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- **Itin, Lukas**
8400 Winterthur (CH)
- **Hartmann, Marc Bo**
78467 Konstanz (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.09.2024 Patentblatt 2024/38

(74) Vertreter: **Strauss, Steffen**
Baumer Innotec AG
Group Intellectual Property
Hummelstrasse 17
8501 Frauenfeld (CH)

(73) Patentinhaber: **Baumer Electric AG**
8500 Frauenfeld (CH)

(72) Erfinder:
• **Hohl, Michael**
8405 Winterthur (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A1- 2004 083 811 US-A1- 2012 259 487
US-A1- 2016 144 876

EP 4 431 365 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 vorliegende Erfindung betrifft einen Drehgeber für ein rotierendes Schienenrad.

[0002] Ferner betrifft die vorliegende Erfindung einen Zug nach Anspruch 12.

[0003] Drehgeber zum Erfassen einer Rotationsbewegung eines auf einem Schienenabschnitt rotierbaren Schienenrads sind allgemein bekannt, z.B. aus der US 2012/259487 A1.

[0004] Solche Drehgeber werden zum Erfassen einer Rotationsbewegung des Schienenrads oder einer zwei Schienenräder umfassenden Radachse verwendet und Erzeugen ein analoges oder digitales Rotationspositionssignal, das die Drehbewegung des Schienenrads abbildet. Neben der Drehzahl des überwachten Schienenrads lässt sich aus dem Rotationspositionssignal auch die Rotationsrichtung sowie die auf das Schienenrad wirkende Rotationsbeschleunigung in Echtzeit bestimmen. Das Rotationspositionssignal wird oft einem Regelkreis zugeführt, um die Rotationsbewegung nach einer Sollwertvorgabe gezielt über eine Antriebseinheit zu beeinflussen.

[0005] Nachteilig bei bekannten Drehgebern ist, dass Störstellen im Schienenrad und/oder im Schienenabschnitt nicht detektierbar sind, weshalb die Schienenräder auf einem Prüfstand mittels separater Messtechnik vermessen werden müssen.

[0006] Daher ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile zu überwinden. Insbesondere ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Drehgeber bereitzustellen, der neben dem ausschließlichen Erfassen einer Drehbewegung eines auf einem Schienenabschnitt rotierbaren Schienenrads auch eine Aussage über den Zustand und/oder die Verfassung des Schienenrads und/oder des Schienenabschnitts treffen kann. Ferner ist es auch die Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen Zug anzugeben, der einen entsprechenden Drehgeber umfasst, um den Zustand und/oder die Beschaffenheit eines Schienenrads des Zugs und/oder eines Schienenabschnitts, auf dem der Zug verkehrt, im rotierenden Betrieb des Schienenrads, also im Fahrbetrieb des Zugs, zu erfassen.

[0007] Diese Aufgabe wird durch einen Drehgeber mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ferner wird die Aufgabe durch einen Zug mit einem erfindungsgemäßen Drehgeber gelöst.

[0008] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben. In den Rahmen der Erfindung fallen sämtliche Kombinationen aus zumindest zwei von in der Beschreibung, den Ansprüchen und/oder den Figuren offenbarten Merkmalen.

[0009] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Drehgeber zum Erfassen einer Beschleunigung, die auf ein Schienenrad unabhängig von einer möglichen Rotationsbewegung des Schienenrads, insbesondere auf den Radmittelpunkt, einwirkt. Anders ausgedrückt, der

Drehgeber ist dazu ausgebildet, die auf ein Schienenrad einwirkende Beschleunigung unabhängig von einer Rotationsbewegung des Schienenrads auf einem Schienenabschnitt zu erfassen. Eine solche Beschleunigung wird insbesondere durch eine auf das Schienenrad einwirkende Kraft erzeugt, die in Vertikalrichtung und/oder entlang der Vertikalen wirkt und somit orthogonal zu einer Horizontalrichtung und/oder der Horizontalen ausgerichtet ist.

[0010] Der erfindungsgemäße Drehgeber umfasst Rotationserfassungsmittel, die so ausgebildet und/oder eingerichtet sind, dass die Rotationsbewegung des Schienenrads und/oder einer zwei Schienenräder umfassenden Radachse durch wenigstens ein Rotationspositionssignal erfassbar ist.

[0011] Ferner umfasst der erfindungsgemäße Drehgeber Beschleunigungserfassungsmittel, die so ausgebildet sind, dass eine unabhängig von der Rotationsbewegung auf das Schienenrad wirkende Beschleunigung, die bevorzugt auf den Radmittelpunkt und besonders bevorzugt in Vertikalrichtung wirkt, durch wenigstens ein Beschleunigungssignal erfassbar ist. Anders ausgedrückt, die Beschleunigungserfassungsmittel sind zum Erfassen einer in Vertikalrichtung und/oder entlang einer Vertikalachse wirkenden Kraft ausgebildet, die auf den Radmittelpunkt einwirkt und in einer Beschleunigung des Radmittelpunkts in Vertikalrichtung resultiert.

[0012] Weiterhin umfasst der erfindungsgemäße Drehgeber Störstellendetektionsmittel, die so ausgebildet sind, dass das wenigstens eine Beschleunigungssignal auf wenigstens eine Abnormalität überwachbar ist, um eine Störstelle im Schienenrad und/oder im Schienenabschnitt zu erfassen.

[0013] Im Sinne der vorliegenden Erfindung kann eine Abnormalität durch einen transienten Signalpeak, also ein kurzzeitiger Signalausschlag, im Beschleunigungssignal ausgebildet sein. Eine Abnormalität kann auch durch eine positive und/oder negative Überhöhung in der Amplitude des Beschleunigungssignals und/oder durch eine gerichtete und/oder impulsartige Beschleunigung ausgebildet sein. Ferner kann es sich bei einer Abnormalität um einen einzelnen Signalpeak oder um mehrere, insbesondere hochfrequente und/oder unmittelbar aufeinander folgende, Signalpeaks handeln.

[0014] Bevorzugt sind die Störstellendetektionsmittel zum Erfassen einer Abnormalität so eingerichtet, dass das Beschleunigungssignal über mehrere Vollumdrehungen des Schienenrads erfasst und/oder ausgewertet wird, um eine Abnormalität im Signalverlauf zu erkennen.

[0015] Besonders bevorzugt sind die Störstellendetektionsmittel zum Erfassen einer Abnormalität zur Mittelwertbildung eingerichtet, um aus dem Beschleunigungssignal gemittelte Beschleunigungswerte des Schienenrads zu erfassen und um eine Abnormalität in den gemittelten Beschleunigungswerten zu erkennen.

[0016] Ganz besonders bevorzugt sind die Störstellendetektionsmittel zum Erfassen einer Abnormalität so eingerichtet, dass die Beschleunigungswerte oder die

gemittelten Beschleunigungswerte auf das Überschreiten eines Schwellwerts überwacht werden. Der Schwellwert kann ein statischer Wert sein, der manuell aufgrund von Erfahrungswerten vorgebar ist. Alternativ kann der Schwellwert auch dynamisch gebildet werden, um beispielsweise eine Beurteilung des Signalpeaks hinsichtlich des bisherigen Verlaufs des Beschleunigungssignals, insbesondere über eine Mittelwertbildung, zu erzielen.

[0017] Das Rotationspositionssignal bildet die Rotationsbewegung des Schienenrads ab und/oder codiert bevorzugt, insbesondere im Zusammenhang mit einem absoluten Drehgeber mit absoluten Rotationserfassungsmitteln, einen mit dem Schienenabschnitt in Kontakt stehenden Drehwinkelteilbereich in Abhängigkeit einer Zeitbasis und/oder eines Taktgebers. Das Schienenrad ist bevorzugt in eine Vielzahl von Drehwinkelteilbereichen unterteilt.

[0018] Das Rotationspositionssignal, das mittels der Rotationserfassungsmittel erzeugbar ist, ist bevorzugt als ein analoges oder als ein digitales Signal ausgebildet. Besonders bevorzugt codiert und/oder beschreibt das Rotationspositionssignal eine Vielzahl von Rotationspositionen des Schienenrads.

[0019] Durch eine zeitliche Ableitung kann aus dem Rotationspositionssignal ein Geschwindigkeitssignal des Schienenrads gebildet werden. Durch eine Ableitung des Geschwindigkeitssignal kann ein Beschleunigungssignal des Schienenrads generiert werden, wobei dieses Beschleunigungsdrehsignal sich auf die Drehbewegung des Schienenrads bezieht und somit insbesondere im Wesentlichen unabhängig von dem mittels den erfindungsgemäßen Beschleunigungserfassungsmitteln erfassbaren Beschleunigungssignal wirkt.

[0020] Das Rotationspositionssignal wird bevorzugt zur Überwachung der Rotationsbewegung des Schienenrads ausgewertet. Neben dem ausschließlichen Überwachen der Rotationsbewegung kann das Rotationspositionssignal auch als eine Eingangsgröße eines Regelkreises genutzt werden, um die Rotationsbewegung des Schienenrads nach einer Sollwert-Vorgabe über eine Antriebseinheit zu beeinflussen. Besonders bevorzugt ist zudem, wenn das Rotationspositionssignal in Form von zwei rechteckförmigen Signalen ausgebildet ist, wobei sich aus der Frequenz und der Phasenlage dieser Rechtecksignale die Drehzahl und die Rotationsrichtung des Schienenrads bestimmen lässt.

[0021] Die Beschleunigungserfassungsmittel stehen mit dem Schienenrad und/oder der Radachse in Wirkverbindung, wobei in einem rotierenden Betriebszustand des Schienenrads, also in einem Zustand in dem das Schienenrad auf dem Schienenabschnitt mit einer beliebigen Drehzahl ungleich Null rotiert, sich die Rotationsbewegung des Schienenrads nicht unmittelbar auf eine in Vertikalrichtung wirkende Beschleunigung auswirkt, die mittels der Beschleunigungserfassungsmittel erfassbar ist. Bevorzugt sind die Beschleunigungserfassungsmittel somit im Wesentlichen ortsfest an einer Träger-

einheit, insbesondere einem Radlagergehäuse, montiert.

[0022] Bei der Störstelle, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung im Schienenrad durch das Auswerten des Beschleunigungssignal erfasst wird, kann es sich um eine Flachstelle im Schienenrad handeln.

[0023] Eine Störstelle im Schienenabschnitt kann durch einen horizontalen und/oder vertikalen Versatz zwischen zwei Schienenelementen ausgebildet sein, die gemeinsam den Schienenabschnitt ausbilden. Eine solche Störstelle im Schienenabschnitt wird in der vorliegenden Erfindung als Schienenstoß und/oder einen Schienenübergang bezeichnet.

[0024] Weiterbildend ist es vorgesehen, dass die Rotationserfassungsmittel und die Beschleunigungserfassungsmittel so miteinander in Wirkverbindung stehen, dass einer Rotationsposition des Rotationspositionssignals ein Beschleunigungswert des Beschleunigungssignals zuordenbar ist.

[0025] Anders ausgedrückt, die Rotationserfassungsmittel und die Beschleunigungserfassungsmittel umfassen einen gemeinsamen Taktgeber und/oder Zeitgeber, weshalb einem beliebigen Beschleunigungswert des Beschleunigungssignals eine zugehörige Rotationsposition des Positionssignals zugeordnet werden kann. Vorteilhaft kann somit die auf das Schienenrad einwirkende Beschleunigung in Abhängigkeit der Rotationsposition des Schienenrads erfasst und/oder analysiert werden.

[0026] Gemäß einer Weiterbildung umfassen die Störstellendetektionsmittel Überwachungsmittel, die zum Auswerten des Beschleunigungssignals in Abhängigkeit des Rotationspositionssignals ausgebildet sind, derart, dass eine drehpositions feste Störstelle als eine Flachstelle im Schienenrad und/oder eine drehpositionsunabhängige Störstelle als ein Schienenstoß und/oder Schienenübergang im Schienenabschnitt erfassbar ist.

[0027] Durch das Auswerten des Beschleunigungssignals in Abhängigkeit des Rotationspositionssignals über wenigstens zwei Vollumdrehungen des Schienenrads im rotierenden Betriebszustand können die durch eine Abnormalität im Beschleunigungssignal erfassten Störstellen genauer spezifiziert werden. Vorteilhaft kann durch eine solche Auswertung eine drehpositions feste Störstelle als Störstelle im Schienenrad und somit als Flachstelle und eine drehpositionsunabhängige Störstelle, als Störstelle im Schienenabschnitt und somit als Schienenstoß und/oder Schienenübergang erkannt werden.

[0028] Bei einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung umfassen die Störstellendetektionsmittel Analysemittel mit mehreren Summengliedern, wobei die Anzahl der Summenglieder einer vorgebbaren Anzahl von Drehwinkelteilbereichen entspricht, um das Schienenrad zum Abbilden einer Vollumdrehung, insbesondere gleichmäßig, aufzuteilen. Die Analysemittel zum Bestimmen der Ausprägung von Flachstellen und zur Detektion einer möglichen Flachstelle sind so ausgebildet, dass in einem rotierenden Betriebszustand des Schienenrads,

also insbesondere in einem Fahrbetrieb des Zugs, Beschleunigungswerte über die zugeordnete Rotationsposition einem Drehwinkelteilbereich zugeordnet werden und in dem entsprechenden Summenglied des zugeordneten Drehwinkelteilbereichs zu einer Summe aufaddiert werden.

[0029] Durch das Auswerten der berechneten Summen, insbesondere durch einen Vergleich mit den restlichen Summen der restlichen Drehwinkelteilbereiche, kann somit vorteilhaft die Ausprägung einer Flachstelle im Schienenrad für einen bestimmten Drehwinkelteilbereich bestimmt werden. Weiterhin kann durch das Auswerten der Summen, insbesondere durch einen Vergleich mit den restlichen Summen der restlichen Drehwinkelteilbereiche, auch die Existenz einer Flachstelle im Schienenrad detektiert werden.

[0030] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde vorteilhaft erkannt, dass mit zunehmender Ausprägung der Flachstelle im Schienenrad auch die in Vertikalrichtung wirkenden Beschleunigungswerte für die entsprechenden Rotationspositionen ansteigen, weshalb sich in den Drehwinkelteilbereichen, in denen die Flachstelle ausgebildet ist und/oder die die entsprechenden Rotationspositionen enthalten, die größte Summe von Beschleunigungswerten bilden lässt.

[0031] Die größte Summe eines Drehwinkelteilbereichs ergibt sich immer in Bezug auf sämtliche Summen der restlichen Drehwinkelteilbereiche, die das Schienenrad vollständig abbilden. Ferner ist darauf zu achten, dass die Summen, die miteinander verglichen werden, über eine identische Anzahl von Summanden gebildet wurden oder vor dem Vergleich durch die Anzahl der Summanden gemittelt wurden.

[0032] Ein Drehwinkelteilbereich der Vielzahl der Drehwinkelteilbereiche kann bevorzugt kuchenstückförmig ausgebildet sein und/oder einen Winkel von bevorzugt 1° oder $360/2^n$, wobei der Exponent n ganzzahlig und größer als Null ist, besonders bevorzugt 2° , ganz besonders bevorzugt 4° aufspannen. Alternativ kann die Vielzahl der Drehwinkelteilbereiche auch unterschiedlich groß ausgebildet sein, also jeweils einen ersten und wenigstens einen zweiten Winkel aufspannen.

[0033] Die einzelnen Beschleunigungswerte, die kontinuierlich im Summenglied zu jeweils einer Summe aufaddiert werden, können, insbesondere aufgrund einer Messstreuung und/oder eines Messrauschens, auch negativ ausfallen, weshalb die Beträge der Summen der einzelnen Summenglieder durch die Addition weiterer Summanden nicht zwangsläufig kontinuierlich ansteigen. Anders ausgedrückt, mit wachsender Anzahl an Vollumdrehung, die bei der Bildung der einzelnen Summen berücksichtigt werden, kommt es nicht zwangsläufig zu einem kontinuierlichen Anstieg der Summen.

[0034] Bei der Auswertung der berechneten Summen, um die Ausprägung der Flachstelle zu bestimmen, kann es insbesondere zu einer Berücksichtigung der Summen sämtlicher Summenglieder kommen. Beim Erkennen einer betragsmäßig größten Summe für einen Drehwin-

kelteilbereich oder für mehrere unmittelbar benachbarte Drehwinkelteilbereiche kann somit vorteilhaft für diesen Drehwinkelteilbereich oder für diese unmittelbar benachbarten Drehwinkelteilbereiche die Ausprägung einer Flachstelle bestimmt werden.

[0035] Ferner wurde im Rahmen der vorliegenden Erfindung erkannt, dass das Verhältnis oder die Differenz zwischen dem Betrag der größten Summe zu den Beträgen der restlichen Summen als Maß zur Bestimmung der Ausprägung der Flachstelle gilt.

[0036] Mit zunehmender Anzahl von Vollumdrehungen, die von den AnalysemitteIn durch die Addition der erfassten Beschleunigungswerte auf die Summen der Summenglieder berücksichtigt werden, kann bevorzugt das Risiko einer Fehldetektion einer Flachstelle reduziert werden, da insbesondere Unebenheiten im Schienenabschnitt herausgefiltert werden.

[0037] Weiterbildend ist vorgesehen, dass die AnalysemitteIn zum Bestimmen der Ausprägung und für eine erste Detektion einer möglichen Flachstelle so ausgebildet und/oder eingerichtet sind, dass von sämtlichen Summengliedern der Betrag des Mittelwerts der jeweiligen Summe, insbesondere die jeweilige Summe geteilt durch die Anzahl der aufaddierten Summanden und davon der Betrag, bestimmt wird und aus den Mittelwerten sämtlicher Summenglieder der größte Mittelwert bestimmt wird.

[0038] In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass dieser größte Mittelwert als ein Maß für die Ausprägung der möglichen Flachstelle genutzt wird und der dem größten Mittelwert zugeordnete Drehwinkelteilbereich als ein Indikator für die erste Detektion der möglichen Flachstelle erfasst und/oder gespeichert wird. Ferner ist es bevorzugt vorgesehen, dass der größte Mittelwert als ein erstes Ausgangssignal ausgegeben wird. Vorteilhaft kann somit aus den einzelnen Summen jeweils ein gemittelter Beschleunigungswert bestimmt werden.

[0039] Im Rahmen einer Weiterbildung der vorgenannten Ausführungsform sind die AnalysemitteIn für eine weitere Detektion so ausgebildet, dass über mehrere fortlaufend erfasste Indikatoren, insbesondere zuvor bestimmte größte Mittelwerte, die Streuung, insbesondere die Standardabweichung gebildet wird, wobei einer kleinen Streuung eine hohe Auftrittswahrscheinlichkeit und einer großen Streuung eine geringe Auftrittswahrscheinlichkeit als Kriterium zur Detektion einer Flachstelle zugeordnet wird und insbesondere die Auftrittswahrscheinlichkeit als ein zweites Ausgangssignal ausgegeben wird.

[0040] Besonders bevorzugt ist in diesem Zusammenhang, wenn ein Histogramm genutzt wird und die mittleren Beschleunigungswerte den Rotationspositionen zugeordnet werden, wobei durch die Analyse der charakteristischen Verteilung des Histogramms, die auf der konstruktiven Überlagerung umdrehungsperiodischer Amplitudenüberhöhungen und auf der destruktiven Überlagerung zufälliger Amplituden beruht, Abnormali-

täten und/oder Störstellen, insbesondere Flachstellen, detektiert werden.

[0041] Vorliegend werden somit die einzelnen Indikatoren, die jeweils durch eine Mittelwertbildung über mehrere Vollumdrehungen gebildet wurden, erneut analysiert und derart ausgewertet, dass die Streuung, insbesondere die Standardabweichung, für eine Vielzahl der nacheinander berechneten Indikatoren bestimmt wird. Vorteilhaft kann somit das Risiko einer Fehldetektion beim Detektieren einer Flachstelle zusätzlich reduziert werden.

[0042] Ferner sind bei einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung die Analysemittel zum Erzeugen eines Wartungsindikators ausgebildet, derart, dass der Wartungsindikator aus der Ausprägung, insbesondere dem zuvor bestimmten größten Mittelwert, und der Auftretswahrscheinlichkeit, insbesondere mittels Multiplikation, gebildet wird, um diesen Wartungsindikator, insbesondere mittels eines dritten Ausgangssignals, an eine externe Auswerteeinheit zu übertragen. Vorteilhaft kann somit die Bestimmung der Ausprägung einer Flachstelle weiter verbessert werden, da Störstellen, die aufgrund eines unebenen Schienenabschnitts detektiert werden, nicht als Flachstelle erkannt und/oder nur als Flachstelle mit einer geringen Ausprägung ausgegeben werden.

[0043] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Drehgebers umfasst der Drehgeber Kalibrierungsmittel. Diese Kalibrierungsmittel sind so ausgebildet, dass in einem Kalibrierungszustand, der insbesondere nach dem Einschalten des Drehgebers und/oder nach dem Erkennen eines ruhenden Betriebszustands des Schienenrads durch eine Auswertung des Rotationspositionssignals automatisch aktivierbar ist, die Montageausrichtung des Drehgebers, insbesondere ein Anbauwinkel β des Drehgebers zwischen einer Erfassungsachse und einer Vertikalachse, mittels den Beschleunigungserfassungsmitteln durch das Erfassen und Auswerten des Beschleunigungssignals erfassbar ist, um den Einfluss des Anbauwinkels durch das Erfassen der Erdanziehungskraft und/oder der Gravitationsbeschleunigung g auf das Beschleunigungssignal zu kompensieren.

[0044] Vorteilhaft kann somit der Einfluss des von der Ausrichtung und/oder Montage abhängigen Anbauwinkels auf die Beschleunigungserfassungsmittel bestimmt werden, um mittels der Beschleunigungserfassungsmittel nur die auf den Radmittelpunkt wirkende Beschleunigungs- und/oder Kraftkomponente zu erfassen, die in Vertikalrichtung wirkt.

[0045] Anders ausgedrückt, durch die Kalibrierungsmittel lassen sich für die Beschleunigungserfassungsmittel Kalibrierungsparameter bestimmen, die eine Kompensation des Beschleunigungssignals ermöglichen, derart, dass das Beschleunigungssignal lediglich die in Vertikalrichtung und/oder entlang der Vertikalachse wirkende Beschleunigung codiert und/oder abbildet. Vorteilhaft kann somit das Erfassen einer Störstelle im Schienenrad und/oder im Schienenabschnitt verbessert

werden.

[0046] Weiterbildend ist es zudem vorgesehen, dass die Beschleunigungserfassungsmittel so ausgebildet sind, dass die auf das Schienenrad und/oder die Radachse einwirkende Beschleunigung zweidimensional oder dreidimensional, insbesondere entlang einer X- und Y-Achse oder entlang einer X-, Y- und Z-Achse, die jeweils zueinander orthogonal ausgerichtet sind, erfassbar ist und/oder dass die Beschleunigungserfassungsmittel als ein mikromechanischer Beschleunigungssensor und/oder ein MEMS ausgebildet sind.

[0047] Das Beschleunigungssignal ist somit bevorzugt als ein Vektor ausgebildet, um die in verschiedene Richtungen auf den Radmittelpunkt wirkende Beschleunigung zu codieren.

[0048] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung umfasst der Drehgeber ein magnetisch oder optisch oder mechanisch codiertes Maßband, wobei die Rotationserfassungsmittel so ausgebildet sind, dass eine Relativbewegung zwischen dem Maßband, das insbesondere an einem Außenumfang der Radachse festlegbar ist, und den, insbesondere im Wesentlichen ortsfest zu der Radachse und an einem Radkastengehäuse festlegbaren, Rotationserfassungsmitteln erfassbar ist, wobei die Rotationsposition kontinuierlich oder diskret durch das Rotationspositionssignal abbildbar ist.

[0049] Ein mechanisch codiertes Maßband ist bevorzugt durch ein ferromagnetisches Zahnrad ausgebildet, dass mit dem Schienenrad oder der Radachse mechanisch drehsteif gekoppelt, um die Drehbewegung über das Zahnrad zu erfassen.

[0050] Ferner ist es weiterbildend vorgesehen, dass der Drehgeber Wartungsmittel umfasst, wobei die Wartungsmittel derart ausgebildet sind, dass beim Erkennen einer Störgröße, insbesondere einer Flachstelle im Schienenrad und/oder eines Schienenstoßes im Schienenabschnitt, ein Wartungssignal erzeugbar ist, das insbesondere über Kommunikationsmittel an eine Wartungszentrale übermittelbar ist. Bevorzugt wird in diesem Zusammenhang nicht nur das Wartungssignal übermittelt, sondern auch eine zusätzliche Information zur Störstelle. Eine solche Information kann im Falle einer Flachstelle die Rotationsposition und/oder die Ausprägung der Flachstelle sein und im Falle eines Schienenstoßes die durch Integration des Positionssignals codierte Lage des Schienenstoßes im Schienenabschnitt.

[0051] Schließlich wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch Schutz beansprucht für einen Zug mit wenigstens einer zwei Schienenräder umfassenden Radachse, wobei der Zug und/oder die Radachse zum Überwachen der Rotationsbewegung eines Schienenrads wenigstens einen erfindungsgemäßen Drehgeber umfasst.

[0052] Im Folgenden ist die Erfindung beispielhaft mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. Die bei den gezeigten Ausführungsformen beispielhaft dargestellte Merkmalskombination kann nach Maßgabe der obigen Ausführungen entsprechend den für einen bestimmten

Anwendungsfall notwendigen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Sensoreinheit durch weitere Merkmale ergänzt werden. Auch können, ebenfalls nach Maßgabe der obigen Ausführungen, einzelne Merkmale bei den beschriebenen Ausführungsformen weggelassen werden, wenn es auf die Wirkung dieses Merkmals in einem konkreten Anwendungsfall nicht ankommt.

[0053] In den Zeichnungen sind Elemente gleicher Funktion und/oder gleichen Aufbaus mit demselben Bezugszeichen bezeichnet.

[0054] Es zeigen in

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Drehgebers gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels, in

Fig. 2 ein schematisches Blockdiagramm des erfindungsgemäßen Drehgebers gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels, in

Fig. 3 ein schematisches Blockdiagramm des erfindungsgemäßen Drehgebers gemäß eines dritten Ausführungsbeispiels, in

Fig. 4 ein beispielhafter Verlauf des Beschleunigungssignals, in

Fig. 5 eine schematisierte Darstellung des erfindungsgemäßen Drehgebers im montierten Zustand an einer Radachse eines Fahrgestells, in

Fig. 6a/b eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung einer Störstelle im Schienenabschnitt und in

Fig. 7a/b eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung einer Störstelle und/oder Flachstelle im Schienenrad.

[0055] Die Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Drehgebers 1 gemäß eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels.

[0056] Der erfindungsgemäße Drehgeber 1 ist zum Erfassen einer Beschleunigung B_V ausgebildet, die sich unabhängig von der Rotationsbewegung R des Schienenrads 3 auf den Radmittelpunkt M auswirkt und die entlang der Vertikalrichtung V und/oder parallel zu einer Vertikalachse V ausgerichtet ist.

[0057] Der erfindungsgemäße Drehgeber 1 umfasst zunächst klassische Rotationserfassungsmittel 4, die so ausgebildet sind, dass die Rotations- und/oder Drehbewegung R des Schienenrads 3 und/oder die Rotationsbewegung einer Radachse, die zwei Schienenräder 3 umfasst, erfassbar und durch wenigstens ein Rotationspositionssignal $P(t)$ codiert- und/oder abbildbar ist.

[0058] Ferner umfasst der erfindungsgemäße Drehgeber 1 Beschleunigungserfassungsmittel 5, die dahinge-

hend ausgebildet sind, dass eine unabhängig von der Rotationsbewegung auf das Schienenrad 3, also insbesondere auf den Radmittelpunkt M des Schienenrads 3, einwirkende Beschleunigung, erfassbar und durch wenigstens ein Beschleunigungssignal abbildbar ist.

[0059] Weiterhin umfasst der erfindungsgemäße Drehgeber 1 Störstellendetektionsmittel 6, die so ausgebildet sind, dass das wenigstens eine Beschleunigungssignal $B_V(t)$ auf wenigstens eine Abnormalität überwacht werden kann, um eine Störstelle im Schienenrad 3 und oder eine Störstelle im Schienenabschnitt 2 zu erfassen.

[0060] Bei einer solchen Abnormalität handelt es sich bevorzugt um einen im Verlauf des Beschleunigungssignals $B_V(t)$ ausgebildeten transienten Beschleunigungsspeak, der sich entlang der Vertikalrichtung V auf den Radmittelpunkt M des Schienenrads 3 auswirkt.

[0061] Der erfindungsgemäße Drehgeber 1 umfasst ferner ein magnetisches Maßband 15, das mit den Rotationserfassungsmitteln 4 zum Erfassen der Rotationsbewegung in Wirkverbindung steht. Hierfür sind die Rotationserfassungsmittel 4 so eingerichtet, dass eine Relativbewegung zwischen dem Maßband 15, das an einem Außenumfang der Radachse festgelegt ist, und den im Wesentlichen ortsfest zu der Radachse und an einem Radkastengehäuse festlegbaren Rotationserfassungsmitteln 4 erfasst werden kann, wobei die Rotationsposition kontinuierlich oder diskret durch das Rotationspositionssignal abgebildet wird und in einem rotierenden Betriebszustand des Schienenrads 3 einen sägezahnförmigen Verlauf aufweist, da das Signal nach der Vollendung einer Vollumdrehung, also einer 360° Umdrehung, wieder schrittweise von Null inkrementiert wird.

[0062] In der Fig. 2 ist ein stark schematisiertes Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Drehgebers 1 gemäß einer zweiten Ausführungsvariante dargestellt.

[0063] Der erfindungsgemäße Drehgeber 1 gemäß der zweiten Ausführungsform umfasst neben den bereits im Zusammenhang mit dem bekannten Drehgeber 1 erwähnten Rotationserfassungsmitteln 4, den Beschleunigungserfassungsmitteln 5 und den Störstellendetektionsmitteln 6 zusätzlich Überwachungsmittel 7.

[0064] Die Überwachungsmittel 7, die von den Störstellendetektionsmitteln 6 umfasst sind, sind zum Auswerten des Beschleunigungssignals in Abhängigkeit des Rotationspositionssignals ausgebildet. Vorliegend umfassen die Rotationserfassungsmittel 4 und die Beschleunigungserfassungsmittel 5 einen gemeinsamen Taktgeber, sodass einer erfassten Rotationsposition des Rotationspositionssignals der entsprechende, also zeitsynchron erfasste Beschleunigungswert aus dem Beschleunigungssignal zugeordnet werden kann.

[0065] Vorteilhaft kann somit die Erfassung von Störstellen weiter verbessert werden, da durch den zeitlichen Abgleich zwischen dem Beschleunigungssignal und dem Rotationspositionssignal für mindestens zwei Vollumdrehungen eine Störstelle entweder als drehpositionsfest oder als drehpositionsunabhängig charakterisiert werden kann. Vorteilhaft kann somit beim Erkennen

einer drehpositionsfesten Störstelle eine im Schienenrad 3 ausgebildete Flachstelle detektiert werden und beim Erkennen einer drehpositionsunabhängigen Störstelle kann die Störstelle als Schienenstoß im Schienenabschnitt 2 erkannt werden.

[0066] In der Fig. 3 ist ein stark schematisiertes Blockdiagramm eines weiteren erfindungsgemäßen Drehgebers 1 gemäß einer dritten Ausführungsvariante dargestellt.

[0067] Diese Ausführungsform des Drehgebers 1 umfasst wiederum die bereits bekannten Rotationserfassungsmittel 4, die Beschleunigungserfassungsmittel 5 sowie die Störstellendetektionsmittel 6.

[0068] Vorliegend sind die Beschleunigungserfassungsmittel 5 durch einen mikromechanischen Beschleunigungssensor 14 ausgebildet, der die auf den Radmittelpunkt M einwirkende Beschleunigung dreidimensional erfassen kann, wobei vorliegend als Beschleunigungssignal lediglich die in Vertikalrichtung V wirkende Beschleunigung bezeichnet wird.

[0069] Ferner umfasst dieser Drehgeber 1 Analysemittel 8, die mehrere Summenglieder 9a-c umfassen. Die Anzahl der Summenglieder 9a-c hängt von einer vorgebbaren Anzahl von kuchenstückförmigen Drehwinkelteilbereichen 10a-c ab, die das Schienenrad 3 vollständig unterteilen, wobei in dem Blockdiagramm nur beispielsweise drei Summenglieder dargestellt sind.

[0070] Ferner sind die Analysemittel 8 so ausgebildet, dass in einem rotierenden Betriebszustand des Schienenrads 3 auf dem Schienenabschnitt 2 Beschleunigungswerte aus dem Beschleunigungssignal über die zeitlich entsprechende Rotationsposition aus dem Rotationspositionssignal einem der Drehwinkelteilbereiche 10a-c zugeordnet werden können und in dem entsprechenden Summenglied 9a-c zu einer Summe aufaddiert werden.

[0071] Durch das Auswerten der einzelnen, insbesondere über mehrere Vollumdrehungen gebildeten, Summen lässt sich dann nicht nur eine Flachstelle im Schienenrad 3 detektieren sondern auch eine Aussage über die Ausprägung der Flachstelle im Schienenrad 3 treffen.

[0072] Die Analysemittel 8 sind zum Bestimmen der Ausprägung der Flachstelle und für die erste Detektion einer möglichen Flachstelle dahingehend eingerichtet, dass von sämtlichen Summengliedern 9a-c der Betrag des Mittelwerts der jeweiligen Summe gebildet wird.

[0073] Anschließend wird von sämtlichen Summen die Summe ausgewählt, deren Mittelwert hinsichtlich der restlichen Mittelwerte am größten ist, wobei dieser Mittelwert dann als Maß zur Angabe der Ausprägung der Flachstelle ausgegeben wird.

[0074] Ferner wird der Drehwinkelteilbereich, der dem größten Mittelwert zugeordnet ist, als ein Indikator für eine erste, insbesondere vorläufige, Detektion einer möglichen erfassten Flachstelle zusammen mit dem größten Mittelwert als ein erstes Ausgangssignal 11 ausgegeben.

[0075] Zudem sind die Analysemittel 8 für eine weitere

Detektion bevorzugt so eingerichtet, dass über mehrere fortlaufend erfasste Indikatoren die Streuung bestimmt wird, wobei als Kriterium zur Detektion einer Flachstelle einer geringen Streuung eine hohe Auftrittswahrscheinlichkeit und einer hohen Streuung eine geringe Auftrittswahrscheinlichkeit zugeordnet wird, wobei die Auftrittswahrscheinlichkeit als ein zweites Ausgangssignal 11a ausgegeben wird.

[0076] Weiterhin sind Analysemittel 8 zum Erzeugen eines Wartungsindikators bevorzugt so ausgebildet, dass der Wartungsindikator aus der Ausprägung, insbesondere dem größten Mittelwert, und der Auftrittswahrscheinlichkeit, insbesondere mittels Multiplikation, gebildet wird und der Wartungsindikator mittels eines dritten Ausgangssignals 11b an eine externe, grafisch nicht dargestellte, Auswerteeinheit übertragen wird.

[0077] Der Drehgeber 1 umfasst zudem Wartungsmittel 16, die über eine nicht dargestellte Kommunikationsverbindung mit einer auch nicht dargestellten zentralen Wartungseinheit in Wirkverbindung stehen. Die Wartungseinheit empfängt vom Drehgeber 1 erfasste Störstellen und kann somit Wartungsintervalle bedarfsgerecht anpassen.

[0078] Schließlich umfasst der Drehgeber 1 der dritten Ausführungsform noch Kalibrierungsmittel 13, die in der Fig. 5 näher erläutert werden.

[0079] Die Fig. 4 zeigt beispielhaft den zeitlichen Verlauf des erfassten Beschleunigungssignals $B_V(t)$ in einem rotierenden Betriebszustand des Schienenrads 3, wobei das Beschleunigungssignal durch einen erfindungsgemäßen Drehgeber 1 erzeugt wurde.

[0080] Das Beschleunigungssignal $B_V(t)$ bildet die auf den Radmittelpunkt M einwirkende Beschleunigung in Vertikalrichtung V ab, wobei die Vertikalrichtung V orthogonal zur Horizontalrichtung H ausgerichtet ist. In dem Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 5 verläuft der dargestellte Schienenabschnitt 2 entlang der Horizontalrichtung (vgl. hierzu die Fig. 5).

[0081] Aus dem Signalverlauf wird ersichtlich, dass das Beschleunigungssignal $B_V(t)$ sich aus negativen und positiven Beschleunigungswerten zusammensetzt, wobei darauf hingewiesen wird, dass der Signalverlauf von der Gravitationsbeschleunigung überlagert ist.

[0082] Ferner geht aus dem Verlauf hervor, dass das Beschleunigungssignal B_V transiente Signalpeaks umfasst, also gerichtete Beschleunigungspeaks, die sich durch eine positive und negative Überhöhung im Beschleunigungssignal zeigen.

[0083] Weiterhin umfasst das Diagramm auch den zeitlichen Verlauf des Rotationspositionssignals $P(t)$, das einen sägezahnförmigen Verlauf umfasst. Aus dem Verlauf des Rotationspositionssignals $P(t)$ wird ersichtlich, dass sich das überwachte Schienenrad 3 im grafisch dargestellten Abschnitt mit konstanter Geschwindigkeit bewegt und/oder rotiert.

[0084] Durch den erfindungsgemäßen Abgleich und/oder Vergleich zwischen dem Verlauf des Beschleunigungssignals $B_V(t)$ mit dem Verlauf des Rotationsposi-

tionssignals $P(t)$ lässt sich erkennen, dass sich die durch den Beschleunigungsspeak X ausgebildete Abnormalität drehpositionsfest wiederholt oder, anders ausgedrückt, stets an derselben Position im Schienenrad und/oder in denselben Drehwinkelteilbereichen detektierbar ist, weshalb es sich bei der Abnormalität um eine Störstelle im Schienenrad 3 und somit um eine Flachstelle handelt.

[0085] In der Fig. 5 ist eine seitliche Schemadarstellung eines Drehgestells 12 eines nicht im Detail dargestellten Zugs 17 abgebildet.

[0086] Das Drehgestell 12 umfasst zwei zueinander benachbarte Drehachsen, die jeweils zwei gegenüberliegende Schienenräder 3 im Wesentlichen starr miteinander verbinden. Die beiden Drehachsen umfassen erfindungsgemäße Drehgeber 1, die am äußeren Radkastengehäuse montiert sind und somit im Wesentlichen ortsfest zum Drehgestell 12 und/oder Zug 17 montiert sind. Der erfindungsgemäße Drehgeber 1 umfasst die jeweils nicht im Detail dargestellten erfindungsgemäßen Rotationserfassungsmittel 4, die erfindungsgemäßen Störstellendetektionsmittel 6 sowie die erfindungsgemäßen Beschleunigungserfassungsmittel 5.

[0087] Ferner geht aus der Darstellung hervor, dass die beiden Drehgeber 1 jeweils unter einem Montagewinkel β von der Horizontalen H und/oder der Horizontalrichtung H verschwenkt montiert sind, was beim Erfassen der in Vertikalrichtung V wirkenden Beschleunigung B_V berücksichtigt werden muss, da auch die Erfassungssachse E der jeweiligen Beschleunigungserfassungsmittel 5 um den jeweiligen Montagewinkel β verschwenkt ist.

[0088] Aus diesem Grund umfassen die beiden Drehgeber 1 die nicht im Detail dargestellten Kalibrierungsmittel 13, die so eingerichtet sind, dass in einem Kalibrierungszustand, der nach dem Erfassen einer Ruheposition durch das Auswerten des Rotationspositionssignals der Rotationserfassungsmittel 4 von den Kalibrierungsmittel 13 und/oder dem Drehgeber 1 des Schienenrads 3 aktivierbar ist, der Einfluss des Anbau- und/oder Montagewinkels β durch das Erfassen der Erdanziehungskraft und/oder der Gravitationsbeschleunigung g auf die mithilfe der Beschleunigungserfassungsmittel 5 erfasste Beschleunigung bestimmbar ist.

[0089] Vorteilhaft können somit Kalibrierungsdaten erzeugt werden, die dann zur Korrektur des Beschleunigungssignals genutzt werden können, um die Beschleunigungskomponente zu erhalten, die entlang der Vertikalrichtung V auf den Radmittelpunkt M wirkt.

[0090] Die Fig. 6a/b zeigen, wiederum stark schematisiert, jeweils eine Störstelle im Schienenabschnitt 2, die durch einen Schienenstoß im Schienenabschnitt 2 ausgebildet ist.

[0091] Ein Schienenstoß kann zwischen einem ersten Schienenelement und einem zweiten Schienenelement entstehen, wenn die beiden Schienenelemente entlang der Horizontalrichtung H voneinander beabstandet sind und/oder wenn die beiden Schienenelemente entlang der Vertikalrichtung V eine Stufe ausbilden.

[0092] Auch eine solche Störstelle führt zu einer Ab-

normalität im Verlauf des Beschleunigungssignals $B_V(t)$, weshalb sich eine solche Störstelle mittels dem erfindungsgemäßen Drehgeber 1 detektieren lässt.

[0093] Zur Verdeutlichung solcher Schienenstöße zeigen die Figuren 6a/b jeweils drei zeitlich aufeinanderfolgende Positionen des Schienenrads S1-3 sowie den Verlauf der Bewegungslinie $B(t)$ des Radmittelpunkts M .

[0094] In der Fig. 6a ist die Störstelle durch einen horizontalen Versatz zwischen zwei Schienenelementen in einem Schienenabschnitt 2 ausgebildet.

[0095] Die Position S1 des Schienenrads 3 liegt zeitlich unmittelbar vor dem Erreichen des Schienenstoßes vor. Zu diesem Zeitpunkt liegt keine vertikale Beschleunigung vor.

[0096] In der Position S2 befindet sich das Schienenrad 3 mitten in der Störstelle. Dies zeigt sich durch das Erreichen einer maximalen Beschleunigung in Vertikalrichtung V . Die Bewegungslinie $B(t)$ erreicht in S2 ihr Minimum.

[0097] In der Position S3 hat das Schienenrad 3 den Schienenstoß vollständig überwunden. Die Beschleunigung in Vertikalrichtung V ist wieder auf null abgefallen und das ursprüngliche Niveau der Bewegungslinie $B(t)$ ist wieder erreicht.

[0098] In der Fig. 6b ist die Störstelle durch einen horizontalen Versatz zwischen zwei Schienenelementen in einem Schienenabschnitt 2 ausgebildet.

[0099] Aus dem Verlauf der skizzierten Bewegungslinie $B(t)$ des Radmittelpunkts M geht hervor, dass ein solcher Schienenstoß zu einem Beschleunigungsspeak führt, der sich durch eine bleibende Veränderung und/oder Erhöhung in der Bewegungslinie $B(t)$ äußert.

[0100] Die Fig. 7a/b veranschaulichen eine Flachstelle, die in einem Schienenrad 3 ausgebildet ist.

[0101] Aus der Fig. 7a geht hervor, dass die Flachstelle im Schienenrad 3 über einen Kreisabschnitt unter einem Mittelpunktswinkel φ in Bezug auf den Radmittelpunkt M in der Lauffläche des Schienenrads 3 und/oder umfangsseitig des Schienenrads 3 ausgebildet ist. Die Flachstelle umfasst eine Tiefe h . Ferner umfasst das Schienenrad 3 den Radius r .

[0102] Durch die Fig. 7b wird der Verlauf der Bewegungslinie $B(t)$ des Radmittelpunkts M des Schienenrads 3 sowie drei zeitlich aufeinanderfolgende Positionen S1-3 des Schienenrads 3 entsprechend der Figuren 6a/b schematisch dargestellt. Der Drehwinkel α geht aus der Fig. 7a hervor.

[0103] Die Bewegungslinie $B(t)$ lässt sich aus dem Beschleunigungssignal $B_V(t)$ ermitteln.

[0104] Die dargestellte Position S1 entspricht der Position des Schienenrads 3 unmittelbar vor dem Übergang in den Flachstellenbereich. Die Position S2 zeigt die Schienenradposition zu einem Zeitpunkt, indem die Flachstelle vollständig auf dem Schienenabschnitt 2 aufliegt. Die Position S3 zeigt die Schienenradposition, die unmittelbar nach dem Übergang aus dem Flachstellenbereich vorliegt.

[0105] Es wird darauf hingewiesen, dass die Bewe-

gungslinie B(t) des Radmittelpunkts M des Schienenrads 3 wie folgt beschrieben werden kann (vergleiche hierzu die Figuren Fig. 7a/b, wobei in der Fig. 7a $\alpha = 0^\circ$ entspricht).

$$0 < \alpha \leq \frac{\varphi}{2}: \quad \begin{pmatrix} r * \sin(\alpha) \\ r * \cos(\alpha) \end{pmatrix}$$

$$\frac{\varphi}{2} < \alpha \leq \varphi: \quad \begin{pmatrix} l + r * \sin(\alpha - \varphi) \\ r * \cos(\alpha - \varphi) \end{pmatrix}$$

$$\varphi < \alpha \leq 0: \quad \begin{pmatrix} l + r * (\alpha - \varphi) \\ r \end{pmatrix}$$

[0106] Der Drehwinkel α des Schienenrads 3 ist abhängig von der Kreisfrequenz und der Zeit, wobei die Kreisfrequenz insbesondere aus dem Rotationspositionssignal und der Zeit bestimmbar ist, weshalb für den Radmittelpunkt M ein Geschwindigkeitspositionssignal und ein Beschleunigungspositionssignal bestimmbar ist.

[0107] Es wird darauf hingewiesen, dass der dargestellte Bewegungsablauf dynamische Effekte unter anderem aufgrund der Trägheit der Massen des Schienenrads 3 und in der Radaufhängung gespeicherten Energie nicht berücksichtigt.

Patentansprüche

1. Drehgeber (1) zum Erfassen einer unabhängig einer Rotationsbewegung eines auf einem Schienenabschnitt (2) rotierbaren Schienenrads (3) wirkenden Beschleunigung, umfassend

Rotationserfassungsmittel (4), die so ausgebildet sind, dass die Rotationsbewegung des Schienenrads (3) und/oder einer zwei Schienenräder (3) umfassenden Radachse durch wenigstens ein Rotationspositionssignal erfassbar ist,

wobei von dem Drehgeber (1) umfasste Beschleunigungserfassungsmittel (5) vorgesehen sind, die so ausgebildet sind, dass eine unabhängig von der Rotationsbewegung auf das Schienenrad (3), insbesondere den Radmittelpunkt, wirkende Beschleunigung durch wenigstens ein Beschleunigungssignal erfassbar ist sowie Störstellendetektionsmittel (6), die so ausgebildet sind, dass das wenigstens eine Beschleunigungssignal auf wenigstens eine Abnormalität, bevorzugt wenigstens einen transienten Signalpeak, besonders bevorzugt eine positive und/oder negative Überhöhung in der Amplitude des Beschleunigungssignals, ganz besonders bevorzugt eine gerichtete und/oder

impulsartige Beschleunigung, überwachbar ist, um eine Störstelle im Schienenrad (3) und/oder im Schienenabschnitt (2) zu erfassen.

2. Drehgeber nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotationserfassungsmittel (4) und die Beschleunigungserfassungsmittel (5) miteinander in Wirkverbindung stehen, derart, dass einer Rotationsposition des Rotationspositionssignals ein, insbesondere auf den Radmittelpunkt wirkender, Beschleunigungswert des Beschleunigungssignals zugeordnet ist.

3. Drehgeber nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Störstellendetektionsmittel (6) Überwachungsmittel (7) umfassen, die zum Auswerten des Beschleunigungssignals in Abhängigkeit des Rotationspositionssignals ausgebildet sind, derart, dass eine drehpositions feste Störstelle als eine Flachstelle im Schienenrad (3) und/oder eine drehpositionsunabhängige Störstelle als ein Schienenstoß und/oder Schienenübergang im Schienenabschnitt (2) erfassbar ist.

4. Drehgeber nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Störstellendetektionsmittel (6) Analysemittel (8) mit mehreren Summengliedern (9a-c) umfassen, wobei die Anzahl der Summenglieder (9) einer vorgebbaren Anzahl von Drehwinkelteilbereichen (10) entspricht, um das Schienenrad (3) zum Abbilden einer Vollumdrehung, insbesondere gleichmäßig, aufzuteilen, wobei die Analysemittel (8) so ausgebildet sind, dass in einem rotierenden Betriebszustand des Schienenrads (3) Beschleunigungswerte über die entsprechende Rotationsposition einem Drehwinkelteilbereich (10a-c) zugeordnet werden und in dem entsprechenden Summenglied (9a-c) zu einer Summe aufaddiert werden, wobei die Summen zum Bestimmen der Ausprägung von Flachstellen und zur Detektion der Flachstellen ausgewertet werden.

5. Drehgeber nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Analysemittel (8) zur Bestimmung der Ausprägung und einer ersten Detektion einer möglichen Flachstelle so ausgebildet sind, dass von sämtlichen Summengliedern (9a-c) der Betrag des Mittelwerts der jeweiligen Summe, insbesondere die jeweilige Summe geteilt durch die Anzahl der Summanden und davon der Betrag, bestimmt wird und aus den Mittelwerten sämtlicher Summenglieder der größte Mittelwert bestimmt wird und dieser Mittelwert als

Maß für die Ausprägung der möglichen Flachstelle zugewiesen wird und der dem größten Mittelwert zugeordnete Drehwinkelteilbereich als ein Indikator für die erste Detektion der möglichen Flachstelle erfasst wird und insbesondere der größte Mittelwert als ein erstes Ausgangssignal (11) ausgegeben wird.

6. Drehgeber nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Analysemittel (8) für eine weitere Detektion so ausgebildet sind, dass über mehrere fortlaufend erfasste Indikatoren die Streuung, insbesondere die Standardabweichung gebildet wird, wobei einer geringen Streuung eine hohe Auftrittswahrscheinlichkeit und einer hohen Streuung eine geringe Auftrittswahrscheinlichkeit als Kriterium zur Detektion einer Flachstelle zugeordnet wird und insbesondere die Auftrittswahrscheinlichkeit als ein zweites Ausgangssignal (11a) ausgegeben wird.
7. Drehgeber nach Anspruch 5 und Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Analysemittel (8) zum Erzeugen eines Wartungsindikators so ausgebildet sind, dass der Wartungsindikator aus der Ausprägung, insbesondere dem größten Mittelwert, und der Auftrittswahrscheinlichkeit, insbesondere mittels Multiplikation, gebildet wird und der Wartungsindikator, insbesondere mittels eines dritten Ausgangssignals (11b), an eine externe Auswerteeinheit übertragen wird.
8. Drehgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Drehgeber (1) Kalibrierungsmittel (13) umfasst, wobei die Kalibrierungsmittel (13) so ausgebildet sind, dass in einem Kalibrierungszustand, der insbesondere nach dem Einschalten des Drehgebers (1) und/oder nach dem Erkennen eines ruhenden Betriebszustands des Schienenrads (3) durch eine Auswertung des Rotationspositionssignals automatisch aktivierbar ist, die Montageausrichtung des Drehgebers (1), insbesondere ein Anbauwinkel (β) des Drehgebers (1) zwischen einer Erfassungsachse (E) und einer Vertikalachse (V), mittels den Beschleunigungserfassungsmitteln (5) durch das Erfassen und Auswerten des Beschleunigungssignals, insbesondere von Beschleunigungswerten, erfassbar ist, um den Einfluss der Erdanziehungskraft auf das Beschleunigungssignal zu kompensieren.
9. Drehgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Beschleunigungserfassungsmittel (5) so ausgebildet sind, dass die auf das Schienenrad (3)

und/oder die Radachse einwirkende Beschleunigung zweidimensional oder dreidimensional, insbesondere entlang einer X-, Y- und Z-Achse, die jeweils zueinander orthogonal ausgerichtet sind, erfassbar ist und/oder dass die Beschleunigungserfassungsmittel (5) als ein mikromechanischer Beschleunigungssensor (14) und/oder ein MEMS ausgebildet sind.

10. Drehgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Drehgeber (1) ein magnetisch oder optisch oder mechanisch codiertes Maßband (15) umfasst, wobei die Rotationserfassungsmittel (4) so ausgebildet sind, dass eine Relativbewegung zwischen dem Maßband (15), das insbesondere an einem Außenumfang der Radachse festlegbar ist, und den, insbesondere im Wesentlichen ortsfest zu der Radachse und an einem Radkastengehäuse festlegbaren, Rotationserfassungsmitteln (4) erfassbar ist, wobei die Rotationsposition kontinuierlich oder diskret durch das Rotationspositionssignal abbildbar ist.
11. Drehgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Drehgeber (1) Wartungsmittel (16) umfasst, wobei die Wartungsmittel (16) so ausgebildet sind, dass beim Erkennen einer Flachstelle und/oder eines Schienenstoßes ein Wartungssignal erzeugbar ist, das insbesondere über Kommunikationsmittel an eine Wartungszentrale übermittelbar ist.
12. Zug (17) umfassend wenigstens eine Radachse, wobei die Radsachse einen Drehgeber (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche umfasst.

Claims

1. Rotary encoder (1) for detecting acceleration acting on a rail wheel (3) that is rotatable on a rail section (2), independent of a rotational movement, comprising:

Rotation detections means (4), which are configured in such a way that the rotational movement of the rail wheel (3) and/or a wheelset axle comprising two rail wheels (3) is detectable by at least one rotational position signal, whereby acceleration detection means (5) are comprised by the rotary encoder (1) and are configured in such a way that an acceleration acting independently of the rotational movement on the rail wheel (3), particularly on the wheel's center point, is detectable by at least one acceleration signal, and

fault detection means (6), which are configured in such a way that the at least one acceleration signal is monitored for at least one abnormality, preferably at least one transient signal peak, more preferably a positive and/or negative amplitude overshoot in the acceleration signal, and most preferably a directional and/or pulse-like acceleration, to detect a fault in the rail wheel (3) and/or the rail section (2).

2. Rotary encoder according to Claim 1, **characterized in that** the rotation detections means (4) and the acceleration detection means (5) are operatively connected such that an acceleration value of the acceleration signal, particularly one acting on the wheel's center point, can be assigned to a rotational position of the rotational position signal.

3. Rotary encoder according to Claim 2, **characterized in that** the fault detection means (6) comprise monitoring means (7) configured to evaluate the acceleration signal based on the rotational position signal, in such a way that a fault location that is fixed in the rotational position can be identified as a flat spot on the rail wheel (3), and/or a rotational-position-independent fault location can be identified as a rail joint or rail transition in the rail section (2).

4. Rotary encoder according to Claim 2, **characterized in that** the fault detection locators (6) include analysis tools (8) with multiple summation elements (9a-c), whereby the number of summation elements (9) corresponds to a predeterminable number of rotational angle subranges (10), to divide the rail wheel (3) into segments representing a full rotation, preferably evenly distributed, whereby the analysis tools (8) are configured such that when the rail wheel (3) is in a rotating operational state, acceleration values corresponding to the rotational position are assigned to a rotational angle subrange (10a-c) and added up in the respective summation element (9a-c) to form a sum, whereby these sums are evaluated to determine the characteristics of flat spots and to detect the flat spots.

5. Rotary encoder according to Claim 4, **characterized in that** the analysis tools (8) for determining the characteristic and a first detection of a potential flat spot are designed in such a way that the amount of the mean value of the respective sum, in particular the respective sum divided by the number of summands and the amount thereof, is determined from all summation

elements (9a-c), and the largest mean value is determined from the mean values of all the summation elements and this mean value is assigned as a measure for the characteristics of the potential flat spot, and the rotational angle subrange associated with the largest mean value is recorded as an indicator for the initial detection of the potential flat spot and, in particular the largest mean value is output as a first output signal (11).

6. Rotary encoder according to Claim 5, **characterized in that** the analysis tools (8) for further detection are designed such that the dispersion, particularly the standard deviation, is determined over multiple continuously detected indicators, a high probability of occurrence being assigned to a low dispersion and a low probability of occurrence being assigned to a high dispersion as a criterion for detecting a flat spot and, in particular, the probability of occurrence is output as a second output signal (11a).

7. Rotary encoder according to Claims 5 and 6, **characterized in that** the analysis tools (8) for generating a maintenance indicator are configured such that the maintenance indicator being formed from the characteristics, in particular the largest mean value, and the probability of occurrence, in particular by means of multiplication and the maintenance indicator is transmitted to an external evaluation unit, in particular by means of a third output signal (11b).

8. Rotary encoder according to any of the preceding claims, **characterized in that** the rotary encoder (1) comprises calibration means (13), whereby the calibration means (13) are configured such that in a calibration state, which can be automatically activated, in particular after the encoder (1) is powered on and/or after detecting a stationary operating state of the rail wheel (3) by evaluating the rotational position signal, the mounting orientation of the encoder (1), particularly a mounting angle (β) of the encoder (1) between a detection axis (E) and a vertical axis (V), can be detected by means of the acceleration detection means (5) by detecting and evaluating the acceleration signal, in particular acceleration values, in order to compensate for the influence of gravitational force on the acceleration signal.

9. Rotary encoder according to any of the preceding claims, **characterized in that**

the acceleration detection means (5) are configured such that the acceleration acting on the rail wheel (3) and/or the wheelset axle can be

detected in two dimensions or three dimensions, particularly along the X-, Y-, and Z-axis, which are oriented orthogonally to each other, and/or the acceleration detection means (5) are configured as a micromechanical acceleration sensor (14) and/or an MEMS.

10. Rotary encoder according to any of the preceding claims,

characterized in that

the rotary encoder (1) comprises a magnetically or optically or mechanically coded measurement tape (15), whereas the rotation detections means (4) are configured in such a way that a relative movement between the measurement tape (15), in particular fixable to an outer circumference of the wheel axle, and the rotation detections means (4), in particular fixable substantially stationary to the wheel axle and to a wheel housing, is detectable, whereby the rotational position is mappable continuously or discretely by the rotational position signal.

11. Rotary Encoder according to any of the preceding claims,

characterized in that

the rotary encoder (1) comprises maintenance means (16), whereby the maintenance means (16) being configured in such a way that when a flat spot and/or a rail joint is detected, a maintenance signal can be generated which can be transmitted to a maintenance center in particular via communication means.

12. Train (17) comprising at least one wheelset axle, whereby the wheelset axle includes a rotary encoder (1) according to any of the preceding claims.

Revendications

1. Encodeur (1) pour détecter une accélération agissant sur une roue ferroviaire (3) en rotation sur une section de rail (2) indépendamment d'un mouvement de rotation, comprenant des moyens de détection de la rotation (4) conçus de manière à ce que le mouvement rotatif de la roue ferroviaire (3) et/ou d'un essieu comprenant deux roues ferroviaires (3) soit décelé par au moins un signal de position de la rotation, des moyens de détection de l'accélération (5) compris par l'encodeur (1) étant prévus de manière à ce qu'indépendamment du mouvement de rotation une accélération agissant sur la roue ferroviaire (3), en particulier sur le point central de la roue peut être décelée par au moins un signal d'accélération et comprenant des moyens de détection du défaut (6) qui sont conçus de manière à ce qu'au moins un signal d'accélération détecte au moins une anomalie, de préférence au

moins une pointe de signal transitoire, plus préférentiellement une augmentation positive et/ou négative dans l'amplitude du signal d'accélération, et de manière tout particulièrement préférée une accélération directionnelle et/ou à impulsions afin de détecter un défaut dans la roue ferroviaire (3) et/ou dans la section du rail (2).

2. Encodeur selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

le moyen de détection de la rotation (4) et le moyen de détection de l'accélération (5) sont en liaison active l'un avec l'autre de telle sorte qu'une valeur d'accélération du signal d'accélération agissant en particulier sur le point central peut être affectée à une position de rotation du signal de position de rotation.

3. Encodeur selon la revendication 2,

caractérisé en ce que

les moyens de détection du défaut (6) comprennent des moyens de surveillance (7) qui sont configurés pour l'analyse du signal d'accélération en fonction du signal de la position de rotation de telle sorte qu'un défaut fixe au niveau de la position rotative peut être décelé comme méplat dans la roue ferroviaire (3) et/ou de telle sorte qu'un défaut indépendant de la position rotative peut être décelé comme un joint de rail et/ou une transition de rail dans la section du rail (2).

4. Encodeur selon la revendication 2,

caractérisé en ce que

les moyens de détection du défaut (6) comprennent des moyens d'analyse (8) avec plusieurs éléments de somme (9a-c), le nombre des éléments de somme (9) correspondant à un nombre pouvant être prédéfini de sections partielles d'un angle de rotation (10) afin de diviser la roue ferroviaire (3), de manière particulièrement uniforme, pour reproduire une rotation complète, les moyens d'analyse (8) étant conçus de manière à ce que dans un état de fonctionnement rotatif de la roue ferroviaire (3) des valeurs d'accélération sur la position de rotation correspondante puissent être affectées à une section partielle de l'angle de rotation (10a-c) et puissent être additionnées dans l'élément de somme correspondant (9a-c) pour former une somme, les sommes étant analysées pour déterminer l'ampleur des méplats et pour la détection des méplats.

5. Encodeur selon la revendication 4,

caractérisé en ce que

les moyens d'analyse (8) sont conçus pour déterminer l'ampleur et une première détection d'un méplat possible, de manière à calculer la grandeur de la valeur moyenne de la somme correspondante de tous les éléments de la somme (9a-c), en particulier la somme respective divisée par le nombre de ter-

mes et à partir de lui la grandeur. La valeur moyenne maximale est calculée à partir des valeurs moyennes de tous les membres de la somme et cette valeur moyenne est affectée comme mesure pour l'ampleur du méplat possible et la section partielle de l'angle de rotation affectée à la plus grande valeur moyenne est décelée comme indicateur pour la première détection du méplat possible. La valeur moyenne maximale est, en particulier, sortie comme un premier signal de sortie (11).

6. Encodeur selon la revendication 5,

caractérisé en ce que

les moyens d'analyse (8) pour une détection ultérieure sont conçus de manière à ce que plusieurs indicateurs détectés en continu forment la dispersion, en particulier l'écart type, une grande probabilité d'occurrence étant affectée à une faible dispersion et une petite probabilité d'occurrence étant affectée à une dispersion élevée comme critère de détection d'un méplat et, en particulier, la probabilité d'occurrence étant émise comme un deuxième signal de sortie (11a).

7. Encodeur selon la revendication 5 et la revendication 6, **caractérisé en ce que**

les moyens d'analyse (8) sont conçus pour générer un indicateur de maintenance de manière à ce que l'indicateur de maintenance soit formé à partir de l'ampleur, en particulier de la valeur moyenne maximale, et à partir de la probabilité d'occurrence, en particulier au moyen de la multiplication et de manière à ce que l'indicateur de maintenance soit transféré à une unité d'analyse externe au moyen d'un troisième signal de sortie (11b).

8. Encodeur selon l'une des revendications précédentes

caractérisé en ce que l'encodeur (1) comprend des moyens de calibrage (13), les moyens de calibrage (13) étant conçus de manière à ce que dans un état de calibrage qui peut être automatiquement activé en particulier après la mise sous tension de l'encodeur (1) et/ou après la détection d'un état de fonctionnement au repos de la roue ferroviaire (3) par une analyse du signal de la position de la rotation, de manière à ce que l'alignement de montage de l'encodeur (1), en particulier un angle de montage (β) de l'encodeur (1) entre un axe de détection (E) et un axe vertical (V), soit décelable via les moyens de détection de l'accélération (5) par la détection et l'analyse du signal d'accélération, en particulier des valeurs d'accélération afin de compenser l'influence de la gravité sur le signal d'accélération.

9. Encodeur selon l'une des revendications précédentes

caractérisé en ce que

les moyens de détection de l'accélération (5) sont conçus de manière à détecter l'accélération agissant sur la roue ferroviaire (3) et/ou l'essieu en deux dimensions ou en trois dimensions, en particulier le long d'un axe X, Y et Z qui sont orientés respectivement orthogonalement les uns vers les autres et/ou de manière à ce que les moyens de détection de l'accélération (5) soient conçus comme un capteur d'accélération micromécanique (14) et/ou un MEMS.

10. Encodeur selon l'une des revendications précédentes

caractérisé en ce que

l'encodeur (1) comprend un mètre ruban (15) codé de manière magnétique, optique ou mécanique, les moyens de détection de la rotation (4) étant conçus de manière à ce qu'un mouvement relatif entre le ruban mètre (15) qui peut être fixé particulièrement sur un pourtour extérieur de l'essieu et les moyens de détection de la rotation (4) en particulier principalement disposés de manière fixe par rapport à l'essieu et fixés sur un carter de passage de roue soit décelable, la position de la rotation pouvant être reproduite en continu ou discrètement par le signal de position de la rotation.

11. Encodeur selon l'une des revendications précédentes

caractérisé en ce que

l'encodeur (1) comprend des moyens de maintenance (16), les moyens de maintenance (16) étant conçus de manière à ce qu'un signal de maintenance puisse être généré lors de la détection d'un méplat et/ou d'un joint de rail qui peut être transmis à une centrale de maintenance via des moyens de communication.

12. Train (17) comprenant au moins un essieu, l'essieu comprenant un encodeur (1) selon l'une des revendications précédentes.

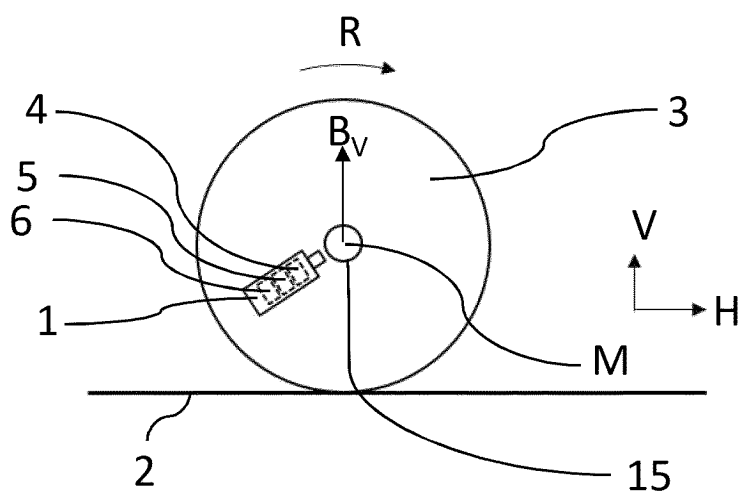


Fig. 1

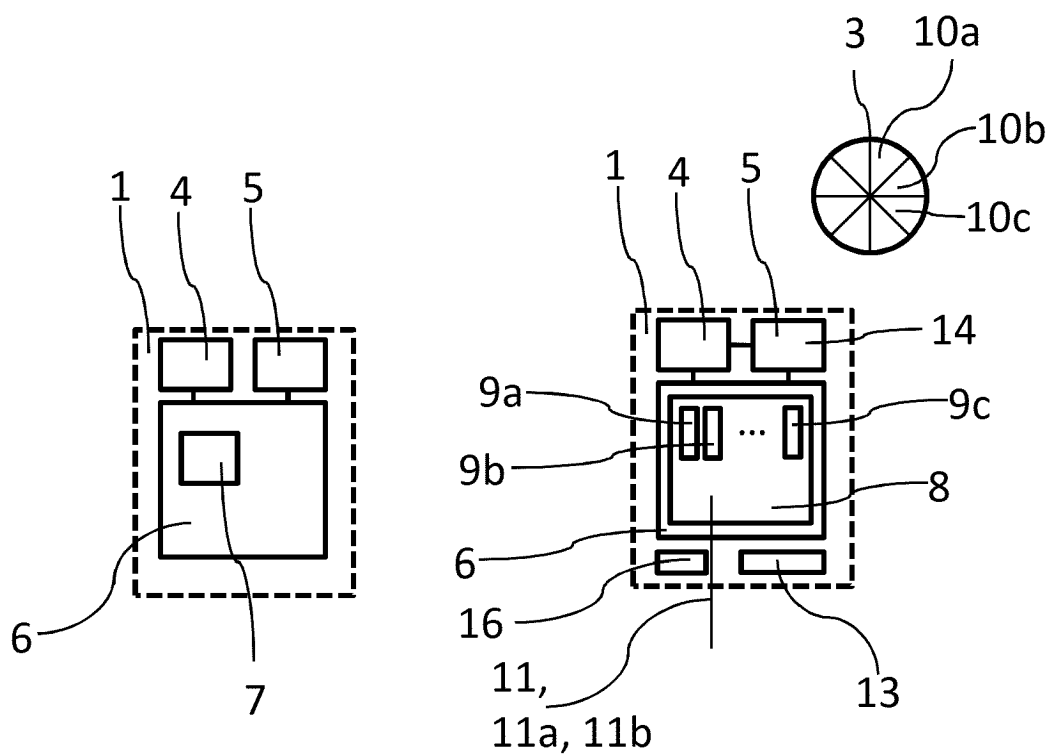


Fig. 2

Fig. 3

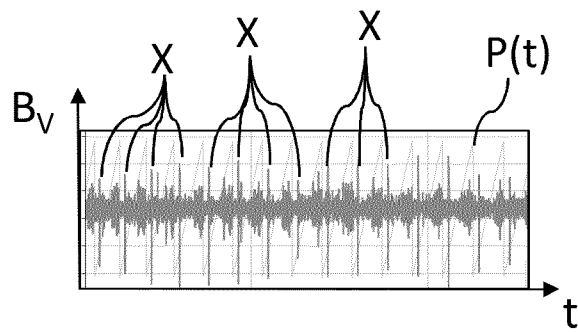


Fig. 4

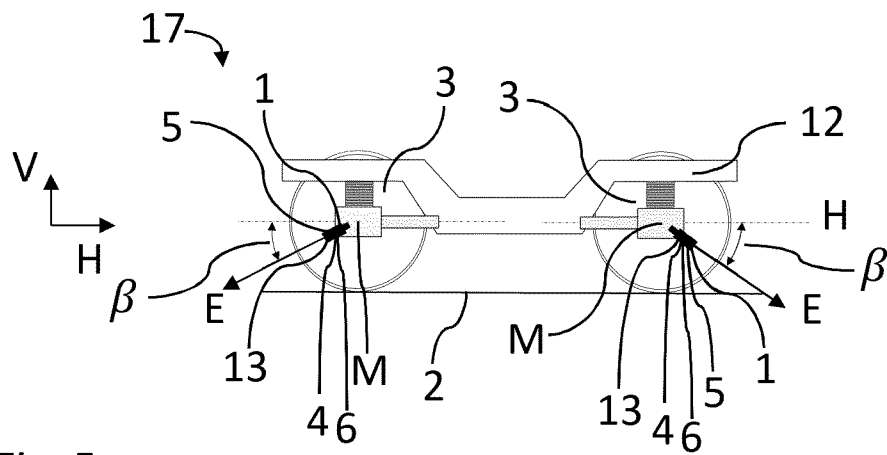


Fig. 5

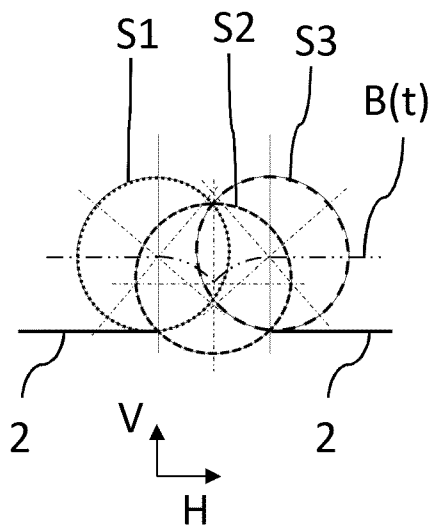


Fig. 6a

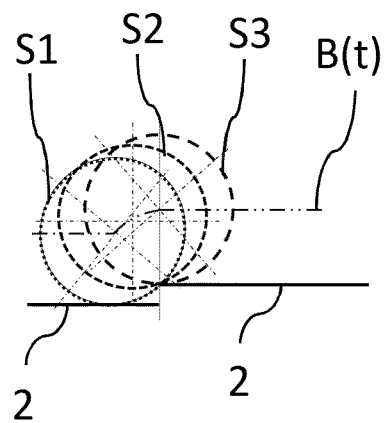


Fig. 6b

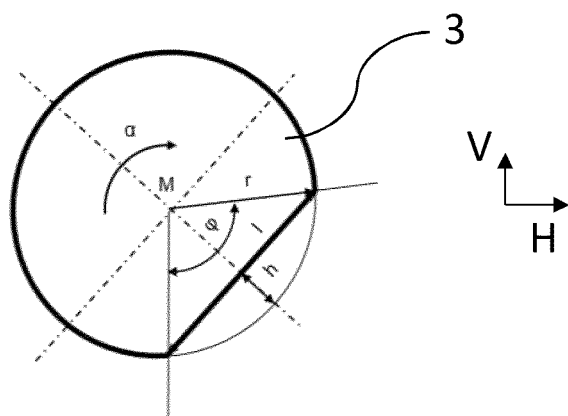


Fig. 7a

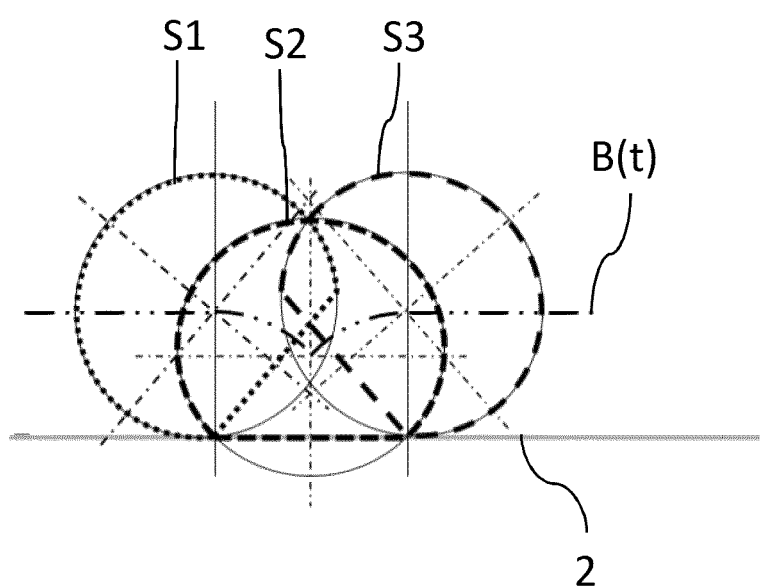


Fig. 7b

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

- US 2012259487 A1 [0003]