

(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
07. Mai 2020 (07.05.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/089035 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B61F 9/00 (2006.01) *B61L 15/00* (2006.01)

8733 Sankt Marein bei Knittelfeld (AT). **SIMON, Johannes**; Eschengasse 8/2, 8043 Graz (AT).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/079061

(74) **Anwalt: DEFFNER, Rolf**; SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Oktober 2019 (24.10.2019)

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 50936/2018 31. Oktober 2018 (31.10.2018) AT

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

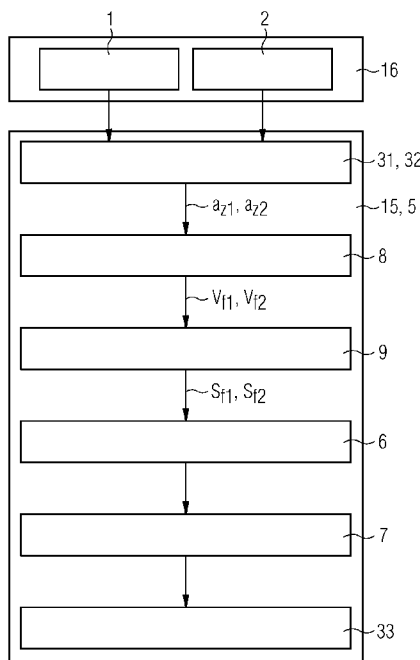
(72) Erfinder: **KITZMÜLLER, Christian**; Baumschulgasse 8, 8010 Graz (AT). **KOLLER, Andreas**; Fentscherstraße 5,

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR DETECTING A DERAILMENT STATE OF A RAIL VEHICLE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DETEKTION EINES ENTGLEISUNGSZUSTANDS EINES SCHIENENFAHRZEUGS

FIG 3



(57) **Abstract:** The invention relates to a method and to a device for detecting a derailment state of a rail vehicle, wherein at least one kinematic variable is measured by means of a first sensor (1) with respect to a first wheelset end portion (3) and by means of a second sensor (2) with respect to a second wheelset end portion (4) and corresponding measurement signals are formed, processed and evaluated. According to the invention, values of a first falling velocity (v_{f1}) with respect to the first wheelset end portion (3) and values of a second falling velocity (v_{f2}) with respect to the second wheelset end portion (4) are calculated from the measurement signals by means of at least one computing unit (5) and a derailment state of the rail vehicle is detected by means of a first comparison operation (6) of the first falling velocity (V_{f1}) and the second falling velocity (v_{f2}) with a first falling velocity limit value (v_{g1}) and a second falling velocity limit value (v_{g2}), which has a greater magnitude than the first falling velocity limit value (v_{g1}). A high level of certainty in the detection of derailment states is thereby achieved.

(57) **Zusammenfassung:** Verfahren und Vorrichtung zur Detektion eines Entgleisungszustands eines Schienenfahrzeugs, wobei zumindest eine kinematische Größe mittels eines ersten Sensors (1) bezüglich eines ersten Radsatzendabschnitts (3) und mittels eines zweiten Sensors (2) bezüglich eines zweiten Radsatzendabschnitts (4) gemessen wird und entsprechende Messsignale gebildet, verarbeitet sowie ausgewertet werden. Es wird vorgeschlagen, dass mittels zumindest einer Recheneinheit (5) aus den Messsignalen Werte einer ersten Fallgeschwindigkeit (v_{f1}) bezüglich des ersten Radsatzendabschnitts (3) und Werte einer zweiten Fallgeschwindigkeit (v_{f2}) bezüglich des zweiten Radsatzendabschnitts (4) gebildet werden und mittels eines ersten Vergleichsvorgangs (6) der ersten Fallgeschwindigkeit (V_{f1}) und der zweiten Fallgeschwindigkeit (v_{f2}) mit einem ersten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert (v_{g1}) und einem zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert (v_{g2}), welcher betragsmäßig größer ist als der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert (v_{g1}), ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs detektiert wird. Dadurch wird eine hohe Sicherheit bei einer Detektion von Entgleisungszuständen erzielt.

GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)

Verfahren und Vorrichtung zur Detektion eines Entgleisungszustands eines Schienenfahrzeugs

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Detektion
5 eines Entgleisungszustands eines Schienenfahrzeugs, wobei
zumindest eine kinematische Größe mittels eines ersten
Sensors bezüglich eines ersten Radsatzendabschnitts und
mittels eines zweiten Sensors bezüglich eines zweiten
10 Radsatzendabschnitts gemessen wird und entsprechende
Messsignale gebildet, verarbeitet sowie ausgewertet werden.

Schienenfahrzeuge müssen eine hohe Fahrsicherheit aufweisen.
Eine genaue Einschätzung und Vorhersage von technischen
Zuständen von Fahrzeugen, Fahrwerken und weiteren
15 Fahrzeugkomponenten ist daher wichtig. Insbesondere können
Entgleisungen des Schienenfahrzeugs schwere Schäden an Mensch
und Umwelt sowie an dem Schienenfahrzeug selbst verursachen,
weshalb eine genaue und rechtzeitige Erkennung eines
Entgleisungszustands des Schienenfahrzeugs bedeutsam ist.
20 Beispielsweise sind für einen automatischen Fahrbetrieb nach
GoA 4 (Grade of Automation, Stufe 4) laut IEC (International
Electrotechnical Commission) 62267 Mittel zur
Entgleisungsdetektion vorgeschrieben.

25 Aus dem Stand der Technik ist beispielsweise die WO
2004/101343 A1 bekannt, in welcher ein Verfahren sowie eine
Vorrichtung zur Detektion einer Entgleisung von
Schienenfahrzeugrädern offenbart ist. Aus Messsignalen eines
Beschleunigungssensors, welcher auf einem Radsatzlager eines
30 Schienenfahrzeugs vorgesehen ist, werden mittels Integration
Fallgeschwindigkeiten der Schienenfahrzeugräder ermittelt und
eine Entgleisung dann detektiert, wenn eine
Fallgeschwindigkeit einen definierten Grenzwert
überschreitet. Weiterhin ist eine Detektion einer Entgleisung
35 auch anhand eines Fallgeschwindigkeitsverlaufs vorgesehen.
Dieser Ansatz weist in seiner bekannten Form den Nachteil
ungenauer Detektionsergebnisse auf.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber dem Stand der Technik weiterentwickeltes Verfahren anzugeben, welches eine besser abgesicherte bzw. zuverlässigere

5 Detektion von Entgleisungszuständen eines Schienenfahrzeugs ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst mit einem Verfahren der eingangs genannten Art, bei dem mittels zumindest einer
10 Recheneinheit aus den Messsignalen Werte einer ersten Fallgeschwindigkeit bezüglich des ersten Radsatzendabschnitts und Werte einer zweiten Fallgeschwindigkeit bezüglich des zweiten Radsatzendabschnitts gebildet werden und mittels eines ersten Vergleichsvorgangs der ersten
15 Fallgeschwindigkeit und der zweiten Fallgeschwindigkeit mit einem ersten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert und einem zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert, welcher betragsmäßig größer ist als der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert, ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs zumindest dann
20 detektiert wird, wenn die erste Fallgeschwindigkeit betragsmäßig gleich oder größer ist als der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert und die zweite Fallgeschwindigkeit betragsmäßig gleich oder größer ist als der zweite Fallgeschwindigkeitsgrenzwert.
25 Durch Erfassung und Auswertung kinematischer Informationen bezüglich beider Radsatzenden, d.h. bezüglich des ersten Radsatzendabschnitts und des zweiten Radsatzendabschnitts, wird eine vorteilhafte Absicherung von Detektionsergebnissen im Hinblick auf einen Entgleisungszustand des
30 Schienenfahrzeugs erzielt. Bei einem Entgleisungsvorgang klettert zunächst ein erstes Rad eines Radsatzes auf einen Schienenkopf auf und gleitet anschließend von diesem ab. Infolge eines geometrischen bzw. kinematischen Zusammenspiels von Spurweiten, Radrückenabständen und Radprofilen entgleist
35 danach, innerhalb einer begrenzten Wegstrecke entlang der Schienen bzw. innerhalb eines begrenzten Zeitraums auf das erste Rad folgend, ein zweites Rad desselben Radsatzes.

Der beschriebene Entgleisungsvorgang wird messtechnisch in vorteilhafter Weise erfasst, da an beiden Radsatzenden Messungen durchgeführt werden und Fallgeschwindigkeiten, d.h. die erste Fallgeschwindigkeit und die zweite
5 Fallgeschwindigkeit, mit zwei unterschiedlichen Fallgeschwindigkeitsgrenzwerten, d.h. dem ersten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert und dem zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert, verglichen werden.

Der zweite Fallgeschwindigkeitsgrenzwert bezieht sich auf ein
10 nachfolgend entgleisendes Rad und ist betragsmäßig größer als der auf ein anfänglich entgleisendes Rad bezogene, erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert.

Werden an dem Radsatz aufeinanderfolgend sowohl eine
Entgleisung in Richtung einer Schienenaußenseite als auch
15 eine Entgleisung in Richtung einer Schieneninnenseite festgestellt, so wird ein Entgleisungszustand des Radsatzes bzw. des Schienenfahrzeugs detektiert. Dadurch Einbeziehung beider Räder des Radsatzes in das erfindungsgemäße Verfahren wird ein Risiko von Fehllalarmen reduziert.

Es ist günstig, dass mittels der zumindest einen
Recheneinheit aus den Messsignalen Werte eines erster
Fallwegs bezüglich des ersten Radsatzendabschnitts und Werte
eines zweiten Fallwegs bezüglich des zweiten
20 Radsatzendabschnitts gebildet werden und mittels eines

zweiten Vergleichsvorgangs des ersten Fallwegs und des
zweiten Fallwegs mit einem ersten Fallwegsgrenzwert und einem
zweiten Fallwegsgrenzwert, welcher betragsmäßig kleiner ist
als der erste Fallwegsgrenzwert, ein Entgleisungszustand des
30 Schienenfahrzeugs zumindest dann detektiert wird, wenn der erste Fallweg betragsmäßig gleich oder größer ist als der erste Fallwegsgrenzwert und der zweite Fallweg betragsmäßig gleich oder größer ist als der zweite Fallwegsgrenzwert.

Durch Einbeziehung von Fallwegen in das erfindungsgemäße
35 Verfahren, d.h. des ersten Fallwegs bezüglich des ersten Rads des Radsatzes und des zweiten Fallwegs bezüglich des zweiten Rads des Radsatzes, wird eine Detektion eines

Entgleisungszustands des Schienenfahrzeugs zusätzlich abgesichert. Das Risiko von Fehlalarmen im Hinblick auf eine Feststellung von Entgleisungszuständen wird weiter reduziert.

- 5 Eine Steigerung einer Detektionsgenauigkeit wird ferner erzielt, wenn ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs zumindest dann detektiert wird, wenn ein Erreichen oder ein Überschreiten des ersten Fallgeschwindigkeitsgrenzwerts und des zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwerts durch die erste
10 Fallgeschwindigkeit und die zweite Fallgeschwindigkeit innerhalb einer Übergangszeit oder innerhalb einer Übergangswegstrecke erfolgt.
- Durch diese Maßnahme wird eine Kopplung einer Entgleisung des ersten Rads mit einer Entgleisung des zweiten Rads
15 berücksichtigt.

- Eine vorteilhafte Ausgestaltung erhält man, wenn eine Zwangsbremmung des Schienenfahrzeugs ausgelöst wird, wenn ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs detektiert wird.
- 20 Durch diese Maßnahme wird eine möglichst rasche Wiederherstellung eines sicheren Zustands des Schienenfahrzeugs, seiner Insassen und seiner Fracht etc. erreicht.

- 25 Eine günstige Lösung wird erzielt, wenn Informationen über einen Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs mittels Funk von dem Schienenfahrzeug an eine infrastrukturseitige Einrichtung übertragen werden.
- Durch diese Maßnahme können im Fall einer Entgleisung des
30 Schienenfahrzeugs rasch Einsatzorganisationen zur Bergung des Schienenfahrzeugs, Versorgung von Insassen etc. aktiviert werden und Ersatzverkehre etc. eingerichtet werden.

- Weiterhin kann es auch vorteilhaft sein, wenn Informationen
35 über einen Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs an einen Führerstand des Schienenfahrzeugs übertragen und in dem Führerstand ausgegeben werden.

Durch diese Maßnahme wird auch ein Triebfahrzeugführer unmittelbar über die Entgleisung informiert.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen beispielhaft:

5

Fig. 1: Ein Fahrwerk eines Schienenfahrzeugs mit einem ersten Sensor und einem zweiten Sensor sowie einen Wagenkasten des Schienenfahrzeugs mit einer Recheneinheit, wobei der erste Sensor und der zweite Sensor signalübertragend mit der Recheneinheit verbunden sind,

10

15

Fig. 2: Einen ersten Radsatz eines Schienenfahrzeugs während einer Entgleisung, und

20

Fig. 3: Ein Flussdiagramm zu einer beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Detektion von Entgleisungszuständen eines Schienenfahrzeugs.

Fig. 1 zeigt ein beispielhaftes Schienenfahrzeug mit einem Fahrwerk 16 und einem Wagenkasten 15.

Das Fahrwerk 16 umfasst einen primärgefederten Fahrwerksrahmen 17, welcher über ein erstes Radsatzlager, welches ein erstes Radsatzlagergehäuse 10 aufweist und über ein zweites Radsatzlager, welches ein in Fig. 2 sichtbares zweites Radsatzlagergehäuse 11 aufweist, mit einem ersten Radsatz 13 sowie über ein drittes Radsatzlager, welches ein drittes Radsatzlagergehäuse 12 aufweist und über ein viertes Radsatzlager, welches ein viertes Radsatzlagergehäuse aufweist, mit einem zweiten Radsatz 14 verbunden ist. Auf dem Fahrwerksrahmen 17 ist eine Sekundärfedervorrichtung 18 angeordnet, über welche das Fahrwerk 16 mit dem Wagenkasten 15 verbunden ist.

Auf dem ersten Radsatzlagergehäuse 10 ist ein erster Sensor 1 vorgesehen, auf dem zweiten Radsatzlagergehäuse 11 ein in Fig. 2 sichtbarer, zweiter Sensor 2. Weiterhin ist auf dem dritten Radsatzlagergehäuse 12 ein dritter Sensor angeordnet und auf dem vierten Radsatzlagergehäuse ein vierter Sensor, die jedoch nicht gezeigt sind.

Mittels des ersten Sensors 1 und des zweiten Sensors 2 werden Entgleisungen des ersten Radsatzes 13 festgestellt, mittels des dritten Sensors und des vierten Sensors Entgleisungen des zweiten Radsatzes 14.

Der erste Sensor 1, der zweite Sensor 2, der dritte Sensor und der vierte Sensor sind als piezoelektrische Beschleunigungssensoren ausgeführt, welche Beschleunigungen, d.h. eine kinematische Größe, des Schienenfahrzeugs in drei Raumrichtungen messen, wobei auch Beschleunigungen normal zu einer Schienenebene 19 erfasst werden.

Erfindungsgemäß ist es jedoch auch vorstellbar, den ersten Sensor 1, den zweiten Sensor 2, den dritten Sensor und den vierten Sensor als Abstandssensoren, z.B. als

Laserentfernungsmesser, oder als Geschwindigkeitssensoren, z.B. als Doppler-Radarsensor, auszuführen. Erfindungsgemäß ist weiterhin eine gemischte Ausstattung denkbar, wobei

beispielsweise der erste Sensor 1 als Beschleunigungssensor ausgeführt ist und der zweite Sensor 2 als Abstandssensor bzw. als Geschwindigkeitssensor oder der erste Sensor 1 als Geschwindigkeitssensor und der zweite Sensor 2 als
5 Abstandssensor usw.

Ist keiner der Sensoren als Geschwindigkeitssensor ausgeführt, so erfolgt, wie im Zusammenhang mit Fig. 3 beschrieben, eine Transformation von mittels der Sensoren aufgenommenen Beschleunigungen oder Abständen in
10 Fallgeschwindigkeitswerte.

Von dem ersten Sensor 1, dem zweiten Sensor 2, dem dritten Sensor und dem vierten Sensor gemessene Beschleunigungen werden als Messsignale über eine erste Kabelleitung 20, eine
15 nicht sichtbare zweite Kabelleitung sowie, nicht dargestellt, eine dritte Kabelleitung und eine vierte Kabelleitung an eine in dem Wagenkasten 15, d.h. in einem Wagen angeordnete Recheneinheit 5 übertragen und darin zur Detektion von Entgleisungszuständen des Schienenfahrzeugs ausgewertet.

20 Der erste Sensor 1 ist über die erste Kabelleitung 20 mit der Recheneinheit 5 signalübertragend verbunden, der zweite Sensor 2 über die zweite Kabelleitung, der dritte Sensor über die dritte Kabelleitung und der vierte Sensor über die vierte Kabelleitung.

25 Die Recheneinheit 5 ist über ein nicht gezeigtes Bordstromnetz des Schienenfahrzeugs mit Elektrizität versorgt. Die Recheneinheit 5 wiederum versorgt über die erste Kabelleitung 20, die zweite Kabelleitung, die dritte Kabelleitung und die vierte Kabelleitung den ersten Sensor 1,
30 den zweiten Sensor 2, den dritten Sensor und den vierten Sensor mit Elektrizität.

Erfindungsgemäß kann auch vorgesehen sein, dass eine Signalübertragung zwischen dem ersten Sensor 1, dem zweiten Sensor 2, dem dritten Sensor und dem vierten Sensor
35 einerseits sowie der Recheneinheit 5 andererseits mittels einer Funkverbindung erfolgt.

In Fig. 2 ist ein beispielhafter erster Radsatz 13 eines Schienenfahrzeugs, welcher auch in Fig. 1 gezeigt ist, dargestellt.

Der erste Radsatz 13 weist ein erstes Rad 21 und ein zweites
5 Rad 22 auf, welche über eine Radsatzwelle 23 miteinander verbunden sind. Zur Verbindung des ersten Radsatzes 13 mit einem in Fig. 1 dargestellten Fahrwerksrahmen 17 sind ein erstes Radsatzlager mit einem ersten Radsatzlagergehäuse 10 und ein zweites Radsatzlager mit einem zweiten
10 Radsatzlagergehäuse 11 vorgesehen.

Auf dem ersten Radsatzlagergehäuse 10 ist ein erster Sensor 1 angeordnet, auf dem zweiten Radsatzlagergehäuse 11 ein zweiter Sensor 2. Der erste Sensor 1 und der zweite Sensor 2 sind als Beschleunigungssensoren ausgeführt und messen
15 Beschleunigungen in drei Raumrichtungen, wodurch u.a.

Beschleunigungen normal zu einer Schienenebene 19 erfasst werden. Der erste Sensor 1 misst Beschleunigungen bezüglich eines ersten Radsatzendabschnitts 3 bzw. bezüglich des ersten Radsatzlagergehäuses 10, der zweite Sensor 2 misst
20 Beschleunigungen bezüglich eines zweiten Radsatzendabschnitts 4 bzw. bezüglich des zweiten Radsatzlagergehäuses 11.

Der erste Sensor 1 und der zweite Sensor 2 messen also eine kinematische Größe, nämlich die Beschleunigung bezogen auf den ersten Radsatzendabschnitt 3 und den zweiten
25 Radsatzendabschnitt 4.

Erfindungsgemäß ist es jedoch auch vorstellbar, weitere bzw. andere kinematische Größen zu messen, z.B. Geschwindigkeiten mittels eines Geschwindigkeitssensors oder Wege bzw. Abstände zwischen dem ersten Radsatz mittels eines Abstandssensors.

30 Der erste Radsatzendabschnitt 3 und der zweite Radsatzendabschnitt 4 sind Randabschnitte des ersten Radsatzes 13 und umfassen, in Längsrichtung des ersten Radsatzes 13 betrachtet, jeweils rund 30 % des ersten
35 Radsatzes 13.

Aus Beschleunigungsmesssignalen des ersten Sensors 1 und des zweiten Sensors 2 werden in einer in Fig. 1 gezeigten Recheneinheit 5 mittels eines im Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebenen ersten Integrationsvorgangs 8

5 Fallgeschwindigkeitswerte des ersten Radsatzes 13 bestimmt, nämlich Werte einer ersten Fallgeschwindigkeit v_{f1} bezüglich des ersten Radsatzendabschnitts 3 bzw. des ersten Radsatzlagergehäuses 10 und Werte einer zweiten Fallgeschwindigkeit v_{f2} bezüglich des zweiten Radsatzendabschnitts 4 bzw. des zweiten Radsatzlagergehäuses 11. Bei der ersten Fallgeschwindigkeit v_{f1} und der zweiten Fallgeschwindigkeit v_{f2} handelt es sich um Geschwindigkeiten normal zu der Schienenebene 19.

15 In Fig. 2 ist ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs dargestellt. Das erste Rad 21 entgleist in Richtung einer Außenseite 24 eines Gleises 25, das zweite Rad 22 in Richtung einer Innenseite 26 des Gleises 25.

Die erste Fallgeschwindigkeit v_{f1} ist kleiner als die zweite Fallgeschwindigkeit v_{f2} , jedoch größer als ein erster Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} . Die zweite Fallgeschwindigkeit v_{f2} überschreitet einen zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} , welcher größer ist als der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} . Der zweite Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} ist deshalb größer als der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} , da das zweite Rad 22 auf das erste Rad 21, welches auf einen ersten Schienenkopf 27 aufklettert, folgend entgleist und da folglich auf das zweite Rad 22 eine größere Vorspannung einer Primärfederung wirkt als auf das erste Rad 21.

In der Recheneinheit 5 werden mittels eines im Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebenen zweiten Integrationsvorgangs 9 aus den Werten der ersten Fallgeschwindigkeit v_{f1} Werte eines ersten Fallwegs s_{f1} und aus den Werten der zweiten Fallgeschwindigkeit v_{f2} Werte eines zweiten Fallwegs s_{f2} bestimmt.

Bei dem ersten Fallweg s_{f1} handelt es sich um einen Weg des ersten Radsatzendabschnitts 3 bzw. des ersten Radsatzlagergehäuses 10 normal zu der Schienenebene 19, bei dem zweiten Fallweg s_{f2} um einen Weg des zweiten Radsatzendabschnitts 4 bzw. des zweiten Radsatzlagergehäuses 11 normal zu der Schienenebene 19.

Da das erste Rad 21 mit dessen Spurkranz 30 auf den ersten Schienenkopf 27 aufklettert und erst anschließend hinab gleitet, während das zweite Rad 22 unmittelbar über dessen Lauffläche 29 von einem zweiten Schienenkopf 28 abgleitet, ist, am Ende einer Entgleisung des ersten Radsatzes 13, der insgesamt zurückgelegte erste Fallweg s_{f1} größer als der insgesamt zurückgelegte zweite Fallweg s_{f2} .

Entsprechend ist ein erster Fallwegsgrenzwert s_{g1} größer definiert als ein zweiter Fallwegsgrenzwert s_{g2} .

In der Recheneinheit 5 werden ein auch im Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebener erster Vergleichsvorgang 6 zum Vergleich der ersten Fallgeschwindigkeit v_{f1} und der zweiten Fallgeschwindigkeit v_{f2} mit dem ersten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} und dem zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} sowie ein ebenfalls auch im Zusammenhang mit Fig. 3 erläuteter zweiter Vergleichsvorgang 7 zum Vergleich des ersten Fallwegs s_{f1} und des zweiten Fallwegs s_{f2} mit dem ersten Fallwegsgrenzwert s_{g1} und dem zweiten Fallwegsgrenzwert s_{g2} durchgeführt.

Ein Entgleisungszustand des ersten Radsatzes 13 bzw. des Schienenfahrzeugs wird dabei dann detektiert, wenn die erste Fallgeschwindigkeit v_{f1} betragsmäßig gleich oder größer ist als der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} , die zweite Fallgeschwindigkeit v_{f2} betragsmäßig gleich oder größer ist als der zweite Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} , der erste Fallweg s_{f1} betragsmäßig gleich oder größer ist als der erste Fallwegsgrenzwert s_{g1} und der zweite Fallweg s_{f2} betragsmäßig gleich oder größer ist als der zweite Fallwegsgrenzwert s_{g2} .

Bei Einbeziehung des zweiten Vergleichsvorgangs 7 handelt es sich um eine besonders günstige Lösung. Erfindungsgemäß ist es jedoch auch denkbar, auf eine Bestimmung und Auswertung des ersten Fallwegs s_{f1} und des zweiten Fallwegs s_{f2} zu
5 verzichten und einen Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs ausschließlich auf Grundlage des ersten Vergleichsvorgangs 6, d.h. auf Grundlage von Fallgeschwindigkeiten, zu detektieren.

10 Das erfindungsgemäße Verfahren ist selbstverständlich auch dazu eingerichtet, einen Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs zu detektieren, bei welchem das zweite Rad 22 in Richtung der Außenseite 24 des Gleises 25 entgleist und das erste Rad 21 in Richtung der Innenseite 26 des Gleises
15 25.

Fig. 3 offenbart ein Flussdiagramm einer beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen, teilweise computerimplementierten Verfahrens zur Entgleisungsdetektion
20 für ein Schienenfahrzeug.

Von einem ersten Sensor 1 und einem zweiten Sensor 2, welche als Beschleunigungssensoren ausgeführt und, wie in Fig. 1 bzw. Fig. 2 gezeigt, auf einem Fahrwerk 16 des Schienenfahrzeugs angeordnet sind, werden Beschleunigungen in
25 alle Raumrichtungen, d.h. auch normal zu einer, ebenfalls in Fig. 1 bzw. Fig. 2 gezeigten Schienenebene 19 erfasst.

Diese Beschleunigungen beziehen sich, wie in Fig. 2 gezeigt, auf einen ersten Radsatzendabschnitt 3 eines ersten Radsatzes 13 mit einem ersten Rad 21 und einem zweiten Rad 22 sowie
30 einen zweiten Radsatzendabschnitt 4 des ersten Radsatzes 13 und werden, wie in Fig. 1 dargestellt, als Messsignale über eine erste Kabelleitung 20 und eine zweite Kabelleitung an eine in einem Wagenkasten 15 des Schienenfahrzeugs angeordnete Recheneinheit 5 übertragen.

35 In der Recheneinheit 5 erfolgt eine Signalverarbeitung 31 und eine Signalauswertung 32. Dabei werden aus den Messsignalen

Beschleunigungsinformationen extrahiert und in Beschleunigungskomponenten, u.a. in eine Beschleunigungskomponente normal zu der Schienenebene 19 transformiert. Weiterhin werden über die Signalauswertung 32 die Messsignale gefiltert, um niederfrequente Störungen, welche beispielsweise von Drifterscheinungen und elektromagnetischen Einstreuungen verursacht sein können, zu eliminieren. Hierzu ist ein aus dem Stand der Technik bekannter Bessel- bzw. Hochpassfilter eingesetzt.

Von dem ersten Sensor 1 gemessene und auf den ersten Radsatzendabschnitt 3 bezogene Beschleunigungen normal zu der Schienenebene 19, erste z-Beschleunigungen a_{z1} , werden anschließend mittels eines ersten Integrationsvorgangs 8 nach einer ersten Bildungsvorschrift über eine Entgleisungsdauer t_e integriert:

$$\int_{t_{01}}^{t_e} a_{z1} \cdot dt = \int_{v_{z01}}^{v_{f1}} dv_{z1}$$

Die erste Bildungsvorschrift umfasst neben der ersten z-Beschleunigung a_{z1} und der Entgleisungsdauer t_e weiterhin eine Zeit t , eine erste Startzeit t_{01} , eine erste z-Geschwindigkeit v_{z1} des ersten Radsatzendabschnitts 3 normal zu der Schienenebene 19 sowie eine erste z-Startgeschwindigkeit v_{z01} des ersten Radsatzendabschnitts 3 normal zu der Schienenebene 19. Die erste Startzeit t_{01} und die erste z-Startgeschwindigkeit v_{z01} werden entsprechend eingesetzt, z.B. zu Beginn des erfindungsgemäßen Verfahrens mit $t_{01} = 0$ und $v_{z01} = 0$, wobei natürlich auch andere Startwerte denkbar sind.

Der erste Integrationsvorgang 8 bezieht sich weiterhin auch auf eine zweite Bildungsvorschrift, nach welcher von dem zweiten Sensor 2 erfasste und auf den zweiten Radsatzendabschnitt 4 bezogene Beschleunigungen normal zu der

Schienenenebene 19, zweite z-Beschleunigungen a_{z2} , integriert werden:

$$\int_{t_{02}}^{t_e} a_{z2} \cdot dt = \int_{v_{z02}}^{v_{f2}} dv_{z2}$$

5

Die zweite Bildungsvorschrift umfasst neben der zweiten z-Beschleunigung a_{z2} und der Entgleisungsdauer t_e weiterhin die Zeit t , eine zweite Startzeit t_{02} , eine zweite z-Geschwindigkeit v_{z2} des zweiten Radsatzendabschnitts 4 normal zu der Schienenenebene 19 sowie eine zweite z-
 10 Startgeschwindigkeit v_{z02} des zweiten Radsatzendabschnitts 4 normal zu der Schienenenebene 19. Die zweite Startzeit t_{02} und die zweite z-Startgeschwindigkeit v_{z02} werden entsprechend eingesetzt, z.B. zu Beginn des erfindungsgemäßen Verfahrens
 15 mit $t_{02} = 0$ und $v_{z02} = 0$, wobei natürlich auch andere Startwerte denkbar sind.

Bei der Entgleisungsdauer t_e handelt es sich um eine empirische Größe, welche mittels Simulationen und/oder
 20 Betriebsbeobachtungen aus einer Vielzahl von Analysen von Entgleisungsvorgängen von Schienenfahrzeugen ermittelt wird. Sie bezieht sich auf eine maximale Zeitdauer eines Entgleisungsvorgangs eines Rads.
 Erfindungsgemäß ist es jedoch auch vorstellbar, die
 25 Entgleisungsdauer t_e auf eine Zeitdauer zu beziehen, ab welcher mit Sicherheit von einer Entgleisung eines Rads ausgegangen werden kann, wobei diese Zeitdauer geringer ist als die maximale Zeitdauer eines Entgleisungsvorgangs.
 Weiterhin ist es denkbar, für die erste Bildungsvorschrift
 30 eine erste Entgleisungsdauer und für die zweite Bildungsvorschrift eine zweite Entgleisungsdauer vorzusehen, welche unterschiedliche Werte aufweisen.
 Die Entgleisungsdauer t_e beträgt in dieser beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens 3 s,
 35 wobei selbstverständlich auch andere Beträge vorstellbar sind.

Aus der ersten Vorschrift wird eine auf den ersten Radsatzendabschnitt 3 bezogene erste Fallgeschwindigkeit v_{f1} ermittelt.

5 Aus der zweiten Vorschrift wird eine auf den zweiten Radsatzendabschnitt 4 bezogene zweite Fallgeschwindigkeit v_{f2} bestimmt.

Weiterhin erfolgt ein zweiter Integrationsvorgang 9, mittels dessen aus der ersten Fallgeschwindigkeit v_{f1} ein erster
10 Fallweg s_{f1} und aus der zweiten Fallgeschwindigkeit v_{f2} ein zweiter Fallweg s_{f2} bestimmt werden.

Eine dritte Bildungsvorschrift zur Bestimmung des ersten Fallwegs s_{f1} mittels zeitfreier Integration lautet folgendermaßen:

15

$$\int_{s_{z01}}^{s_{f1}} a_{z1} \cdot ds_{z1} = \int_{v_{z01}}^{v_{f1}} v_{z1} \cdot dv_{z1}$$

Neben aus der ersten Bildungsvorschrift bereits bekannten Parametern umfasst die dritte Bildungsvorschrift einen ersten
20 z-Weg s_{z1} normal zu der Schienenebene 19 sowie einen ersten z-Startweg s_{z01} des ersten Radsatzendabschnitts 3 normal zu der Schienenebene 19 als Integrationsgrenze, welcher zu Beginn des erfindungsgemäßen Verfahrens $s_{z01} = 0$ gesetzt ist, wobei jedoch auch andere Startwerte denkbar sind.

25

Eine vierte Bildungsvorschrift zur Bestimmung des zweiten Fallwegs s_{f2} mittels zeitfreier Integration lautet wie folgt:

$$\int_{s_{z02}}^{s_{f2}} a_{z2} \cdot ds_{z2} = \int_{v_{z02}}^{v_{f2}} v_{z2} \cdot dv_{z2}$$

30

Neben aus der zweiten Bildungsvorschrift und der dritten Bildungsvorschrift bereits bekannten Parametern umfasst die vierte Bildungsvorschrift einen zweiten z-Weg s_{z2} des zweiten Radsatzendabschnitts 4 normal zu der Schienenebene 19 sowie
35 einen zweiten z-Startweg s_{z02} des zweiten Radsatzendabschnitts

4 normal zu der Schienenebene 19 als Integrationsgrenze, welcher zu Beginn des erfindungsgemäßen Verfahrens $s_{z02} = 0$ gesetzt ist, wobei jedoch auch andere Startwerte denkbar sind.

5

Erfindungsgemäß ist es auch vorstellbar, anstatt der zeitfreien Integrationen zur Bildung des ersten Fallwegs s_{f1} und des zweiten Fallwegs s_{f2} , den ersten Fallweg s_{f1} und den zweiten Fallweg s_{f2} über zweifach-zeitliche Integrationen über die Entgleisungsdauer t_e aus der ersten z-Beschleunigung a_{z1} und der zweiten z-Beschleunigung a_{z2} zu ermitteln.

Der erste Integrationsvorgang 8 mit der ersten Bildungsvorschrift und der zweiten Bildungsvorschrift sowie der zweite Integrationsvorgang 9 mit der dritten Bildungsvorschrift und der vierten Bildungsvorschrift werden mittels der Recheneinheit 5 numerisch durchgeführt, wobei für die erste z-Geschwindigkeit v_{z1} , die zweite z-Geschwindigkeit v_{z2} , den ersten z-Weg s_{z1} und den zweiten z-Weg s_{z2} je Zeitschritt Zwischenergebnisse gebildet werden, welche wiederum als erste z-Startgeschwindigkeit v_{z01} , zweite z-Startgeschwindigkeit v_{z02} , erster z-Startweg s_{z01} und zweiter s-Startweg s_{z02} für einen zeitlich auf einen ersten Integrationsdurchgang folgenden zweiten Integrationsdurchgang eingesetzt werden.

Oben genannte Zwischenergebnisse werden in dieser beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens auch zur Detektion von Entgleisungszuständen des Schienenfahrzeugs eingesetzt, d.h. mit einem ersten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} , einem zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} , einem ersten Fallwegsgrenzwert s_{g1} und einem zweiten Fallwegsgrenzwert s_{g2} verglichen, und werden daher ebenfalls als erste Fallgeschwindigkeiten v_{f1} , zweite Fallgeschwindigkeiten v_{f2} , erste Fallwege s_{f1} und zweite Fallwege s_{f2} betrachtet.

Es wird ein erster Vergleichsvorgang 6 durchgeführt, bei welchem die erste Fallgeschwindigkeit v_{f1} mit dem ersten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} sowie dem zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} verglichen wird und die
5 zweite Fallgeschwindigkeit v_{f2} ebenfalls mit dem ersten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} sowie dem zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} verglichen wird.
Der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} mit einem Betrag von 3 m/s bezieht sich, wie in Fig. 2 gezeigt, auf
10 eine Entgleisung des ersten Rads 21 in Richtung einer Außenseite 24 eines Gleises 25, und ist kleiner als der zweite Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} , welcher sich, wie ebenfalls in Fig. 2 dargestellt, auf eine Entgleisung des zweiten Rads 22 in Richtung einer Innenseite 26 des Gleises
15 25 bezieht und 4 m/s beträgt.

Der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} und der zweite Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} werden empirisch mittels Simulationen und/oder Betriebsbeobachtungen aus einer
20 Vielzahl von Analysen von Entgleisungsvorgängen von Schienenfahrzeugen ermittelt. Abhängig von dem Schienenfahrzeug und dessen Betrieb sowie von einer Bahninfrastruktur können verschiedene Beträge, d.h. auch andere Beträge als die oben angeführten, für den ersten
25 Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} und den zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} eingesetzt werden.

Darüber hinaus erfolgt ein zweiter Vergleichsvorgang 7, bei welchem der erste Fallweg s_{f1} mit dem ersten
30 Fallwegsgrenzwert s_{g1} sowie dem zweiten Fallwegsgrenzwert s_{g2} verglichen wird und der zweite Fallweg s_{f2} ebenfalls mit dem ersten Fallwegsgrenzwert s_{g1} und dem zweiten Fallwegsgrenzwert s_{g2} verglichen wird.
Der erste Fallwegsgrenzwert s_{g1} beträgt in dieser
35 beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens 210 mm und bezieht sich auf eine Entgleisung des ersten Rads 21 in Richtung der Außenseite 24 des Gleises 25,

während sich der zweite Fallwegsgrenzwert s_{g2} , welcher in dieser beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens 180 mm beträgt, auf eine Entgleisung des zweiten Rads 22 in Richtung der Innenseite 26 des Gleises 25 bezieht.

Der zweite Fallwegsgrenzwert s_{g2} ist aus einer Schienenhöhe bestimmt, der erste Fallwegsgrenzwert s_{g1} darüber hinaus noch aus einer Rad-Spurkranzhöhe.

Abhängig von Schienenfahrzeug und Infrastruktur können natürlich auch andere Beträge als die oben angeführten für den ersten Fallwegsgrenzwert s_{g1} und den zweiten Fallwegsgrenzwert s_{g2} eingesetzt werden.

Die erste Fallgeschwindigkeit v_{f1} , die zweite Fallgeschwindigkeit v_{f2} sowie der erste Fallweg s_{f1} und der zweite Fallweg s_{f2} definieren Bewegungen nach unten und sind mit positiven Vorzeichen definiert. Der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} , der zweite Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} , der erste Fallwegsgrenzwert s_{g1} und der zweite Fallwegsgrenzwert s_{g2} sind ebenfalls mit positiven Vorzeichen definiert.

Ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs wird dann detektiert, wenn die erste Fallgeschwindigkeit v_{f1} betragsmäßig gleich oder größer ist als der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} , die zweite Fallgeschwindigkeit v_{f2} betragsmäßig gleich oder größer ist als der zweite Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} , der erste Fallweg s_{f1} betragsmäßig gleich oder größer ist als der erste Fallwegsgrenzwert s_{g1} und der zweite Fallweg s_{f2} betragsmäßig gleich oder größer ist als der zweite Fallwegsgrenzwert s_{g2} .

Demzufolge wird ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs auch dann detektiert, wenn neben der zweiten Fallgeschwindigkeit v_{f2} auch die erste Fallgeschwindigkeit v_{f1} betragsmäßig gleich oder größer ist als der zweite Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} und/oder neben dem ersten

Fallweg s_{f1} auch der zweite Fallweg s_{f2} gleich oder größer ist als der erste Fallwegsgrenzwert s_{g1} .

Über den ersten Vergleichsvorgang 6 bzw. den zweiten

5 Vergleichsvorgang 7 hinaus muss für eine Detektion eines Entgleisungszustands des Schienenfahrzeugs ein Erreichen bzw. Überschreiten des ersten Fallgeschwindigkeitsgrenzwerts v_{g1} und des zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwerts v_{g2} bzw. des ersten Fallwegsgrenzwerts s_{g1} und des zweiten
10 Fallwegsgrenzwerts s_{g2} durch die erste Fallgeschwindigkeit v_{f1} und die zweite Fallgeschwindigkeit v_{f2} bzw. den ersten Fallweg s_{f1} und den zweiten Fallweg s_{f2} innerhalb einer Übergangszeit t_u und innerhalb einer mit der Übergangszeit t_u korrelierenden Übergangswegstrecke s_u des Schienenfahrzeugs
15 erfolgen. Eine Entgleisung des ersten Rads 21 muss demnach mit einer Entgleisung des zweiten Rads 22 zeitlich und örtlich gekoppelt sein.

Die Übergangszeit t_u wird empirisch mittels Simulationen und/oder Betriebsbeobachtungen aus einer Vielzahl von

20 Analysen von Entgleisungsvorgängen von Schienenfahrzeugen ermittelt. Die Übergangswegstrecke s_u wird aus Multiplikation einer Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs mit der Übergangszeit t_u ermittelt.

In dieser beispielhaften Ausführungsvariante eines
25 erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Übergangszeit t_u von 10 s eingesetzt, wobei erfindungsgemäß auch andere Beträge für die Übergangszeit t_u denkbar sind.

Sind beispielsweise sowohl die erste Fallgeschwindigkeit v_{f1}
30 als auch die zweite Fallgeschwindigkeit v_{f2} kleiner als der zweite Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g2} und/oder sowohl der erste Fallweg s_{f1} als auch der zweite Fallweg s_{f2} kleiner als der erste Fallwegsgrenzwert s_{g1} , so liegt kein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs vor und wird kein
35 Entgleisungszustand detektiert.

Weiterhin liegt beispielsweise kein Entgleisungszustand vor und wird kein Entgleisungszustand detektiert, wenn die erste

Fallgeschwindigkeit v_{f1} oder die zweite Fallgeschwindigkeit v_{f2} kleiner ist als der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert v_{g1} und/oder der erste Fallweg s_{f1} oder der zweite Fallweg s_{f2} kleiner ist als der zweite Fallwegsgrenzwert s_{g2} .

5

Es ist natürlich möglich, dass jene Seite des ersten Radsatzes 13 mit dem ersten Radsatzendabschnitt 3 bzw. das erste Rad 21 in Richtung der Innenseite 26 des Gleises 25 entgleist und jene Seite des ersten Radsatzes 13 mit dem
10 zweiten Radsatzendabschnitt 4 bzw. das zweite Rad 22 in Richtung der Außenseite 24 des Gleises 25, d.h. umgekehrt, wie für diese beispielhafte Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Zur Überprüfung eines derartigen Szenarios, welche in dem erfindungsgemäßen
15 Szenario ebenfalls immer durchgeführt wird, wird der zweite Radsatzendabschnitt 4 als der erste Radsatzendabschnitt 3 betrachtet und der erste Radsatzendabschnitt 3 als der zweite Radsatzendabschnitt 4. Die Überprüfung dieses Szenarios wird nach jenem im Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebenen Schema
20 durchgeführt.

Bei Einbeziehung des zweiten Vergleichsvorgangs 7 in das erfindungsgemäße Verfahren handelt es sich um eine besonders günstige Lösung. Erfindungsgemäß ist es jedoch auch denkbar,
25 auf eine Bestimmung und Auswertung des ersten Fallwegs s_{f1} und des zweiten Fallwegs s_{f2} zu verzichten und einen Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs ausschließlich auf Grundlage des ersten Vergleichsvorgangs 6 zu detektieren.

30 Messungen der Beschleunigungen, die Signalverarbeitung 31, die Signalauswertung 32, der erste Integrationsvorgang 8, der zweite Integrationsvorgang 9, der erste Vergleichsvorgang 6, der zweite Vergleichsvorgang 7, für einzelne Verfahrensschritte erforderliche Datenübertragungen sowie
35 eine Erzeugung von Informationen über einen etwaigen Entgleisungszustand des ersten Radsatzes 13 bzw. des Schienenfahrzeugs werden kontinuierlich während eines

Betriebs des Schienenfahrzeugs mit einer Frequenz von 10 Hz durchgeführt.

Erfindungsgemäß ist es natürlich auch möglich, eine andere Frequenz vorzusehen, die Frequenz zu variieren oder
5 unterschiedliche Verfahrensschritte mit unterschiedlichen Frequenzen durchzuführen.

Verfahrensschritte wie z.B. der erste Integrationsvorgang 8 und der zweite Integrationsvorgang 9 oder der erste Vergleichsvorgang 6 und der zweite Vergleichsvorgang 7 können
10 zeitlich sequentiell oder zeitlich parallel durchgeführt werden.

Bei einem detektierten Entgleisungszustand wird eine Zwangsbremmung des Schienenfahrzeugs ausgelöst
15 (Zwangsbremsauslösung 33). Hierzu ist die Recheneinheit 5 mit einer nicht gezeigten Bremsvorrichtung des Schienenfahrzeugs, für diese beispielhafte Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Bremssteuergerät, verbunden.

Weiterhin weist das Schienenfahrzeug eine nicht dargestellte Fahrzeugantenne auf, mit welcher die Recheneinheit 5 verbunden ist und über welche Informationen über einen Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs an eine nicht gezeigte infrastrukturseitige Einrichtung, für diese
25 beispielhafte Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens an eine Leitzentrale, übertragen werden.

Erfindungsgemäß ist es auch denkbar, die Recheneinheit 5 über entsprechende Leitungswege mit einer Ausgabeeinheit, d.h.

30 z.B. mit einer Anzeige und/oder einem Audiosystem, in einem Führerstand des Schienenfahrzeugs zu verbinden und Informationen über einen Entgleisungszustand visuell und/oder akustisch an einen Triebfahrzeugführer auszugeben.

35 Das erfindungsgemäße Verfahren kann selbstverständlich sowohl für Schienenfahrzeuge mit Radsatz-Fahrwerken als auch für Schienenfahrzeuge mit Losrad-Fahrwerken bzw. Losradsätzen,

wie sie beispielsweise für Niederflurstraßenbahnen vorgesehen sind, eingesetzt werden. Es ist keine mechanische Kopplung zwischen dem ersten Rad 21 und dem zweiten Rad 22 erforderlich.

Liste der Bezeichnungen

	1	Erster Sensor
	2	Zweiter Sensor
5	3	Erster Radsatzendabschnitt
	4	Zweiter Radsatzendabschnitt
	5	Recheneinheit
	6	Erster Vergleichsvorgang
	7	Zweiter Vergleichsvorgang
10	8	Erster Integrationsvorgang
	9	Zweiter Integrationsvorgang
	10	Erstes Radsatzlagergehäuse
	11	Zweites Radsatzlagergehäuse
	12	Drittes Radsatzlagergehäuse
15	13	Erster Radsatz
	14	Zweiter Radsatz
	15	Wagenkasten
	16	Fahrwerk
	17	Fahrwerksrahmen
20	18	Sekundärfedervorrichtung
	19	Schienenenebene
	20	Erste Kabelleitung
	21	Erstes Rad
	22	Zweites Rad
25	23	Radsatzwelle
	24	Außen­seite
	25	Gleis
	26	Innen­seite
	27	Erster Schienenkopf
30	28	Zweiter Schienenkopf
	29	Lauffläche
	30	Spurkranz
	31	Signalverarbeitung
	32	Signalauswertung
35	33	Zwangs­brems­auslösung
	v_{f1}	Erste Fallgeschwindigkeit

	v_{f2}	Zweite Fallgeschwindigkeit
	v_{g1}	Erster Fallgeschwindigkeitsgrenzwert
	v_{g2}	Zweiter Fallgeschwindigkeitsgrenzwert
	s_{f1}	Erster Fallweg
5	s_{f2}	Zweiter Fallweg
	s_{g1}	Erster Fallwegsgrenzwert
	s_{g2}	Zweiter Fallwegsgrenzwert
	t_u	Übergangszeit
	s_u	Übergangswegstrecke
10	t_e	Entgleisungsdauer
	a_{z1}	Erste z-Beschleunigung
	a_{z2}	Zweite z-Beschleunigung
	t	Zeit
	t_{01}	Erste Startzeit
15	t_{02}	Zweite Startzeit
	v_{z1}	Erste z-Geschwindigkeit
	v_{z2}	Zweite z-Geschwindigkeit
	v_{z01}	Erste z-Startgeschwindigkeit
	v_{z02}	Zweite z-Startgeschwindigkeit
20	s_{z1}	Erster z-Weg
	s_{z2}	Zweiter z-Weg
	s_{z01}	Erster z-Startweg
	s_{z02}	Zweiter z-Startweg

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion eines Entgleisungszustands eines Schienenfahrzeugs, wobei zumindest eine kinematische Größe
5 mittels eines ersten Sensors bezüglich eines ersten Radsatzendabschnitts und mittels eines zweiten Sensors bezüglich eines zweiten Radsatzendabschnitts gemessen wird und entsprechende Messsignale gebildet, verarbeitet sowie ausgewertet werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels
10 zumindest einer Recheneinheit (5) aus den Messsignalen Werte einer ersten Fallgeschwindigkeit (v_{f1}) bezüglich des ersten Radsatzendabschnitts (3) und Werte einer zweiten Fallgeschwindigkeit (v_{f2}) bezüglich des zweiten Radsatzendabschnitts (4) gebildet werden und mittels eines
15 ersten Vergleichsvorgangs (6) der ersten Fallgeschwindigkeit (v_{f1}) und der zweiten Fallgeschwindigkeit (v_{f2}) mit einem ersten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert (v_{g1}) und einem zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwert (v_{g2}), welcher betragsmäßig größer ist als der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert (v_{g1}),
20 ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs zumindest dann detektiert wird, wenn die erste Fallgeschwindigkeit (v_{f1}) betragsmäßig gleich oder größer ist als der erste Fallgeschwindigkeitsgrenzwert (v_{g1}) und die zweite Fallgeschwindigkeit (v_{f2}) betragsmäßig gleich oder größer ist
25 als der zweite Fallgeschwindigkeitsgrenzwert (v_{g2}).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels der zumindest einen Recheneinheit (5) aus den Messsignalen Werte eines ersten Fallwegs (s_{f1}) bezüglich des
30 ersten Radsatzendabschnitts (3) und Werte eines zweiten Fallwegs (s_{f2}) bezüglich des zweiten Radsatzendabschnitts (4) gebildet werden und mittels eines zweiten Vergleichsvorgangs (7) des ersten Fallwegs (s_{f1}) und des zweiten Fallwegs (s_{f2}) mit einem ersten Fallwegsgrenzwert (s_{g1}) und einem zweiten
35 Fallwegsgrenzwert (s_{g2}), welcher betragsmäßig kleiner ist als der erste Fallwegsgrenzwert (s_{g1}), ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs zumindest dann detektiert wird, wenn

der erste Fallweg (s_{f1}) betragsmäßig gleich oder größer ist als der erste Fallwegsgrenzwert (s_{g1}) und der zweite Fallweg (s_{f2}) betragsmäßig gleich oder größer ist als der zweite Fallwegsgrenzwert (s_{g2}).

5

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs zumindest dann detektiert wird, wenn ein Erreichen oder ein Überschreiten des ersten Fallgeschwindigkeitsgrenzwerts (v_{g1}) und des zweiten Fallgeschwindigkeitsgrenzwerts (v_{g2}) durch die erste Fallgeschwindigkeit (v_{f1}) und die zweite Fallgeschwindigkeit (v_{f2}) innerhalb einer Übergangszeit (t_u) oder innerhalb einer Übergangswegstrecke (s_u) erfolgt.

15 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs dann detektiert wird, wenn ein Erreichen oder ein Überschreiten des ersten Fallwegsgrenzwerts (s_{g1}) und des zweiten Fallwegsgrenzwerts (s_{g2}) durch den ersten Fallweg (s_{f1}) und den zweiten Fallweg (s_{f2}) innerhalb der Übergangszeit (t_u) oder innerhalb der Übergangswegstrecke (s_u) erfolgt.

25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest die erste Fallgeschwindigkeit (v_{f1}) mittels eines ersten Integrationsvorgangs (8) einer Beschleunigung über eine Entgleisungsdauer (t_e) ermittelt wird.

30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest der erste Fallweg (s_{f1}) mittels eines zweiten Integrationsvorgangs (9) ermittelt wird.

35 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Integrationsvorgang (9) als zeitfreie Integration durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zwangsbremmung des Schienenfahrzeugs ausgelöst wird, wenn ein Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs detektiert wird.

5

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass Informationen über einen Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs mittels Funk von dem Schienenfahrzeug an eine infrastrukturseitige Einrichtung übertragen werden.

10

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass Informationen über einen Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs an einen Führerstand des Schienenfahrzeugs übertragen und in dem Führerstand ausgegeben werden.

15

11. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Sensor (1) auf einem ersten Radsatzlagergehäuse (10) eines ersten Radsatzes (13) des Schienenfahrzeugs vorgesehen ist, der zweite Sensor (2) auf einem zweiten Radsatzlagergehäuse (11) des ersten Radsatzes (13) angeordnet ist und die zumindest eine Recheneinheit (5) in oder auf einem Wagen des Schienenfahrzeugs vorgesehen ist, wobei zwischen dem ersten Sensor (1) und dem zweiten Sensor (2) einerseits und der zumindest einen Recheneinheit (5) andererseits signalübertragende Verbindungen vorgesehen sind.

20

25

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Recheneinheit (5) mit einer Bremsvorrichtung des Schienenfahrzeugs verbunden ist.

30

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Recheneinheit (5) mit einer Fahrzeugantenne des Schienenfahrzeugs verbunden ist.

35

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Recheneinheit (5) mit einer Ausgabeeinheit verbunden ist, auf welcher Informationen über einen Entgleisungszustand des Schienenfahrzeugs

5 ausgebar sind.

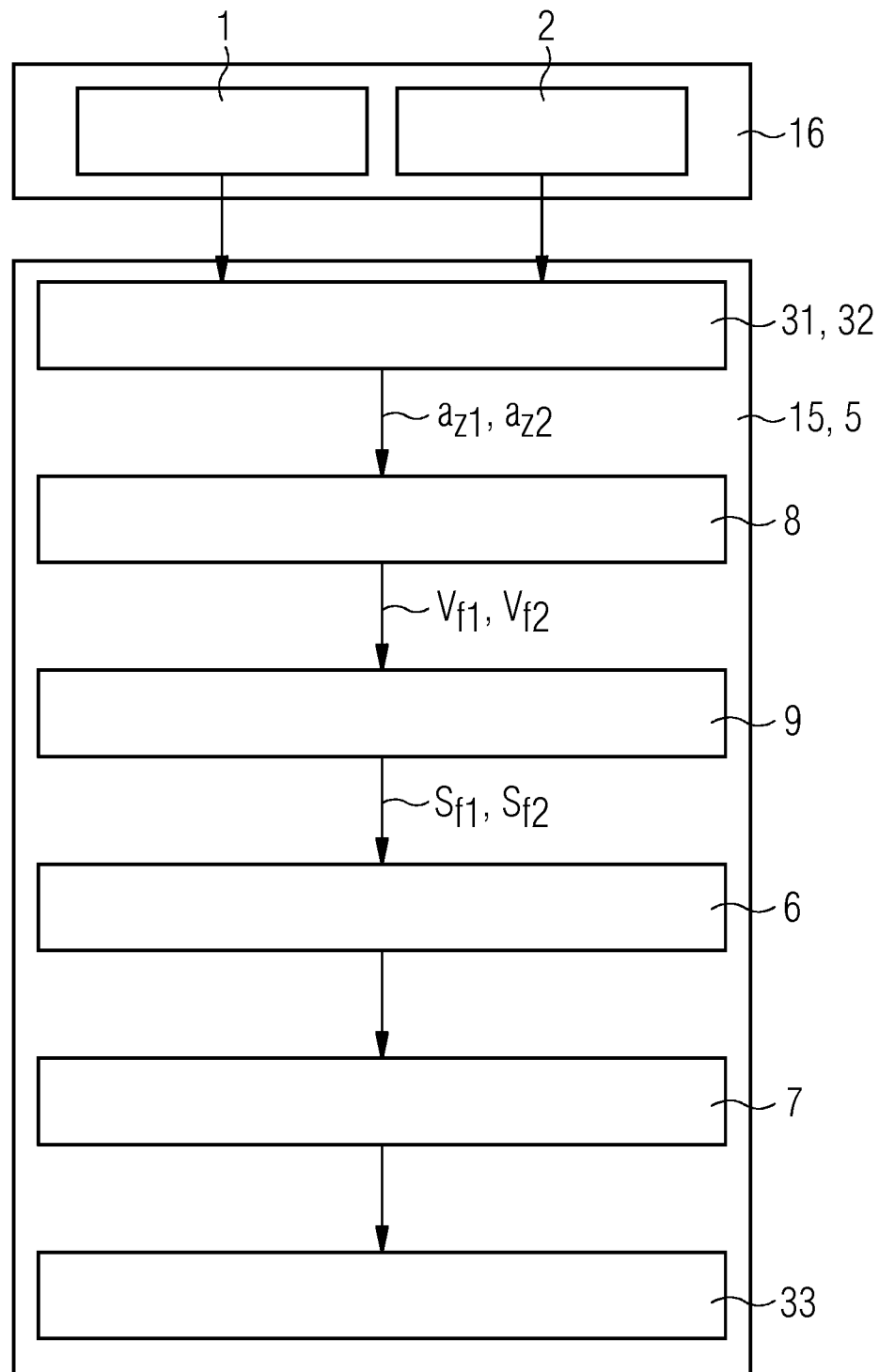
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest der erste Sensor (1) als Beschleunigungssensor ausgebildet ist.

10

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest der erste Sensor (1) als Abstandssensor ausgebildet ist.

15 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest der erste Sensor (1) als Geschwindigkeitssensor ausgebildet ist.

FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/079061

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B61F 9/00**(2006.01)i; **B61L 15/00**(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)

B61F; 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 19953677 C1 (DEUTSCHE BAHN AG [DE]) 21 June 2001 (2001-06-21) the whole document	1,5,8-17
X	WO 2004009420 A1 (DB REISE & TOURISTIK AG [DE]; SAEGLITZ MARIO [DE] ET AL.) 29 January 2004 (2004-01-29)	11-17
A	the whole document	1-10
A	EP 1400427 A1 (TOKYU CAR CORP [JP]) 24 March 2004 (2004-03-24) the whole document	1-17
A	JP H0939790 A (TOKYU CAR CORP) 10 February 1997 (1997-02-10) the whole document	1-17



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

05 February 2020

Date of mailing of the international search report

13 February 2020

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

Awad, Philippe

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/079061

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
DE	19953677	C1	21 June 2001	NONE		
WO	2004009420	A1	29 January 2004	AT	312742 T	15 December 2005
				AU	2003216862 A1	09 February 2004
				DE	10233527 A1	12 February 2004
				EP	1523436 A1	20 April 2005
				ES	2252663 T3	16 May 2006
				WO	2004009420 A1	29 January 2004
EP	1400427	A1	24 March 2004	EP	1400427 A1	24 March 2004
				ES	2235345 T3	01 July 2005
JP	H0939790	A	10 February 1997	JP	3458872 B2	20 October 2003
				JP	H0939790 A	10 February 1997

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B61F9/00 B61L15/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B61F 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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 199 53 677 C1 (DEUTSCHE BAHN AG [DE]) 21. Juni 2001 (2001-06-21) das ganze Dokument -----	1,5,8-17
X	WO 2004/009420 A1 (DB REISE & TOURISTIK AG [DE]; SAEGLITZ MARIO [DE] ET AL.) 29. Januar 2004 (2004-01-29) das ganze Dokument -----	11-17
A	----- das ganze Dokument	1-10
A	EP 1 400 427 A1 (TOKYU CAR CORP [JP]) 24. März 2004 (2004-03-24) das ganze Dokument -----	1-17
A	JP H09 39790 A (TOKYU CAR CORP) 10. Februar 1997 (1997-02-10) das ganze Dokument -----	1-17



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

5. Februar 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/02/2020

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

Awad, Philippe

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/079061

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19953677	C1	21-06-2001	KEINE
WO 2004009420	A1	29-01-2004	AT 312742 T 15-12-2005
		AU 2003216862 A1	09-02-2004
		DE 10233527 A1	12-02-2004
		EP 1523436 A1	20-04-2005
		ES 2252663 T3	16-05-2006
		WO 2004009420 A1	29-01-2004
EP 1400427	A1	24-03-2004	EP 1400427 A1 24-03-2004
		ES 2235345 T3	01-07-2005
JP H0939790	A	10-02-1997	JP 3458872 B2 20-10-2003
		JP H0939790 A	10-02-1997