

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 746/2003 (51) Int. Cl.<sup>7</sup>: B61L 23/00  
(22) Anmeldetag: 2003-05-15  
(42) Beginn der Patentdauer: 2005-11-15  
(45) Ausgabetag: 2006-07-15

(56) Entgegenhaltungen:  
US 5960376A US 6411870B1  
US 3929308A  
WO 2001/94176A1  
CH 546170A5

(73) Patentinhaber:  
SIEMENS TRANSPORTATION  
SYSTEMS GMBH & CO KG  
A-1110 WIEN (AT).  
(72) Erfinder:  
LUEGER GERHARD  
HARTBERG, STEIERMARK (AT).  
KITZMÜLLER CHRISTIAN  
GRAZ, STEIERMARK (AT).  
SALZGEBER GERARD  
GRAZ, STEIERMARK (AT).  
SCHMEJA MICHAEL  
GRAZ, STEIERMARK (AT).

(54) **ENTGLEISUNGSDETEKTION DURCH FALLGESCHWINDIGKEITSBESTIMMUNG**

(57) Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung eines Entgleisungszustandes eines Rades (RAD) eines Schienenfahrzeuges, wobei die Beschleunigung des Rades (RAD) normal zu einer Schienenebene ( $\epsilon$ ) mit zumindest einem Beschleunigungssensor (SEN) gemessen wird, wobei aus einem von dem Beschleunigungssensor (SEN) erzeugten Beschleunigungssignal (BSI) durch einfache Integration (INT) über ein Zeitfenster vorgegebbarer Größe eine Fallgeschwindigkeit (FAG) des Rades (RAD) in Richtung der Schienenebene ( $\epsilon$ ) ermittelt und anhand der ermittelten Fallgeschwindigkeit (FAG) überprüft wird, ob ein entgleister Zustand vorliegt.

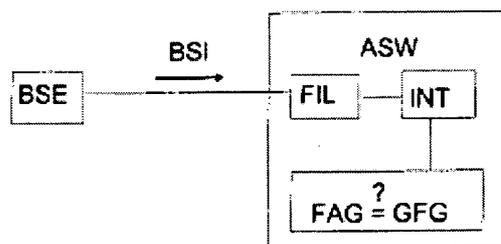


Fig. 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung eines Entgleisungszustandes eines Radsatzes eines Schienenfahrzeuges, wobei die Beschleunigung des Radsatzes normal zu einer Schienenebene mit einem Beschleunigungssensor gemessen wird.

5 Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Erkennung eines Entgleisungszustandes eines Rades eines Schienenfahrzeuges, welche zumindest einen Beschleunigungssensor zur Erfassung der Beschleunigung des Rades normal zu einer Schienenebene aufweist, wobei der Beschleunigungssensor mit einer Auswerteeinheit zur Auswertung eines von dem Beschleunigungssensors erzeugten Beschleunigungssignals eingerichtet ist.

10 Ein Rad bzw. Radsatz eines Schienenfahrzeuges kann beispielsweise quasistatischen, durch ein Geländeprofil hervorgerufenen Beschleunigungen aber auch durch Entgleisungen hervorgerufenen Beschleunigungen unterworfen sein. Von Interesse für eine Entgleisungsdetektion sind jedoch nur die Beschleunigungen, die durch Bewegungen des Radsatzes normal zur Schienenebene hervorgerufen sind. Im Folgenden werden normal zur Schienenebene auf die Radsätze wirkende Beschleunigungen als Fallbeschleunigungen bezeichnet. In diesem Sinne werden auch die aus diesen Beschleunigungen resultierenden vertikalen Geschwindigkeiten in diesem Dokument als Fallgeschwindigkeiten bezeichnet.

20 Derartige Fallbeschleunigungen können im Fall einer Entgleisung durch die Erdbeschleunigung und durch eine sich entspannende Primärfeder hervorgerufen werden, wobei der Endpunkt dieser Fallbewegung des Rades bzw. Radsatzes üblicherweise durch eine feste Fahrbahn bestimmt ist.

25 Sensoren, die den Gleichanteil der Beschleunigung messen können, sind für den Einsatz bei Schienenfahrzeugen nicht robust genug. Robuste Sensoren können jedoch den Gleichanteil nicht messen, sie besitzen eine untere Grenzfrequenz. Langsame Änderungen der Beschleunigung können somit nicht erfasst werden. Weiters weisen die Messsignale üblicherweise einen Offset auf, der Drifterscheinungen unterworfen ist. Bei der Verwendung von robusten Beschleunigungssensoren, sind es nicht die quasistatischen Anteile der Beschleunigung des Radsatzes, sondern in erster Linie Drifterscheinungen und niederfrequente elektromagnetische Einkopplungen, die den Amplitudenverlauf der erzeugten Beschleunigungssignale ergeben.

30 Die US 5,960,376 offenbart ein System zur Steuerung der Lage eines Wagenkastens eines Schienenfahrzeuges abhängig von einer vertikalen Beschleunigung oder Geschwindigkeit des Wagenkastens. Die vertikale Geschwindigkeit des Wagenkastens kann mittels einfacher Integration aus einem von einem an dem Wagenkasten angeordneten Beschleunigungssensor erzeugten Beschleunigungssignal ermittelt werden. Der Wagenkasten ist auf zwei Drehgestellen angeordnet, wobei zwischen den Drehgestellen und dem Wagenkasten Aktuatoren angeordnet sind. Mittels dieser Aktuatoren kann die Lage des Wagenkastens verändert werden. Zur Steuerung der Aktuatoren ist ein Controller vorgesehen, der anhand der von dem erzeugten Beschleunigungssignal bzw. der daraus berechneten vertikalen Geschwindigkeit die Aktuatoren steuert, wodurch ein Entgleisen des Schienenfahrzeuges vermieden werden soll.

45 Ein entscheidender Nachteil der bekannten Lösung besteht darin, dass das Vorliegen eines entgleisten Zustandes nicht erkannt werden kann, weshalb trotz der vorgesehenen vorbeugenden Maßnahmen zur Verhinderung eines Entgleisens im Fall einer tatsächlichen Entgleisung keine geeigneten Gegenmaßnahmen, wie beispielsweise eine Notbremsung eingeleitet werden können.

50 Die US 6 411 870 B1 zeigt ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur Erkennung eines entgleisten Zustands eines Schienenfahrzeuges. Bei der bekannten Lösung wird durch zweimalige Integration eines von einem Beschleunigungssensor erzeugten Beschleunigungssignal die vertikale Auslenkung eines Rades berechnet, wobei die berechnete vertikale Auslenkung mit einem Schwellwert verglichen wird. Nachteilig an dem bekannten Verfahren ist, dass die

55

Auslenkung durch eine doppelte Integration des Beschleunigungssignals berechnet werden muss. Die zweifache Integration des Beschleunigungssignals verursacht jedoch ein sehr schlechtes Signal-Rauschverhältnis, weshalb ein zuverlässiges Erkennen eines entgleisten Zustands nicht mehr gewährleistet ist.

5

Die US 3 929 308 A offenbart eine Vorrichtung zur Erkennung einer Entgleisung eines Rades eines Schienenfahrzeuges. Die bekannte Vorrichtung weist einen thermo-mechanischen Beschleunigungssensor auf, um ein Aufschlagen der Achse eines Rades auf einem Bahnkörper zu detektieren. Der bekannte Beschleunigungssensor weist eine Sensor Masse auf, die in einer Hohlkammer bewegbar angeordnet ist. Ein Auslösemechanismus ist mit der Sensor Masse verbunden, wobei bei Überschreiten einer Grenzgeschwindigkeit bzw. einer Grenzbeschleunigung der Sensor Masse in Richtung der Schienenebene eine Betätigung des Auslösemechanismus durch die Sensor Masse erfolgt. Die Betätigung des Auslösemechanismus bewirkt eine hitzeerzeugende chemische Reaktion. Der durch einen entgleisten Zustand hervorgerufene Temperaturanstieg wird von einem Temperaturmessmittel des thermo-mechanischen Beschleunigungssensors erfasst, woraufhin eine Notbremsung veranlasst wird. Die Einstellung der Auslösebeschleunigung bzw. der Auslösgeschwindigkeit, ab welcher die Betätigung des Auslösemechanismus eintritt, erfolgt hierbei durch Einstellung von auf die Sensor Masse wirkenden Federkräften bzw. über eine geeignete Wahl der Sensormasse.

20

Die WO 2001/941176 A1 offenbart ein Verfahren zur Erkennung eines entgleisten Zustand eines Rades eines Schienenfahrzeuges unter Zuhilfenahme eines in einem Achsbereich des Rades erzeugten Beschleunigungssignals. Um die Signalauswertung zu verbessern, werden die Beschleunigungssignale einer Filterung unterworfen. Durch die Filterung werden Impulse eliminiert, deren Amplituden unter einem vorgegebenen Schwellwert liegen. Ein derartiges gefiltertes Signal ist in Fig. 4 dieses Dokuments dargestellt. Die Amplitudenwerte des gefilterten Signals können miteinander korreliert werden (Fig. 5), wobei bei überschreiten eines Grenzwertes des korrelierten Signals ein Warnsignal erzeugt wird.

30

Die CH 546 170 A5 bezieht sich auf ein Verfahren, mit dem einzelne Gleisstrecken im Hinblick auf die beim Befahren mit unterschiedlichen Fahrzeugen und verschiedenen Geschwindigkeiten zu erwartende Laufruhe der Fahrzeuge klassifiziert werden können.

35

Aus der DE 199 53 677 C1 ist ein Verfahren der oben genannten Art bekannt geworden. Das bekannte Dokument beschreibt ein Verfahren zur Erkennung einer Entgleisung eines spurgebundenen Fahrzeuges. Hierzu ist wird eine Beschleunigung eines mit der Fahrspur direkt oder indirekt in Kontakt stehenden Bauelements des spurgebundenen Fahrzeugs vertikal und/oder quer zu einer Fahrtrichtung ermittelt. Das Beschleunigungssignal wird zweifach über die Zeit integriert und dieses zweifach integrierte Beschleunigungssignal mit einem oberen und/oder unteren Grenzwert verglichen, wobei bei Über- oder Unterschreiten des Grenzwertes eine Entgleisung vorliegt.

40

45

Nachteilig an dieser bekannten Ausführungsform ist vor allem, dass durch die zweifache Integration ein sehr schlechter Signal-Rauschabstand gegeben ist. So kann eine einfache Integration den Signal-Rauschabstand um 20 dB pro Dekade des zu integrierenden Signals verringern. Durch eine zweifache Integration verringert sich der Signal-Rauschabstand schon um 40 dB pro Dekade. Somit wird bei einer zweifachen Integration ein niederfrequentes Störsignal um einen Faktor 10 (20 dB) mehr verstärkt, als das eigentliche Nutzsignal - die Fallbeschleunigung. Durch die zweifache Integration werden hohe Anforderungen an die Auswerteelektronik gestellt, wodurch es zu hohen Herstellungskosten kommen kann. Weiters kann es mit dem bekannten Verfahren bzw. System aufgrund der erforderlichen, aufwendigen Auswerteelektronik zu Verzögerungen bei der Erkennung von entgleisten Zuständen kommen.

50

55

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, einen Weg zu schaffen, der es ermöglicht, einfach, kostengünstig sowie schnell und mit hoher Zuverlässigkeit eine Entgleisung eines Radsatzes zu

erkennen.

5 Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass aus einem von dem Beschleunigungssensor erzeugten Beschleunigungssignal durch einfache Integration über ein Zeitfenster vorgegebener Größe eine Fallgeschwindigkeit des Rades in Richtung der Schienenebene ermittelt und anhand der ermittelten Fallgeschwindigkeit überprüft wird, ob ein entgleister Zustand vorliegt.

10 Es ist ein Verdienst der Erfindung, durch die Bestimmung der momentanen Fallgeschwindigkeit mittels einfacher Integration des Beschleunigungssignals die Erkennung eines entgleisten Zustands wesentlich zu vereinfachen. Da sich durch die einfache Integration ein wesentlich besseres Signal-Rauschverhältnis als bei Mehrfachintegration ergibt, werden auch geringere Anforderungen an die Auswerteelektronik gestellt. Somit wird ein einfacher und kostengünstiger Aufbau der Auswerteelektronik ermöglicht. Weiters erlaubt die erfindungsgemäße Lösung eine  
15 einfache, ausschließlich hardwaremäßige Realisierung, wodurch sich die Zuverlässigkeit der Entgleisungsdetektion weiter erhöhen lässt.

20 In einer ersten Variante der Erfindung wird der Wert der Fallgeschwindigkeit mit einer Grenzfallgeschwindigkeit verglichen wird, wobei bei Überschreiten der Grenzfallgeschwindigkeit auf einen entgleisten Zustand erkannt wird.

Gemäß einer zweiten Variante der Erfindung wird aus dem zeitlichen Verlauf der Fallgeschwindigkeit auf einen entgleisten Zustand geschlossen.

25 In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Beschleunigungssignal im Bereich eines Achslagers erzeugt.

30 Um die Signalauswertung zu verbessern und die Robustheit des Verfahrens gegen Störeinflüsse zu erhöhen, werden niederfrequente in dem Beschleunigungssignal enthaltene Störanteile vor der Integration eliminiert.

Günstigerweise wird zur Eliminierung der Störanteile eine Hochpassfilterung verwendet.

35 Um den Verlauf der Fallbewegung durch Integration richtig wiedergeben zu können, wird die Gruppenlaufzeit der einzelnen Frequenzanteile des zu integrierenden Beschleunigungssignals bei der Filterung konstant gehalten.

40 Vorteilhafterweise wird die Integration des Beschleunigungssignals jeweils in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern durchgeführt, wobei der Endpunkt eines Zeitfensters den Anfangspunkt eines darauffolgenden Zeitfensters bildet.

45 Die Integration des Beschleunigungssignals kann jedoch auch jeweils in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern durchgeführt werden, wobei aufeinanderfolgende Zeitfenster einander abschnittsweise überlappen.

50 Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignet sich insbesondere eine Vorrichtung der eingangs genannten Art, bei welcher die Auswerteeinheit dazu eingerichtet ist, aus dem Beschleunigungssignal durch einfache Integration über ein Zeitfenster vorgegebener Größe eine Fallgeschwindigkeit des Rades in Richtung der Schienenebene zu ermitteln und anhand der ermittelten Fallgeschwindigkeit zu überprüfen, ob ein entgleister Zustand vorliegt.

55 Bevorzugterweise ist die Auswerteeinheit dazu eingerichtet, die ermittelte Fallgeschwindigkeit mit einer Grenzfallgeschwindigkeit zu vergleichen, wobei bei Überschreiten der Grenzfallgeschwindigkeit auf einen entgleisten Zustand erkannt wird.

Weiters kann die Auswerteeinheit dazu eingerichtet sein, anhand des zeitlichen Verlaufs der Fallgeschwindigkeit einen entgleisten Zustand zu erkennen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Beschleunigungssensor im Bereich  
5 eines Achslagers eines Rades des Schienenfahrzeuges angeordnet.

Weiters kann ein Filter zur Eliminierung niederfrequenter, in dem Beschleunigungssignal enthal-  
tener Störanteile vor der Integration vorgesehen sein, wobei der Filter günstiger Weise ein  
10 Hochpassfilter ist.

Darüber hinaus lässt der Filter Phasenbeziehungen von Frequenzanteilen des Beschleuni-  
gungssignals im wesentlichen unbeeinflusst.

Weitere Vorteile lassen sich dadurch erzielen, dass die Auswerteeinheit dazu eingerichtet ist,  
15 die Integration des Beschleunigungssignals jeweils in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern durch-  
zuführen, wobei der Endpunkt eines Zeitfensters den Anfangspunkt eines darauffolgenden  
Zeitfensters bildet.

In einer anderen Variante der Erfindung kann die Auswerteeinheit auch dazu eingerichtet sein,  
20 die Integration des Beschleunigungssignals jeweils in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern durch-  
zuführen, wobei aufeinanderfolgende Zeitfenster einander abschnittsweise überlappen.

Vorteilhafterweise ist im Bereich jedes Rades des Schienenfahrzeuges ein Beschleunigungs-  
sensor angeordnet.

Die Erfindung samt weiterer Vorteile wird im Folgenden anhand einiger nicht einschränkender  
25 Ausführungsbeispiele näher erläutert, welche in der Zeichnung dargestellt sind. In dieser zeigen  
schematisch:

30 Fig. 1 ein Schienenfahrzeug mit einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen  
Verfahrens;

Fig. 2 ein Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Fig. 3 einen zeitlichen Verlauf einer Fallgeschwindigkeit des Schienenfahrzeuges in einem  
Zeitfenster bei einer Entgleisung.

35 Gemäß Fig. 1 wird zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Erkennung eines  
entgleisten Zustandes eines Schienenfahrzeuges im Bereich eines Drehgestells DRE des  
Schienenfahrzeuges ein Beschleunigungssignal erzeugt. Hierzu weist eine erfindungsgemäße  
Vorrichtung einen Beschleunigungssensor BSE auf, der an einem Achslager AXL eines Rades  
40 RAD bzw. Radsatzes des Schienenfahrzeuges angeordnet sein kann. Günstigerweise ist im  
Bereich jedes Rades RAD, beispielsweise an jedem Achslager AXL, ein Beschleunigungssen-  
sor BSE angeordnet.

45 Ein wesentliches Element der vorliegenden Erfindung ist die Erkenntnis, dass besonders zuver-  
lässige und repräsentative Messergebnisse erzielt werden können, wenn die Wirkungsrichtung  
der Beschleunigungssensoren BSE im wesentlichen normal zur Fahrtrichtung, d. h. normal zu  
einer Schienenebene  $\varepsilon$  verläuft. In der Zeichnung ist die Fahrtrichtung des Schienenfahrzeuges  
mit einem Pfeil FAR dargestellt, wobei die Wirkungsrichtung der Beschleunigungssensoren BSE  
50 normal auf die Zeichenebene verläuft. Unter Wirkungsrichtung eines Beschleunigungssensors  
BSE wird in diesem Dokument, die Richtung verstanden, in welcher der Sensor Beschleuni-  
gungskräfte bevorzugt aufnehmen und Signale liefern kann.

Die Beschleunigungssensoren BSE können beispielsweise als piezoelektrische Sensoren aus-  
gebildet sein, bei welchen in bekannter Weise ein piezoelektrischer Kristall zwischen zwei paral-  
55 lel zueinander verlaufenden Kondensatorplatten angeordnet ist. Findet diese Art von Sensoren

Verwendung so kann man dadurch, dass die beiden Kondensatorplatten im wesentlichen normal zur Fahrtrichtung des Schienenfahrzeuges verlaufen, eine Übereinstimmung der Wirkungsrichtung der Beschleunigungssensoren mit der Fahrtrichtung erreichen. Selbstverständlich können auch andere bekannte Beschleunigungssensoren, die auf anderen Mechanismen beruhen, verwendet werden. Derartige Sensoren sind dem Fachmann in großer Zahl bekannt und sollen daher an dieser Stelle nicht weiter erläutert werden.

Das von dem Beschleunigungssensor BSE erzeugte Beschleunigungssignal BSI wird gemäß Fig. 2 an eine Auswerteeinheit ASW übermittelt, wobei die Übertragung des Beschleunigungssignals BSI von den Beschleunigungssensoren BSE an die Auswerteeinheit ASW über elektrische Leitungen, Glasfaserkabel oder drahtlos, beispielsweise über Funk oder Blue Tooth erfolgen kann. Die Auswerteeinheit kann ein entsprechend programmierter Mikro- bzw. Signalprozessor sein, jedoch wird in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung aus Gründen einer höheren Sicherheit einer rein hardwaretechnischen Realisierung der Auswerteeinheit ASW der Vorzug gegeben.

Aus dem Beschleunigungssignal wird in der Auswerteeinheit ASW mittels einfacher Integration INT über ein Zeitfenster vorgegebbarer Größe die Fallgeschwindigkeit FAG des Rades RAD bzw. Radsatzes in Richtung der Schienenebene  $\epsilon$  ermittelt. Hierbei kann die Integration des Beschleunigungssignals BSI jeweils in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern bzw. Zeitintervallen erfolgen, wobei der Endpunkt eines Zeitfensters den Anfangspunkt eines darauffolgenden Zeitfensters bilden kann. Weiters ist es auch möglich, dass aufeinanderfolgende Zeitfenster einander teilweise überlappen. Prinzipiell kann zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zeitfenstern auch ein zeitlicher Abstand bestehen.

Die Integration des Beschleunigungssignals BSI kann digital oder analog erfolgen. Schaltungen und Verfahren zur numerischen bzw. analogen Integration eines Signals über einen vorgebbaren Zeitbereich sind dem Fachmann in großer Zahl bekannt und sollen daher an dieser Stelle nicht näher erläutert werden.

Nach Berechnung der aktuellen Fallgeschwindigkeit FAG des Rades RAD in dem betrachteten Zeitfenster bzw. des Radsatzes wird diese mit einer Grenzfallgeschwindigkeit GFG verglichen, wobei bei Überschreiten dieser Grenzfallgeschwindigkeit, auf einen entgleisten Zustand erkannt wird. Da die in dem betrachteten Zeitfenster ermittelte Fallgeschwindigkeit im Fall einer Entgleisung Werte annimmt, die in einem Normalzustand (z. B. bei Weichenüberfahrten) nie erreicht werden können - im Normalbetrieb sind die auftretenden Höhendifferenzen zur Beschleunigung auf hohe Geschwindigkeiten zu gering - kann eine Entgleisung mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit festgestellt werden. Somit nimmt der Wert des Integrals des Beschleunigungssignals über das betrachtete Zeitfenster im Fall einer Entgleisung Werte an, die im Normalbetrieb nicht erreicht werden können.

Zum einen kann somit anhand des Wertes des bestimmten Integrals, dessen obere und untere Grenze durch das jeweils betrachtete Zeitfenster festgelegt sind, des Beschleunigungssignals auf eine Entgleisung geschlossen werden. Zum anderen kann aber auch aus dem Verlauf der Fallgeschwindigkeit als Funktion der Zeit in dem betrachteten Zeitintervall auf eine Entgleisung geschlossen werden.

Gemäß Fig. 3 kann eine Änderung in dem zeitlichen Verlauf der Fallgeschwindigkeit FAG innerhalb des Integrationsintervalls, welches in der hier gezeigten Darstellung bei ca. einer Sekunde liegt, um einen vorgebbaren Wert einer Entgleisung entsprechen. Der in Fig. 3 dargestellte zeitliche Verlauf der Fallgeschwindigkeit FAG, ist, wie bereits oben erwähnt, durch einmalige Integration des Beschleunigungssignals BSI gewonnen, wobei die Wirkungsrichtung des zugehörigen Beschleunigungssensors BSE von der Schienenebene  $\epsilon$  aus betrachtet nach oben gerichtet ist, sodass eine Fallbewegung des Schienenfahrzeuges in Richtung der Schienenebene als negative Geschwindigkeit in dem Verlauf auftritt. Natürlich könnte die Wirkrichtung

tung des Beschleunigungssensors BSE auch in Richtung der Schienenebene  $\epsilon$  zeigen, wobei sich dann ein an der Nulllinie NUL gespiegelter Verlauf der Fallgeschwindigkeit FAG ergeben würde.

5 Das Ende der Fallbewegung des Schienenfahrzeuges ist durch das Minimum MIN des zeitlichen Verlaufes charakterisiert. Das Minimum MIN entspricht bei Entgleisung zeitlich dem Auftreffen des Schienenfahrzeuges auf der Fahrbahn. Hierauf erfolgt aufgrund der infolge des Aufschlags auf der Fahrbahn nach oben wirkenden Beschleunigung ein positiver Wert der Fallgeschwindigkeit.

10 Weiters kann die Auswerteeinheit ASW einen Filter FIL zur Eliminierung niederfrequenter Störungen vor der Integration aufweisen, die beispielsweise von Drifterscheinungen und niederfrequenten elektromagnetischen Einstreuungen verursacht sind, um das Signal-Rauschverhältnis zu verbessern. Um eine scharfe Trennung von Nutz- und Störsignal zu erzielen, wird bevorzugterweise ein Filter mit einem schnellen Übergang von seinem Sperr- zu seinem Durchlassbereich verwendet. Filter mit einem schnellen Übergang von einem gesperrten zu einem durchgelassenen Frequenzbereich können die Phasenlagen zwischen den einzelnen Frequenzanteilen des zu integrierenden Signals verändern. Dies kann zur Folge haben, dass der Verlauf der Fallbewegung durch Integration nicht mehr richtig rekonstruiert werden kann.

20 Aus diesem Grund wird bevorzugterweise ein Filter verwendet, der die Phasenbeziehungen der einzelnen in dem Signal enthaltenen Frequenzanteile zueinander nicht verändert. Diese Bedingung ist beispielsweise für Besselfilter bzw. für FIR-Filter erfüllt. Bevorzugterweise erfolgt die Filterung des Signals mit einem zur Familie der Besselfilter gehörigen Hochpass. Für sicherheitskritische Anwendungen wird Besselfiltern gegenüber FIR-Filtern der Vorzug gegeben, da vergleichbare FIR-Filter eine höhere Reaktionszeit aufweisen.

25 Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es ein großer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass es sich sehr leicht, auch hardwaretechnisch, realisieren lässt und für sicherheitskritische Anwendungen sehr gut geeignet ist.

### Patentansprüche:

- 35 1. Verfahren zur Erkennung eines Entgleisungszustandes eines Rades (RAD) eines Schienenfahrzeuges, wobei die Beschleunigung des Rades (RAD) normal zu einer Schienenebene ( $\epsilon$ ) mit zumindest einem Beschleunigungssensor (SEN) gemessen wird, *dadurch gekennzeichnet*, dass aus einem von dem Beschleunigungssensor (SEN) erzeugten Beschleunigungssignal (BSI) durch einfache Integration (INT) über ein Zeitfenster vorgegebbarer Größe eine Fallgeschwindigkeit (FAG) des Rades (RAD) in Richtung der Schienenebene ( $\epsilon$ ) ermittelt und anhand der ermittelten Fallgeschwindigkeit (FAG) überprüft wird, ob ein entgleister Zustand vorliegt.
- 40 2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die ermittelte Fallgeschwindigkeit mit einer Grenzfallgeschwindigkeit (GFG) verglichen wird, wobei bei Überschreiten der Grenzfallgeschwindigkeit (GFG) auf einen entgleisten Zustand erkannt wird.
- 45 3. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass aus dem zeitlichen Verlauf der Fallgeschwindigkeit (FAG) auf einen entgleisten Zustand geschlossen wird.
- 50 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Beschleunigungssignal (BSI) im Bereich eines Achslagers (ALA) eines Rades (RAD) des Schienenfahrzeuges erzeugt wird.
- 55 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass niederfre-

quente, in dem Beschleunigungssignal (BSI) enthaltene Störanteile vor der Integration (INT) mittels einer Filterung (FIL) eliminiert werden.

- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass zur Eliminierung der Störanteile eine Hochpassfilterung verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass Phasenbeziehungen von Frequenzanteilen des zu integrierenden Beschleunigungssignals (BSI) zueinander bei der Filterung (FIL) erhalten bleiben.
- 10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Integration (INT) des Beschleunigungssignals (BSI) jeweils in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern durchgeführt wird, wobei der Endpunkt eines Zeitfensters den Anfangspunkt eines darauffolgenden Zeitfensters bildet.
- 15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Integration des Beschleunigungssignals (BSI) jeweils in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern durchgeführt wird, wobei aufeinanderfolgende Zeitfenster einander abschnittsweise überlappen.
- 20 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass im Bereich jedes Rades (RAD) des Schienenfahrzeuges ein Beschleunigungssignal (BSI) erzeugt wird.
- 25 11. Vorrichtung zur Erkennung eines Entgleisungszustandes eines Rades (RAD) eines Schienenfahrzeuges, welche zumindest einen Beschleunigungssensor (BSE) zur Erfassung der Beschleunigung des Rades (RAD) normal zu einer Schienenenebene ( $\epsilon$ ) aufweist, wobei der Beschleunigungssensor (BSE) mit einer Auswerteeinheit (ASW) zur Auswertung eines von dem Beschleunigungssensors (BSE) erzeugten Beschleunigungssignals (BSI) eingerichtet ist, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Auswerteeinheit (ASW) dazu eingerichtet ist, aus dem Beschleunigungssignal (BSI) durch einfache Integration (INT) über ein Zeitfenster vorgegebbarer Größe eine Fallgeschwindigkeit (FAG) des Rades (RAD) in Richtung der Schienenenebene ( $\epsilon$ ) zu ermitteln und anhand der ermittelten Fallgeschwindigkeit (FAG) zu überprüfen, ob ein entgleister Zustand vorliegt.
- 30 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Auswerteeinheit (ASW) dazu eingerichtet ist, die ermittelte Fallgeschwindigkeit (FAG) mit einer Grenzfallgeschwindigkeit (GFG) zu vergleichen, wobei bei Überschreiten der Grenzfallgeschwindigkeit (GFG) auf einen entgleisten Zustand erkannt wird.
- 35 13. Vorrichtung nach Anspruch 11, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Auswerteeinheit (ASW) dazu eingerichtet ist, anhand des zeitlichen Verlaufs der Fallgeschwindigkeit (FAG) einen entgleisten Zustand zu erkennen.
- 40 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Beschleunigungssensor (BSE) im Bereich eines Achslagers (ALA) eines Rades (RAD) des Schienenfahrzeuges angeordnet ist.
- 45 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, *dadurch gekennzeichnet*, dass ein Filter (FIL) zur Eliminierung niederfrequenter, in dem Beschleunigungssignal (BSI) enthaltener Störanteile vor der Integration (INT) vorgesehen ist.
- 50 16. Vorrichtung nach Anspruch 15, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Filter (FIL) ein Hochpassfilter ist.
- 55 17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Filter (FIL)

Phasenbeziehungen von Frequenzanteilen zueinander des Beschleunigungssignals (BSI) im wesentlichen unbeeinflusst lässt.

- 5 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Auswerteeinheit (ASW) dazu eingerichtet ist, die Integration (INT) des Beschleunigungssignals (BSI) jeweils in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern durchzuführen, wobei der Endpunkt eines Zeitfensters den Anfangspunkt eines darauffolgenden Zeitfensters bildet.
- 10 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Auswerteeinheit (ASW) dazu eingerichtet ist, die Integration des Beschleunigungssignals (BSI) jeweils in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern durchzuführen, wobei aufeinanderfolgende Zeitfenster einander abschnittsweise überlappen.
- 15 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, *dadurch gekennzeichnet*, dass im Bereich jedes Rades (RAD) des Schienenfahrzeuges ein Beschleunigungssensor (BSE) angeordnet ist.

## Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

