

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
04. Januar 2024 (04.01.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/002829 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B61K 9/12 (2006.01) *B61L 15/00* (2006.01)
B60W 40/105 (2012.01) *G01M 17/10* (2006.01)
B60W 40/12 (2012.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/066829

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Juni 2023 (21.06.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A50471/2022 28. Juni 2022 (28.06.2022) AT

(71) Anmelder: **SIEMENS MOBILITY AUSTRIA GMBH**
[AT/AT]; Siemensstraße 90, 1210 Wien (AT).

(72) **Erfinder: MENDLIK, Thomas**; Am Andritzbach 28a/32, 8010 Graz (AT). **MODER, Thomas**; Ragnitzstraße 65, 8047 Graz (AT). **SCHAFFLER, Gerald**; Glaserweg 16a 5, 8053 Graz (AT). **SCHWARZL, Christiane**; Burggasse 67/3/18b, 1070 Wien (AT). **SIMON, Johannes**; Eschengasse 8/2, 8043 Graz (AT). **GIRSTMAIR, Bernhard Lukas**; Flurgasse 18,5, 8010 Graz (AT). **GRABNER, Gerald**; Schillerstr. 29/3, 8010 Graz (AT).

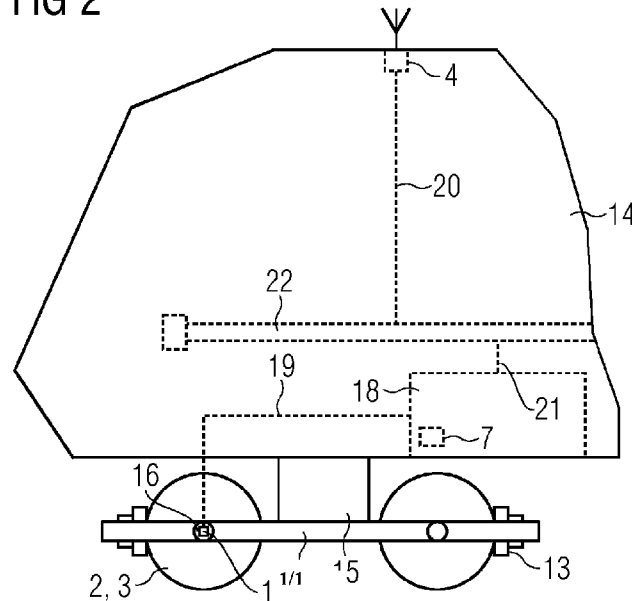
(74) **Anwalt: SIEMENS PATENT ATTORNEYS**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR ASCERTAINING THE GEOMETRY OF A WHEEL, AND RAIL VEHICLE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR RADGEOMETRIEERMITTLUNG UND SCHIENENFAHRZEUG

FIG 2



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for ascertaining the geometry of a wheel for vehicles, in particular rail vehicles. Vertical accelerations of at least one first wheel (2) are ascertained using at least one first sensor (1), and travel speeds (v) are processed, wherein amplitude spectra are formed on the basis of vertical acceleration signals which characterize the oscillating behavior of the at least one first wheel (2). According to the invention, an amplitude sum spectrum is formed from the amplitude spectra, at least one wheel harmonic (f_h) is determined from at least one frequency of the amplitude sum spectrum, said frequency being assigned to the amplitude maximum of the amplitude sum spectrum, and the wheel geometry is ascertained from a standard driving speed (v_n), which defines a characteristic vehicle operating behavior, and from the at least one wheel harmonic (f_h). In this manner, a dedicated rotational speed sensor can be omitted.



LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Radgeometriermittlung für Fahrzeuge, insbesondere für Schienenfahrzeuge, wobei mittels zumindest eines ersten Sensors (1) Vertikalbeschleunigungen zumindest eines ersten Rads (2) ermittelt werden, wobei Fahrgeschwindigkeiten (v) verarbeitet werden und wobei auf Grundlage von Vertikalbeschleunigungssignalen, welche ein Schwingverhalten des zumindest ersten Rads (2) charakterisieren, Amplitudenspektren gebildet werden. Es wird vorgeschlagen, dass aus den Amplitudenspektren ein Amplituden-Summenspektrum gebildet wird, wobei aus zumindest einer Frequenz des Amplituden-Summenspektrums, welche einem Amplituden-Maximum des Amplituden-Summenspektrums zugeordnet ist, zumindest eine Radharmonische (f_h) bestimmt wird, und wobei eine Radgeometrie aus einer Normfahrgeschwindigkeit (v_n), welche ein charakteristisches Fahrzeug-Betriebsverhalten definiert, sowie aus der zumindest einen Radharmonischen (f_h) ermittelt wird. Dadurch kann auf einen dedizierten Drehzahlsensor verzichtet werden.

Verfahren und Vorrichtung zur Radgeometrieermittlung und Schienenfahrzeug

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur
5 Radgeometrieermittlung für Fahrzeuge, insbesondere für
Schienenfahrzeuge, wobei mittels zumindest eines ersten
Sensors Vertikalbeschleunigungen zumindest eines ersten Rads
ermittelt werden, wobei Fahrgeschwindigkeiten verarbeitet
10 werden, und wobei auf Grundlage von
Vertikalbeschleunigungssignalen, welche ein Schwingverhalten
des zumindest ersten Rads charakterisieren,
Amplitudenspektren gebildet werden.

Bei Fahrzeugen besteht häufig Bedarf nach einer genauen
15 Kenntnis einer Radgeometrie. Beispielsweise ist zur
Bestimmung von Rad- oder Radsatzdrehzahlen, für bestimmte
Überwachungs- und Diagnosefunktionen betreffend Räder oder
Radsätze oder zur Geschwindigkeitsermittlung über Odometrie
etc. ein Radradius, ein Raddurchmesser oder ein Radumfang
20 erforderlich.

Aus dem Stand der Technik ist beispielsweise die EP 1 197 415
A2 bekannt, in welcher ein Verfahren zur Detektion von
Lagerschäden beschrieben ist. Bei diesem Verfahren wird aus
25 Beschleunigungssignalen, welche im Bereich eines Achslagers
erfasst werden, eine definierte Anzahl an
Außenringüberrollharmonischen und daraus ein Kennwert
ermittelt, welcher einen Lagerzustand indiziert.

Weiterhin ist in der EP 1 197 417 A1 ein Verfahren zur
30 Räderschadenserkennung für Schienenfahrzeuge offenbart. Bei
diesem Verfahren wird aus Beschleunigungssignalen, welche im
Bereich eines Achslagers erfasst werden, eine definierte
Anzahl an Radunrundheitsharmonischen und daraus ein Kennwert
35 ermittelt, welcher einen Radzustand indiziert.

Darüber hinaus ist in der WO 2018/059937 A1 eine Rad-Anordnung für ein Schienenfahrzeug mit einem Drehzahlgeber gezeigt.

- 5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein schwingungsbasiertes Verfahren zur Radgeometrieermittlung anzugeben.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst mit einem Verfahren
10 nach Anspruch 1, bei dem aus den Amplitudenspektren ein Amplituden-Summenspektrum gebildet wird, wobei aus zumindest einer Frequenz des Amplituden-Summenspektrums, welche einem Amplituden-Maximum des Amplituden-Summenspektrums zugeordnet ist, zumindest eine Radharmonische bestimmt wird, und wobei
15 eine Radgeometrie aus einer Normfahrgeschwindigkeit, welche ein charakteristisches Fahrzeug-Betriebsverhalten definiert, sowie aus der zumindest einen Radharmonischen ermittelt wird. Durch diese Maßnahme wird ein präzises und zugleich im Hinblick auf einen Materialaufwand einfaches Verfahren zur
20 Radgeometrieermittlung erzielt, welches beispielsweise auch in Fahrzeuge implementiert werden kann, die keine Drehzahlsensoren aufweisen. Bei derartigen Implementierungen kann auf eine aufwendige Nachrüstung von Drehzahlsensoren und zugehöriger Verkabelung verzichtet werden. Es ist aber auch
25 möglich, dass das erfindungsgemäße Verfahren in Redundanz zu einer Radgeometrieermittlung auf Grundlage von Messungen eines Drehzahlsensors eingesetzt und so eine Absicherung von Ermittlungsergebnissen erreicht wird. Zudem weisen viele Fahrzeuge im Bereich ihrer Räder
30 Beschleunigungssensoren auf, welche Vertikalbeschleunigungen messen. Beispielsweise sind zur Radsatzlagerdiagnose bei Fahrwerken von Schienenfahrzeugen häufig Beschleunigungssensoren zur Erfassung von Vertikalbeschleunigungen auf Radsatzlagergehäusen der
35 Fahrwerke angeordnet. Eine derartige Ausrüstung kann von dem erfindungsgemäßen Verfahren mitgenutzt werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Radharmonische beispielsweise als Frequenz des Amplituden-Summenspektrums, welche einem Amplituden-Maximum des Amplituden-Summenspektrums zugeordnet ist, identifiziert werden. Die
5 Radharmonische kann aber beispielsweise auch aus einer Mehrzahl an Frequenzen, welche Amplituden-Maxima von verschiedenen Suchintervallen innerhalb des Amplituden-Summenspektrums zugeordnet sind, ausgewählt werden. Die Normfahrgeschwindigkeit kann beispielsweise eine mittlere
10 Geschwindigkeit über einen definierten Zeitraum oder aber auch eine definierte Konstante etc. sein. Die Fahrgeschwindigkeiten können z.B. gemessen, aber auch ermittelt etc. werden (beispielsweise durch zeitliche Ableitung von Positionsdaten aus einer Ortungsvorrichtung).

15 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Günstig ist es beispielsweise, wenn als Radgeometrie ein
20 Radradius mittels einer Radiusbildungsvorschrift $r = \frac{v_n}{2\pi \cdot f_h}$ oder ein Raddurchmesser mittels einer Durchmesserbildungsvorschrift $R = \frac{v_n}{\pi \cdot f_h}$ ermittelt wird.

Eine Kenntnis des Radradius oder des Raddurchmessers ist für verschiedene Anwendungszwecke vorteilhaft. Beispielsweise
25 kann der ermittelte Radradius oder der Raddurchmesser in einem odometrischen Verfahren zur Fahrgeschwindigkeitsbestimmung mittels Drehzahlsensoren oder in einem Raddrehzahlermittlungsvorgang eingesetzt werden. In Äquivalenz zu dem Radradius oder dem Raddurchmesser kann
30 beispielsweise auch ein Radumfang ermittelt werden.

Eine Vorzugslösung wird erreicht, wenn die zumindest eine Radharmonische unter Ausschluss von Störfrequenzen, welche von anderen Vorgängen als einer Rotation des zumindest ersten
35 Rads verursacht werden, ermittelt wird. Dadurch wird die Radgeometrie mit erhöhter Genauigkeit ermittelt, da die Störfrequenzen ausgefiltert werden. Durch

diese Maßnahme wird eine Bildung eines Qualitätsmaßes ermöglicht, welches beispielsweise mit einer Anzahl von in der Radgeometrieermittlung eingesetzten, d.h. nicht ausgefilterten Frequenzen steigt. Je größer z.B. das

5 Qualitätsmaß ist, umso größer ist die Genauigkeit oder Plausibilität eines ermittelten Radgeometriewerts.

Eine Parametrierung und somit eine Effizienzsteigerung der Radgeometrieermittlung werden ermöglicht, wenn die zumindest

10 eine Radharmonische aus einem Suchgebiet, welches aus der Normfahrgeschwindigkeit, einem definierten maximal zulässigen Radradius, einem definierten minimal zulässigen Radradius sowie einem Ordnungsfaktor mit $k = 1 \dots K$ aus ersten Intervallen $\left[\frac{k \cdot v_n}{2\pi \cdot r_{max}}, \frac{k \cdot v_n}{2\pi \cdot r_{min}} \right]$ oder aus der

15 Normfahrgeschwindigkeit, einem definierten maximal zulässigen Raddurchmesser, einem definierten minimal zulässigen Raddurchmesser sowie einem Ordnungsfaktor mit $k = 1 \dots K$ aus zweiten Intervallen $\left[\frac{k \cdot v_n}{\pi \cdot R_{max}}, \frac{k \cdot v_n}{\pi \cdot R_{min}} \right]$ gebildet ist, ausgewählten Frequenzen ermittelt wird.

20

Gegenüber statistischen Ausreißern robuste Ergebnisse der Radgeometrieermittlung werden erreicht, wenn die zumindest eine Radharmonische als Median aus den aus dem Suchgebiet ausgewählten Frequenzen, welche Amplituden-Maxima des

25 Amplituden-Summenspektrums innerhalb der ersten Intervalle oder der zweiten Intervalle zugeordnet sind, ermittelt wird.

Eine Drehzahlermittlung ohne Einsatz von Drehzahlsensoren wird ermöglicht, wenn eine Raddrehzahl aus einem Wert der

30 Fahrgeschwindigkeiten und dem Radradius mittels einer ersten Drehzahlbildungsvorschrift $n = \frac{v}{2\pi \cdot r}$ oder aus einem Wert der Fahrgeschwindigkeiten und dem Raddurchmesser mittels einer zweiten Drehzahlbildungsvorschrift $n = \frac{v}{\pi \cdot R}$ ermittelt wird.

Zur Drehzahlermittlung kann es aber auch hilfreich sein, wenn zumindest eine Kern-Radharmonische aus Frequenzen innerhalb eines Kernsuchgebiets, welches um erste Suchwerte $\frac{k \cdot v}{2\pi \cdot r}$, welche aus einem Wert der Fahrgeschwindigkeiten, dem Radradius sowie einem Ordnungsfaktor mit $k = 1 \dots K$ gebildet sind oder um
5 zweite Suchwerte $\frac{k \cdot v}{\pi \cdot R}$, welche aus einem Wert der Fahrgeschwindigkeiten, dem Raddurchmesser sowie einem Ordnungsfaktor mit $k = 1 \dots K$ gebildet sind, zentriert ist, ermittelt wird, wobei eine Raddrehzahl aus der zumindest
10 einen Kern-Radharmonischen sowie aus zumindest einem Wert für den Ordnungsfaktor, für welchen eine aus dem Kernsuchgebiet als die zumindest eine Kern-Radharmonische ausgewählte Frequenz einem Amplituden-Maximum des Amplituden-Summenspektrums zugeordnet ist, mittels einer dritten
15 Drehzahlbildungsvorschrift $n = \frac{f_{h1}}{k}$ oder als statistischer Wert aus Quotienten, welche durch Divisionen einer Mehrzahl von Werten für die Kern-Radharmonische durch den Werten für die Kern-Radharmonischen jeweils zugeordnete Werte für den Ordnungsfaktor gebildet werden, ermittelt wird.
20 Durch diese Maßnahme werden auch bei unverlässlichen oder ungenauen Informationen in Bezug auf die Fahrgeschwindigkeiten ausreichend genaue bzw. plausible Ergebnisse für die Raddrehzahl erreicht. Der Wert der Fahrgeschwindigkeiten wird lediglich für eine Ermittlung der
25 Kern-Radharmonischen eingesetzt, wobei die Kern-Radharmonische oder eine Mehrzahl von Kern-Radharmonischen in dem Kernsuchgebiet, welches beispielsweise kleiner ist als das Suchgebiet für die Radharmonische oder eine Mehrzahl von Radharmonischen, gesucht wird. Die Raddrehzahl wird aus der
30 Kern-Radharmonischen oder der Mehrzahl von Kern-Radharmonischen bestimmt, wofür der Wert der Fahrgeschwindigkeiten nicht unmittelbar benötigt wird.

Eine hohe Genauigkeit von Ermittlungsergebnissen im Hinblick
35 auf die Raddrehzahl wird sichergestellt, wenn die Raddrehzahl dann ermittelt wird, wenn die zumindest eine Radharmonische oder die zumindest eine Kern-Radharmonische aus einer Anzahl

an Frequenzen ermittelt ist, welche gleich einem oder größer als ein Frequenzanzahl-Schwellwert ist.

Dadurch wird beispielsweise vermieden, dass die

Radharmonische oder die Kern-Radharmonische aus einem

5 Frequenzspektrum ermittelt wird, welches z.B. eine hohe Anzahl an auszufilternden Störfrequenzen aufweist.

Risiken im Hinblick auf unverlässliche

Radgeometrieermittlungsergebnisse werden reduziert, wenn die

10 Amplitudenspektren und/oder das Amplituden-Summenspektrum

dann gebildet und/oder aktualisiert werden, wenn die

Fahrgeschwindigkeiten gleich einem oder größer als ein

Fahrgeschwindigkeitsschwellwert sind und wenn

Fahrbeschleunigungen gleich einem oder kleiner als ein

15 Fahrbeschleunigungsgrenzwert sind.

Bei den Fahrbeschleunigungen kann es sich um mathematisch

positive, aber auch um mathematisch negative Beschleunigungen

(d.h. Verzögerungen) handeln. Dies kann über ein Vorzeichen

des Fahrbeschleunigungsgrenzwerts oder über eine

20 Absolutbetragsbildung bei den Fahrbeschleunigungen

berücksichtigt werden. Äquivalent zu den Fahrbeschleunigungen

und dem Fahrbeschleunigungsgrenzwert können auch Antriebs-

oder Bremskräfte mit einem Antriebs- oder Bremskraftgrenzwert verglichen werden.

25

Eine effiziente Auslastung einer verfügbaren Rechnerkapazität

wird ermöglicht, wenn die Amplitudenspektren in einem ersten

Zeitintervall gebildet werden und das Summen-

Amplitudenspektrum in einem zweiten Zeitintervall

30 aktualisiert wird, wobei das zweite Zeitintervall größer als das erste Zeitintervall ist.

In diesem Zusammenhang ist es auch hilfreich, wenn aus den

Amplitudenspektren Teilsummen-Amplitudenspektren gebildet

werden, welche in einem dritten Zeitintervall, welches größer

35 als das erste Zeitintervall und kleiner als das zweite

Zeitintervall ist, zwischengespeichert werden, wobei das

Summen-Amplitudenspektrum aus den Teilsummen-Amplitudenspektren gebildet wird.

5 Eine erfolgversprechende Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in einer Vorrichtung umfassend zumindest einen ersten Sensor, zumindest eine Recheneinrichtung sowie zumindest eine Einrichtung zur Ortung, zur Fahrgeschwindigkeitsermittlung oder zur Fahrgeschwindigkeitserfassung ermöglicht, wenn die zumindest
10 eine Recheneinrichtung zur Geometrieermittlung zumindest eines ersten Rads mit dem zumindest ersten Sensor zur Erfassung von Vertikalbeschleunigungen sowie mit der zumindest einen Einrichtung zur Ortung, zur Fahrgeschwindigkeitsermittlung oder zur
15 Fahrgeschwindigkeitserfassung signalübertragend verbunden ist.

Insbesondere ist es günstig, wenn ein Schienenfahrzeug mit zumindest einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgerüstet
20 ist.

Bei Schienenfahrzeugen besteht häufig Bedarf an einer einfachen, aber präzisen Radgeometrieermittlung (beispielsweise im Zusammenhang mit Diagnose- und/oder Überwachungseinrichtungen, mit welchen z.B. Radschäden
25 detektiert werden können etc.).

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen beispielhaft:

5

Fig. 1: Ein Flussdiagramm zu einer beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens, mit welchem Radgeometrieparameter und Raddrehzahlen ermittelt werden, und

10

Fig. 2: Einen Seitenriss eines Ausschnitts aus einer beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs mit einer beispielhaften Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Radgeometrieermittlung.

15

Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm zu einer beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens, mit welchem Radgeometrieparameter und Raddrehzahlen ermittelt werden.

5 Das Verfahren gemäß Fig. 1 ist für ein Schienenfahrzeug vorgesehen, wie es beispielhaft in Fig. 2 dargestellt ist. Mittels eines ersten Sensors 1, wie er beispielhaft in Fig. 2 gezeigt ist, werden Vertikalbeschleunigungen eines ersten Rads 2 eines Radsatzes 3, wie er beispielhaft in Fig. 2
10 dargestellt ist, ermittelt. Aus einer ebenfalls in Fig. 2 beispielhaft gezeigten satellitenbasierten Ortungseinrichtung 4 des Schienenfahrzeugs werden Positionsinformationen des Schienenfahrzeugs empfangen, welche durch zeitliche Ableitung in im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zu
15 verarbeitende Fahrgeschwindigkeiten v transformiert werden.

Auf Grundlage von Vertikalbeschleunigungssignalen des ersten Sensors 1, welche ein Schwingverhalten des ersten Rads 2 charakterisieren, werden in einem ersten Zeitintervall von 1
20 s Amplitudenspektren gebildet, welche auf eine Normfahrgeschwindigkeit v_n , welche als Mittelwert, d.h. als statistischer Wert aus den innerhalb eines Tages erfassten Fahrgeschwindigkeiten v gebildet wird, normiert werden. (Amplitudenspektrumbildung 5). Erfindungsgemäß ist es auch
25 möglich, dass für die Normfahrgeschwindigkeit v_n ein anderer Wert (z.B. eine Konstante, welche eine typische oder besonders häufig auftretende Betriebsgeschwindigkeit charakterisiert) eingesetzt wird. Die Normfahrgeschwindigkeit v_n beschreibt jedenfalls ein charakteristisches
30 Betriebsverhalten eines Fahrzeugs.

Die Amplitudenspektren werden kumuliert, wodurch Teilsummen-Amplitudenspektren gebildet (Kumulation 6) und in einer in Fig. 2 gezeigten Datenbank 7 des Schienenfahrzeugs
35 zwischengespeichert (Zwischenspeicherung 8) werden. Die Teilsummen-Amplitudenspektren werden wiederum in einem zweiten Zeitintervall von 1 d zu einem Summen-

Amplitudenspektrum zusammengefasst (Aggregation 9). Die
Zwischenspeicherung erfolgt in einem dritten Zeitintervall
von 1 h. Das zweite Zeitintervall ist somit größer als das
erste Zeitintervall, das dritte Zeitintervall größer als das
5 erste Zeitintervall und kleiner als das zweite Zeitintervall.

Die Amplitudenspektrumsbildung 5, die Kumulation 6, die
Zwischenspeicherung 8, die Aggregation 9 sowie alle weiteren
Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens werden unter der
10 Bedingung durchgeführt, dass die Fahrgeschwindigkeiten v
gleich einem oder größer als ein definierter
Fahrgeschwindigkeitsschwellwert sind und wenn
Fahrbeschleunigungen gleich einem oder kleiner als ein
definierter Fahrbeschleunigungsgrenzwert sind.

15 Bei den Fahrbeschleunigungen kann es sich um mathematisch
positive, aber auch um mathematisch negative Beschleunigungen
(d.h. Verzögerungen) handeln. Dies wird über ein Vorzeichen
des Fahrbeschleunigungsgrenzwerts oder über eine
Absolutbetragsbildung bei den Fahrbeschleunigungen
20 berücksichtigt. Als Fahrgeschwindigkeitsschwellwert ist in
der beispielhaften Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen
Verfahrens nach Fig. 1 ein Wert von 5 km/h angesetzt, als
Fahrbeschleunigungsgrenzwert ein Wert von $0,01 \text{ m/s}^2$.
Erfindungsgemäß ist es jedoch auch möglich, andere Werte zu
25 wählen.

Aus Frequenzen des Amplituden-Summenspektrums, welche
Amplituden-Maxima des Amplituden-Summenspektrums zugeordnet
sind, wird eine Radharmonische f_h bestimmt
30 (Harmonischenermittlung 10).

Bei Harmonischen handelt es sich um Spektrallinien, deren
Frequenzen zueinander ein ganzzahliges Verhältnis aufweisen.
Dies tritt insbesondere bei Fouriertransformationen
von periodischen, nicht sinusförmigen Signalen
35 auf. Eine Grundharmonische ist dabei beispielsweise jene
Harmonische mit der niedrigsten Frequenz, welche einem

Kehrwert einer Periodendauer eines solchen Signals entspricht.

Bei der Harmonischenermittlung 10 wird die Radharmonische f_h aus ausgewählten Frequenzen ermittelt. Die Frequenzen werden

5 aus einem Suchgebiet ausgewählt, welches aus der Normfahrgeschwindigkeit v_n , einem definierten maximal zulässigen Radradius $r_{\max}$, einem definierten minimal zulässigen Radradius $r_{\min}$ sowie einem Ordnungsfaktor k mit $k = 1 \dots K$ (Ordnungsmaximum K mit $K = 12$, wobei erfindungsgemäß
10 auch andere Werte für das Ordnungsmaximum K eingesetzt werden können) aus ersten Intervallen $\left[\frac{k \cdot v_n}{2\pi \cdot r_{\max}}, \frac{k \cdot v_n}{2\pi \cdot r_{\min}}\right]$ gebildet ist. Bei dem maximal zulässigen Radradius $r_{\max}$ und dem minimal zulässigen Radradius $r_{\min}$ handelt es sich um Betriebsgrenzmaße.

15 Erfindungsgemäß ist es auch denkbar, dass das Suchgebiet aus zweiten Intervallen $\left[\frac{k \cdot v_n}{\pi \cdot R_{\max}}, \frac{k \cdot v_n}{\pi \cdot R_{\min}}\right]$ gebildet ist, in welche statt des maximal zulässigen Radradius $r_{\max}$ und des minimal zulässigen Radradius $r_{\min}$ ein definierter maximal zulässiger Raddurchmesser $R_{\max}$ und ein definierter minimal zulässiger
20 Raddurchmesser $R_{\min}$ eingesetzt sind.

Die ausgewählten Frequenzen sind Amplituden-Maxima des Amplituden-Summenspektrums innerhalb der ersten Intervalle (oder der zweiten Intervalle, wenn das Suchgebiet aus diesen gebildet ist) zugeordnet. D.h. es werden jene Frequenzen aus
25 Frequenz-Amplituden-Verläufen ausgewählt, bei welchen die Frequenz-Amplituden-Verläufe Amplituden-Maxima aufweisen. Die ausgewählten Frequenzen werden auf den dem jeweiligen ersten Intervall oder zweiten Intervall, aus welchem eine Frequenz ausgewählt wird, zugeordneten Ordnungsfaktor k
30 normiert. Beispielsweise wird eine Frequenz aus dem ersten Intervall mit einem Ordnungsfaktor von $k = 2$ zur Normierung durch $k = 2$ dividiert.

Dann werden aus den ausgewählten und normierten Frequenzen
35 Störfrequenzen außerhalb eines definierten Frequenzbands, welche von anderen Vorgängen als einer Rotation des ersten

- Rads 2 (z.B. von wiederkehrenden, dynamischen Störungen aus einem Kontakt zwischen dem ersten Rad 2 und einer Schiene) verursacht werden, ausgefiltert, wodurch die Radharmonische f_h unter Ausschluss dieser Störfrequenzen, ermittelt wird. Je größer eine Anzahl ausgewählter und nicht ausgefilterter Frequenzen ist, umso größer wird ein Wert eines Qualitätsmaßes für die Radgeometrieermittlung festgelegt. Je größer das Qualitätsmaß ist, umso genauer und verlässlicher ist die Radgeometrieermittlung.
- Sodann wird die Radharmonische f_h als Median aus den aus dem Suchgebiet ausgewählten, normierten und gefilterten Frequenzen bestimmt. Damit ist die Harmonischenermittlung abgeschlossen.
- Anschließend wird eine Radgeometrie aus der Normfahrgeschwindigkeit v_n sowie aus der Radharmonischen f_h ermittelt (Geometrieermittlung 11). Die Harmonischenermittlung 10 und die Geometrieermittlung 11 werden einmal täglich durchgeführt.
- Als Radgeometrie wird ein Radradius r mittels einer Radiusbildungsvorschrift $r = \frac{v_n}{2\pi \cdot f_h}$ ermittelt. Erfindungsgemäß ist es jedoch auch vorstellbar, dass als Radgeometrie beispielsweise ein Raddurchmesser R mittels einer Durchmesserbildungsvorschrift $R = \frac{v_n}{\pi \cdot f_h}$ ermittelt wird.
- Erfindungsgemäß ist es weiterhin denkbar, dass mittels eines zweiten Sensors Vertikalbeschleunigungen eines zweiten Rads des Radsatzes 3 ermittelt werden und damit auch eine Radgeometrieermittlung nach oben beschriebenem Schema für das zweite Rad durchgeführt wird. Der Radradius r oder der Raddurchmesser R kann dabei beispielsweise als mittlerer Radius oder als mittlerer Durchmesser bezüglich des ersten Rads 2 und des zweiten Rads bestimmt werden.

- Auf Basis des ermittelten Radradius r oder des ermittelten Raddurchmessers R wird dann eine Raddrehzahl n ermittelt (Drehzahlermittlung 12), sofern die Radharmonische f_h aus einer Anzahl an Frequenzen ermittelt ist, welche gleich einem

oder größer als ein Frequenzanzahl-Schwellwert ist. Damit die Raddrehzahl n ermittelt wird, muss also das oben genannte Qualitätsmaß gleich dem oder größer als der Frequenzanzahl-Schwellwert sein. Der Frequenzanzahl-Schwellwert ist für die

5 beispielhafte Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens nach Fig. 1 mit 10 definiert. Erfindungsgemäß ist es jedoch auch möglich, andere Werte als Frequenzanzahl-Schwellwert anzusetzen.

Bei der Drehzahlermittlung 12 wird die Raddrehzahl n aus

10 einem aktuellen Wert der Fahrgeschwindigkeiten v und dem Radradius r mittels einer ersten Drehzahlbildungsvorschrift $n = \frac{v}{2\pi \cdot r}$ ermittelt. Erfindungsgemäß ist es jedoch auch möglich, die Raddrehzahl n aus einem Wert der Fahrgeschwindigkeiten v und dem Raddurchmesser R mittels einer zweiten

15 Drehzahlbildungsvorschrift $n = \frac{v}{\pi \cdot R}$ zu ermitteln.

Weiterhin ist es insbesondere bei unverlässlichen Informationen über die Fahrgeschwindigkeiten v denkbar, dass als alternative Drehzahlermittlung 12 eine Kern-

20 Radharmonische f_{h1} aus Frequenzen innerhalb eines Kernsuchgebiets, welches um erste Suchwerte $\frac{k \cdot v}{2\pi \cdot r}$, welche aus einem Wert der Fahrgeschwindigkeiten v , dem Radradius r sowie einem Ordnungsfaktor k mit $k = 1 \dots K$ gebildet sind oder um zweite Suchwerte $\frac{k \cdot v}{\pi \cdot R}$, welche aus einem Wert der

25 Fahrgeschwindigkeiten v , dem Raddurchmesser R sowie einem Ordnungsfaktor k mit $k = 1 \dots K$ gebildet sind, zentriert ist, ermittelt wird, wobei die Raddrehzahl n aus der Kern-Radharmonischen f_{h1} sowie aus jenem Wert für den Ordnungsfaktor k , für welchen eine aus dem Kernsuchgebiet als

30 die Kern-Radharmonischen f_{h1} ausgewählte Frequenz einem Amplituden-Maximum des Amplituden-Summenspektrums zugeordnet ist, mittels einer dritten Drehzahlbildungsvorschrift $n = \frac{f_{h1}}{k}$ ermittelt wird. Eine Zentrierung um die ersten Suchwerte oder die zweiten Suchwerte erfolgt durch Intervallbildung.

35 Beispielsweise werden dritte Intervalle um die ersten Suchwerte gebildet, indem in den ersten Suchwerten für eine

untere Grenze der dritten Intervalle der Radradius r durch einen unteren Grenzwert ersetzt wird, welcher zwischen den Werten für den Radradius r und den maximal zulässigen

Radradius $r_{\max}$ liegt und für eine obere Grenze der dritten

5 Intervalle der Radradius r durch einen oberen Grenzwert ersetzt wird, welcher zwischen den Werten für den Radradius r und den minimal zulässigen Radradius $r_{\min}$ liegt. Das Kernsuchgebiet ist also enger als das oben erwähnte Suchgebiet für die Radharmonische f_h .

10 Für die zweiten Suchwerte kann bei der Intervallbildung auf Basis des Raddurchmessers R , des maximal zulässigen

Raddurchmessers $R_{\max}$ und des minimal zulässigen

Raddurchmessers $R_{\min}$ nach gleichem Schema vorgegangen werden, wobei vierte Intervalle um die zweiten Suchwerte gebildet

15 werden, indem in den zweiten Suchwerten für eine untere Grenze der vierten Intervalle der Raddurchmesser R durch einen unteren Grenzwert ersetzt wird, welcher zwischen den Werten für den Raddurchmesser R und den maximal zulässigen Raddurchmesser $R_{\max}$ liegt und für eine obere Grenze der

20 vierten Intervalle der Raddurchmesser R durch einen oberen Grenzwert ersetzt wird, welcher zwischen den Werten für den Raddurchmesser R und den minimal zulässigen Raddurchmesser $R_{\min}$ liegt.

25 Wird eine Mehrzahl von Werten für die Kern-Radharmonische f_{h1} aus dem Kernsuchgebiet ausgewählt (es wird z.B. für jeden Wert des Ordnungsfaktors k bei einem Ordnungsmaximum K von $K > 1$ ein Wert für die Kern-Radharmonische f_{h1} ausgewählt), so wird die Raddrehzahl n als statistischer Wert (z.B. als

30 Median) aus Quotienten, welche durch Divisionen der Mehrzahl von Werten für die Kern-Radharmonische f_{h1} durch den Werten für die Kern-Radharmonischen f_{h1} jeweils zugeordnete Werte für den Ordnungsfaktor k gebildet werden, ermittelt.

Auch bei der alternativen Drehzahlermittlung 12 mittels der

35 Kern-Radharmonischen f_{h1} kann ein Frequenzanzahl-Schwellwert vorausgesetzt werden.

Ist der Radradius r oder der Raddurchmesser R ermittelt und kann dieser für die Drehzahlermittlung 12 eingesetzt werden, so können die die Amplitudenspektrumsbildung 5, die Kumulation 6 und die Zwischenspeicherung 8 zeitlich parallel mit der Drehzahlermittlung 12 durchgeführt werden (beispielsweise, indem die Amplitudenspektrumsbildung 5, die Kumulation 6 und die Zwischenspeicherung 8 mittels eines ersten Prozessors oder eines ersten Prozessorkerns und die Drehzahlermittlung 12 mittels eines zweiten Prozessors oder eines zweiten Prozessorkerns vorgenommen wird). Die Drehzahlermittlung 12 wird sekundlich durchgeführt.

In Fig. 2 ist ein Seitenriss eines Ausschnitts aus einer beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs mit einer beispielhaften Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Radgeometrieermittlung, wie es beispielhaft im Zusammenhang mit Fig. 1 gezeigt ist, dargestellt.

Das Schienenfahrzeug weist ein Fahrwerk 13 und einen Wagenkasten 14 auf, wobei der Wagenkasten 14 über eine Luft-Sekundärfederanordnung 15 auf dem Fahrwerk 13 abgestützt ist. Mit einem Deckel eines ersten Radsatzlagergehäuses 16 eines ersten Radsatzlagers ist ein erster Sensor 1 verbunden. Der erste Sensor 1 ist als Piezo-Beschleunigungssensor ausgebildet.

Ein in Fig. 2 nicht sichtbarer, als Piezo-Beschleunigungssensor ausgeführter zweiter Sensor ist mit einem in Fig. 2 ebenfalls nicht sichtbaren zweiten Radsatzlagergehäuse eines zweiten Radsatzlagers des Fahrwerks 13 verbunden. Über das erste Radsatzlager sowie das erste Radsatzlagergehäuse 16 und das zweite Radsatzlager sowie das zweite Radsatzlagergehäuse ist ein erster Radsatz 3 umfassend ein erstes Rad 2 und ein in Fig. 2 nicht sichtbares zweites Rad federnd mit einem Fahrwerksrahmen 17 gekoppelt.

Mittels des ersten Sensors 1 werden Vertikalbeschleunigungen des ersten Rads 2 erfasst, mittels des zweiten Sensors Vertikalbeschleunigungen des zweiten Rads.

5 In dem Wagenkasten 14 ist eine Recheneinrichtung 18 mit einer implementierten Datenbank 7 angeordnet, mittels welcher Signale des ersten Sensors 1 und des zweiten Sensors verarbeitet werden.

Mit einem Dach des Wagenkastens 14 ist eine
10 satellitenbasierten Ortungseinrichtung 4 mit einer Antenne verbunden. Die Ortungseinrichtung 4 ist als Global Positioning System (GPS) ausgeführt. Mittels der Ortungseinrichtung 4 werden Fahrgeschwindigkeiten v des Schienenfahrzeugs ermittelt. Zur Ermittlung der
15 Fahrgeschwindigkeiten v ist es erfindungsgemäß jedoch auch denkbar, eine Einrichtung zur Erfassung oder Messung der Fahrgeschwindigkeiten v in oder an dem Wagenkasten 14 anzuordnen (beispielsweise eine Einrichtung zur Doppler-Radargeschwindigkeitsmessung etc.).

20 Auf Basis der Signale bezüglich der Vertikalbeschleunigungen und der Fahrgeschwindigkeiten v werden jene im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen Schritte der beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens, d.h.
25 eine Amplitudenspektrumsbildung 5, eine Kumulation 6, eine Zwischenspeicherung 8, eine Aggregation 9, eine Harmonischenermittlung 10, eine Geometrieermittlung 11 sowie eine Drehzahlermittlung 12 in der Recheneinrichtung 18 durchgeführt.

30 Der erste Sensor 1, der zweite Sensor, die Recheneinrichtung 18 sowie die Ortungseinrichtung 4 sind Teile der beispielhaften Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens
35 zur Radgeometrieermittlung, wie es beispielhaft im Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben ist.

Die Recheneinrichtung 18 ist zur Ermittlung eines Radradius r und einer Raddrehzahl n , welche auch im Zusammenhang mit Fig. 1 genannt sind, mit dem ersten Sensor 1 und dem zweiten Sensor sowie mit der Ortungseinrichtung 4 signalübertragend verbunden.

Zwischen dem ersten Sensor 1 und der Recheneinrichtung 18 ist eine erste Signalleitung 19 vorgesehen, zwischen der Ortungseinrichtung 4 und einem Fahrzeugbus 22, welcher in dem Wagenkasten 14 verläuft, eine zweite Signalleitung 20. Der Fahrzeugbus 22 ist zur Datenübertragung von der Ortungseinrichtung 4 in die Recheneinrichtung 18 über eine dritte Signalleitung 21 mit der Recheneinrichtung 18 verbunden. Der zweite Sensor ist über eine in Fig. 2 nicht gezeigte vierte Signalleitung mit der Recheneinrichtung 18 verbunden.

Erfindungsgemäß ist es auch vorstellbar, zwischen der Recheneinrichtung 18 einerseits und dem ersten Sensor 1, dem zweiten Sensor und der Ortungseinrichtung 4 andererseits Funkverbindungen vorzusehen.

Liste der Bezeichnungen

	1	Erster Sensor
	2	Erstes Rad
5	3	Radsatz
	4	Ortungseinrichtung
	5	Amplitudenspektrumsbildung
	6	Kumulation
	7	Datenbank
10	8	Zwischenspeicherung
	9	Aggregation
	10	Harmonischenermittlung
	11	Geometrieermittlung
	12	Drehzahlermittlung
15	13	Fahrwerk
	14	Wagenkasten
	15	Luft-Sekundärfederanordnung
	16	Erstes Radsatzlagergehäuse
	17	Fahrwerksrahmen
20	18	Recheneinrichtung
	19	Erste Signalleitung
	20	Zweite Signalleitung
	21	Dritte Signalleitung
	22	Fahrzeugbus
25		
	v	Fahrgeschwindigkeiten
	v_n	Normfahrgeschwindigkeit
	f_h	Radharmonische
	$r_{\max}$	Maximal zulässiger Radradius
30	$r_{\min}$	Minimal zulässiger Radradius
	k	Ordnungsfaktor
	K	Ordnungsmaximum
	$R_{\max}$	Maximal zulässiger Raddurchmesser
	$R_{\min}$	Minimal zulässiger Raddurchmesser
35	r	Radradius
	R	Raddurchmesser
	n	Raddrehzahl

f_{h1} Kern-Radharmonische

Patentansprüche

1. Verfahren zur Radgeometrieermittlung für Fahrzeuge,
insbesondere für Schienenfahrzeuge, wobei mittels zumindest
5 eines ersten Sensors (1) Vertikalbeschleunigungen zumindest
eines ersten Rads (2) ermittelt werden, wobei
Fahrgeschwindigkeiten (v) verarbeitet werden, und wobei auf
Grundlage von Vertikalbeschleunigungssignalen, welche ein
Schwingverhalten des zumindest ersten Rads (2)
10 charakterisieren, Amplitudenspektren gebildet werden, **dadurch
gekennzeichnet**, dass aus den Amplitudenspektren ein
Amplituden-Summenspektrum gebildet wird, wobei aus zumindest
einer Frequenz des Amplituden-Summenspektrums, welche einem
Amplituden-Maximum des Amplituden-Summenspektrums zugeordnet
15 ist, zumindest eine Radharmonische (f_h) bestimmt wird, und
wobei eine Radgeometrie aus einer Normfahrgeschwindigkeit
(v_n), welche ein charakteristisches Fahrzeug-
Betriebsverhalten definiert, sowie aus der zumindest einen
Radharmonischen (f_h) ermittelt wird.

20 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass
als Radgeometrie ein Radradius (r) mittels einer
Radiusbildungsvorschrift $r = \frac{v_n}{2\pi \cdot f_h}$ oder ein Raddurchmesser (R)
mittels einer Durchmesserbildungsvorschrift $R = \frac{v_n}{\pi \cdot f_h}$ ermittelt
25 wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Amplitudenspektren auf die Normfahrgeschwindigkeit
(v_n) normiert werden.

30 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch
gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Radharmonische (f_h)
unter Ausschluss von Störfrequenzen, welche von anderen
Vorgängen als einer Rotation des zumindest ersten Rads (2)
35 verursacht werden, ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Radharmonische (f_h) aus einem Suchgebiet, welches aus der Normfahrgeschwindigkeit (v_n), einem definierten maximal zulässigen Radradius ($r_{\max}$), einem definierten minimal zulässigen Radradius ($r_{\min}$) sowie einem Ordnungsfaktor (k) mit $k = 1 \dots K$ aus ersten Intervallen $\left[\frac{k \cdot v_n}{2\pi \cdot r_{\max}}, \frac{k \cdot v_n}{2\pi \cdot r_{\min}}\right]$ oder aus der Normfahrgeschwindigkeit (v_n), einem definierten maximal zulässigen Raddurchmesser ($R_{\max}$), einem definierten minimal zulässigen Raddurchmesser ($R_{\min}$) sowie einem Ordnungsfaktor (k) mit $k = 1 \dots K$ aus zweiten Intervallen $\left[\frac{k \cdot v_n}{\pi \cdot R_{\max}}, \frac{k \cdot v_n}{\pi \cdot R_{\min}}\right]$ gebildet ist, ausgewählten Frequenzen ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ausgewählten Frequenzen auf den Ordnungsfaktor (k) normiert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Radharmonische (f_h) als Median aus den aus dem Suchgebiet ausgewählten Frequenzen, welche Amplituden-Maxima des Amplituden-Summenspektrums innerhalb der ersten Intervalle oder der zweiten Intervalle zugeordnet sind, ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Raddrehzahl (n) aus einem Wert der Fahrgeschwindigkeiten (v) und dem Radradius (r) mittels einer ersten Drehzahlbildungsvorschrift $n = \frac{v}{2\pi \cdot r}$ oder aus einem Wert der Fahrgeschwindigkeiten (v) und dem Raddurchmesser (R) mittels einer zweiten Drehzahlbildungsvorschrift $n = \frac{v}{\pi \cdot R}$ ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Kern-Radharmonische (f_{h1}) aus Frequenzen innerhalb eines Kernsuchgebiets, welches um erste Suchwerte $\frac{k \cdot v}{2\pi \cdot r}$, welche aus einem Wert der

Fahrgeschwindigkeiten (v), dem Radradius (r) sowie einem Ordnungsfaktor (k) mit $k = 1 \dots K$ gebildet sind oder um zweite Suchwerte $\frac{k \cdot v}{\pi \cdot R}$, welche aus einem Wert der Fahrgeschwindigkeiten (v), dem Raddurchmesser (R) sowie einem Ordnungsfaktor (k) mit $k = 1 \dots K$ gebildet sind, zentriert ist, ermittelt wird, wobei eine Raddrehzahl (n) aus der zumindest einen Kern-Radharmonischen (f_{h1}) sowie aus zumindest einem Wert für den Ordnungsfaktor (k), für welchen eine aus dem Kernsuchgebiet als die zumindest eine Kern-Radharmonische (f_{h1}) ausgewählte Frequenz einem Amplituden-Maximum des Amplituden-Summenspektrums zugeordnet ist, mittels einer dritten Drehzahlbildungsvorschrift $n = \frac{f_{h1}}{k}$ oder als statistischer Wert aus Quotienten, welche durch Divisionen einer Mehrzahl von Werten für die Kern-Radharmonische (f_{h1}) durch den Werten für die Kern-Radharmonischen (f_{h1}) jeweils zugeordnete Werte für den Ordnungsfaktor (k) gebildet werden, ermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Raddrehzahl (n) dann ermittelt wird, wenn die zumindest eine Radharmonische (f_h) oder die zumindest eine Kern-Radharmonische (f_{h1}) aus einer Anzahl an Frequenzen ermittelt ist, welche gleich einem oder größer als ein Frequenzanzahl-Schwellwert ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Amplitudenspektren und/oder das Amplituden-Summenspektrum dann gebildet und/oder aktualisiert werden, wenn die Fahrgeschwindigkeiten (v) gleich einem oder größer als ein Fahrgeschwindigkeitsschwellwert sind und wenn Fahrbeschleunigungen gleich einem oder kleiner als ein Fahrbeschleunigungsgrenzwert sind.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Amplitudenspektren in einem ersten Zeitintervall gebildet werden und das Summen-Amplitudenspektrum in einem zweiten Zeitintervall

aktualisiert wird, wobei das zweite Zeitintervall größer als das erste Zeitintervall ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass
5 aus den Amplitudenspektren Teilsummen-Amplitudenspektren gebildet werden, welche in einem dritten Zeitintervall, welches größer als das erste Zeitintervall und kleiner als das zweite Zeitintervall ist, zwischengespeichert werden, wobei das Summen-Amplitudenspektrum aus den Teilsummen-
10 Amplitudenspektren gebildet wird.

14. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, die Vorrichtung umfassend zumindest einen ersten Sensor (1), zumindest eine Recheneinrichtung
15 (18) sowie zumindest eine Einrichtung zur Ortung, zur Fahrgeschwindigkeitsermittlung oder zur Fahrgeschwindigkeitserfassung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Recheneinrichtung (18) zur Geometrieermittlung (11) zumindest eines ersten Rads (2) mit
20 dem zumindest ersten Sensor (1) zur Erfassung von Vertikalbeschleunigungen sowie mit der zumindest einen Einrichtung zur Ortung, zur Fahrgeschwindigkeitsermittlung oder zur Fahrgeschwindigkeitserfassung signalübertragend verbunden ist.

25
15. Schienenfahrzeug mit zumindest einer Vorrichtung nach Anspruch 14.

1/1

FIG 1

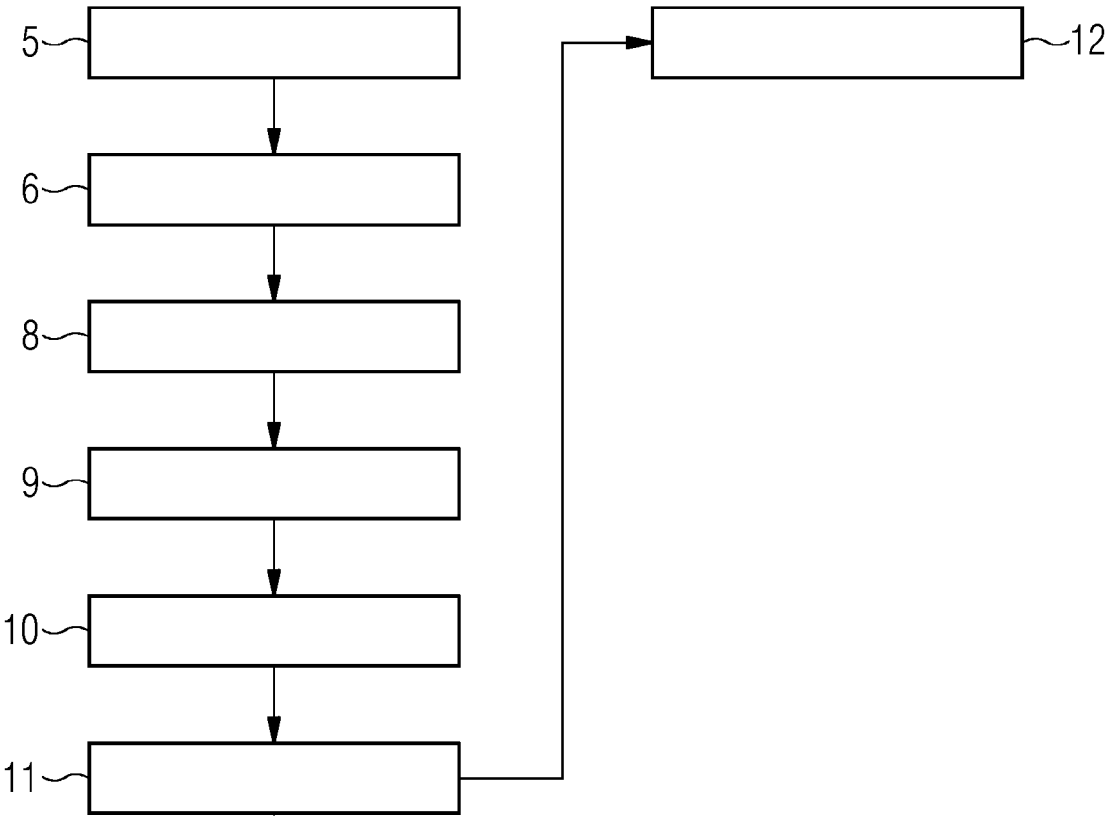
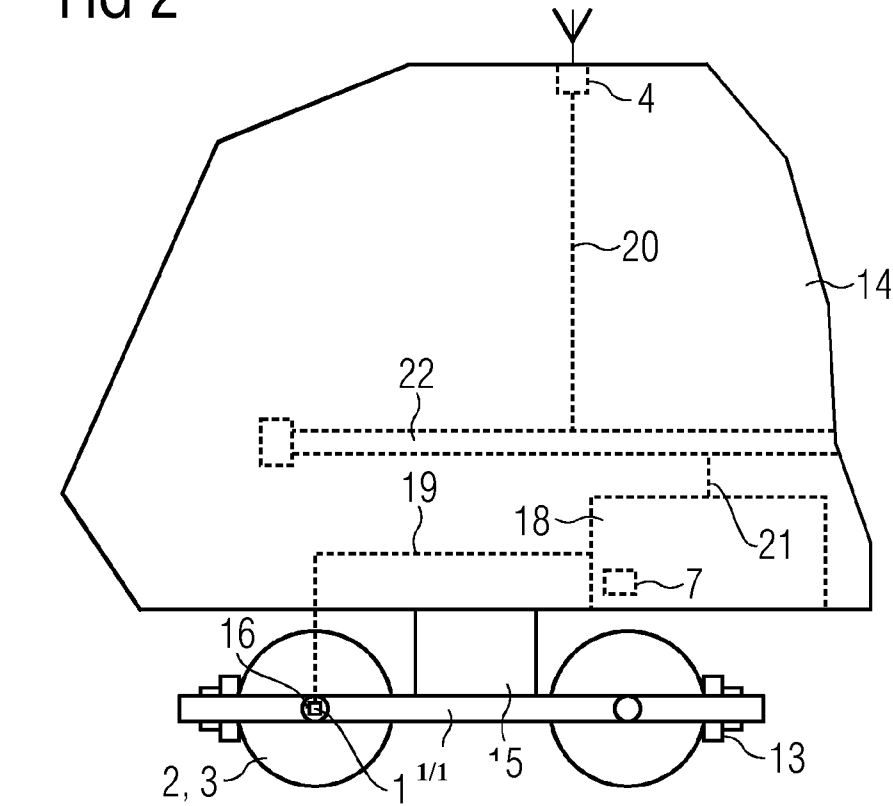


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/066829**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B61K 9/12**(2006.01)i; **B60W 40/105**(2012.01)i; **B60W 40/12**(2012.01)i; **B61L 15/00**(2006.01)i; **G01M 17/10**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B61K; G01M; B60W; B61L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 9530886 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 16 November 1995 (1995-11-16) page 8, line 6 - page 9, line 21	1-15
A	WO 2021188957 A1 (AMSTED RAIL CO INC [US]) 23 September 2021 (2021-09-23) page 14, paragraph 0056	1-15
A	CN 108593315 A (UNIV SHIJIAZHUANG TIEDAO) 28 September 2018 (2018-09-28) abstract	1-15
A	EP 1197417 A1 (SIEMENS SGP VERKEHRSTECH GMBH [AT]) 17 April 2002 (2002-04-17) page 5, column 8, paragraph 0053 - page 6, column 9, paragraph 0057	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 September 2023

Date of mailing of the international search report

17 October 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Crama, Yves

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/066829

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	9530886	A1	16 November 1995	CA	2163626	A1	16 November 1995
				DE	19580682	T1	26 September 1996
				JP	3559286	B2	25 August 2004
				JP	H09500452	A	14 January 1997
				US	5433111	A	18 July 1995
				WO	9530886	A1	16 November 1995
WO	2021188957	A1	23 September 2021	AU	2021236745	A1	22 September 2022
				BR	112022018424	A2	01 November 2022
				CA	3171477	A1	23 September 2021
				EP	4121335	A1	25 January 2023
				US	2021291882	A1	23 September 2021
				WO	2021188957	A1	23 September 2021
CN	108593315	A	28 September 2018	NONE			
EP	1197417	A1	17 April 2002	AT	410921	B	25 August 2003
				AT	E313466	T1	15 January 2006
				EP	1197417	A1	17 April 2002
				ES	2258069	T3	16 August 2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/066829

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B61K9/12	B60W40/105
	B60W40/12	B61L15/00
		G01M17/10
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
B61K G01M B60W B61L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 95/30886 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 16. November 1995 (1995-11-16) Seite 8, Zeile 6 - Seite 9, Zeile 21 -----	1-15
A	WO 2021/188957 A1 (AMSTED RAIL CO INC [US]) 23. September 2021 (2021-09-23) Seite 14, Absatz 0056 -----	1-15
A	CN 108 593 315 A (UNIV SHIJIAZHANG TIEDAO) 28. September 2018 (2018-09-28) Zusammenfassung -----	1-15
A	EP 1 197 417 A1 (SIEMENS SGP VERKEHRSTECH GMBH [AT]) 17. April 2002 (2002-04-17) Seite 5, Spalte 8, Absatz 0053 - Seite 6, Spalte 9, Absatz 0057 -----	1-15
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
27. September 2023		17/10/2023
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Crama, Yves

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/066829

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9530886	A1	16-11-1995	CA 2163626 A1 16-11-1995
		DE 19580682 T1 26-09-1996	
		JP 3559286 B2 25-08-2004	
		JP H09500452 A 14-01-1997	
		US 5433111 A 18-07-1995	
		WO 9530886 A1 16-11-1995	
WO 2021188957	A1	23-09-2021	AU 2021236745 A1 22-09-2022
		BR 112022018424 A2 01-11-2022	
		CA 3171477 A1 23-09-2021	
		EP 4121335 A1 25-01-2023	
		US 2021291882 A1 23-09-2021	
		WO 2021188957 A1 23-09-2021	
CN 108593315	A	28-09-2018	KEINE
EP 1197417	A1	17-04-2002	AT 313466 T 15-01-2006
		AT 410921 B 25-08-2003	
		EP 1197417 A1 17-04-2002	
		ES 2258069 T3 16-08-2006	