



(10) **DE 10 2014 108 685 A1** 2015.12.24

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 108 685.6**

(22) Anmeldetag: **20.06.2014**

(43) Offenlegungstag: **24.12.2015**

(51) Int Cl.: **B61K 9/08 (2006.01)**

**B61F 9/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**KNORR-BREMSE Systeme für Schienenfahrzeuge  
GmbH, 80809 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	199 53 677	C1
DE	10 2013 105 397	A1
DE	693 24 296	T2
AT	413 372	B

(72) Erfinder:

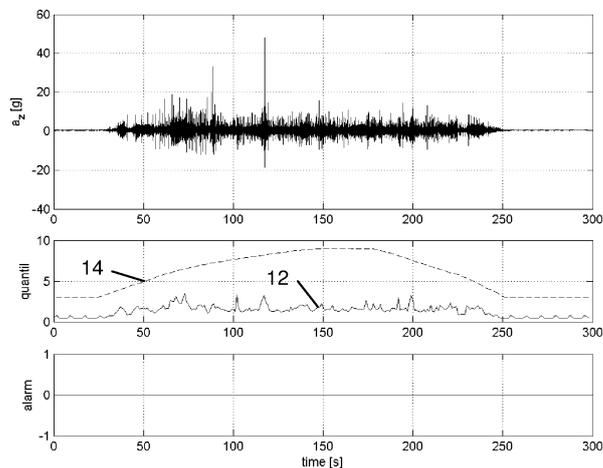
**Etzbach, Andrea, Dr., 80807 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Entgleisungserkennung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer Entgleisung wenigstens eines Radsatzes eines Schienenfahrzeugs, bei dem während einer Fahrt ein die Beschleunigung des Radsatzes in einer Richtung repräsentierendes Beschleunigungssignal gemessen wird, zu einer Menge von innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters liegenden Werten des zeitlichen Verlaufs des Beschleunigungssignals das p-Quantil bestimmt wird, wobei p einem vorgegebenen Wert größer 0 und kleiner 1 entspricht, und das p-Quantil mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen und das Kriterium geprüft wird, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert über- oder unterschreitet.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer Entgleisung wenigstens eines Radsatzes eines Schienenfahrzeugs, bei dem während einer Fahrt insbesondere kontinuierlich ein die Beschleunigung des Radsatzes in einer Richtung repräsentierendes Beschleunigungssignal gemessen wird.

**[0002]** Ohne technische Hilfsmittel kann eine Entgleisung eines Radsatzes oder eines Drehgestells eines Schienenfahrzeugs vom Zugführer, insbesondere bei langen Zügen, oft nicht erkannt werden. Der entgleiste Radsatz bleibt dann unbemerkt und wird mitgeschleift, und der entgleiste Wagen läuft Gefahr, mit einem Tunnel, einer Brücke oder einem entgegenkommenden Zug zu kollidieren. Um diese Gefahr gering zu halten, muss eine Entgleisung möglichst frühzeitig erkannt werden, so dass von dem Zugführer oder der Bremssteuerung des Schienenfahrzeugs entsprechende Gegenmaßnahmen wie beispielsweise eine Notbremsung eingeleitet werden können.

**[0003]** Da ein entgleister Radsatz durch die Entgleisung hervorgerufenen Beschleunigungen unterworfen ist, ist es bekannt, die Beschleunigung des Radsatzes, vorzugsweise die Vertikalbeschleunigung, direkt am Rad mittels eines Beschleunigungssensors zu überwachen. Insbesondere rollt bzw. springt ein entgleister Radsatz über den Oberbau der befahrenen Fahrspur, wodurch starke Stöße und dadurch hohe Beschleunigungen in den Radsatz eingepreßt werden. Das von dem Beschleunigungssensor ausgegebene Beschleunigungssignal kann dann von einer Auswerteeinrichtung ausgewertet werden, um den Zustand des Radsatzes, entgleist oder nicht entgleist, zu bestimmen. Grundsätzlich kann auch die Beschleunigung des Drehgestells überwacht werden, welches jedoch gedämpft ist.

**[0004]** Beispielsweise ist es aus dem Dokument DE 199 53 677 C1 bekannt, das Signal des Beschleunigungssensors zweifach zu integrieren und mit einem oberen und einem unteren Grenzwert zu vergleichen, wobei bei Unterschreiten bzw. Überschreiten des jeweiligen Grenzwerts auf eine Entgleisung erkannt wird. Nachteilig hieran ist jedoch, dass eine Entgleisungsdetektion nur zum eigentlichen Entgleisungszeitpunkt möglich ist, jedoch nicht mehr danach. Ferner ist es bekannt, das Beschleunigungssignal auf eine Korrelation mit einer Schwellenfrequenz hin zu prüfen. Dies setzt jedoch das Vorhandensein von Schwellen im Gleisoberbau voraus, wobei noch hinzukommt, dass die Schwellen hierbei gleichmäßige Abstände aufweisen müssen und die Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs innerhalb eines bestimmten Bereichs liegen muss. Darüber hinaus sind auch mechanische Entgleisungssysteme bekannt, die bei Güterwagen bei einem star-

ken Stoß eine Hauptluftleitung einer Bremseinrichtung entlüften, oder induktive Systeme, die den Abstand zwischen dem Drehgestell und der Schiene messen. Zu beiden genannten Systemen ist bekannt, dass sie zu Fehlauflösungen neigen.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das ermöglicht, einen entgleisten Zustand sicher zu erkennen und einen nicht-entgleisten Zustand trotz Stöße durch Gleisunebenheiten, Schienenstöße, Weichenübergänge, Flachstellen an den Rädern und dergleichen sicher von einem entgleisten Zustand zu unterscheiden.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst und insbesondere dadurch, dass zu einer Menge von innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters liegenden Werten des zeitlichen Verlaufs des Beschleunigungssignals das p-Quantil bestimmt wird, wobei p einem vorgegebenen Wert größer 0 und kleiner 1 entspricht, und das p-Quantil mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen und das Kriterium geprüft wird, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert über- oder unterschreitet.

**[0007]** Durch das erfindungsgemäße Verfahren können andere Ereignisse mit hohen Beschleunigungen, wie z.B. Überfahren von Schienenstößen, Weichen und Flachstellen am Rad, gut von Entgleisungen unterschieden werden. Die gute Unterscheidbarkeit liegt an der Verwendung des Quantils, das mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen wird, wodurch Ausreißer in dem Beschleunigungssignal, die durch die genannten Schienenstöße, Weichen und Flachstellen am Rad hervorgerufen werden, nicht oder nur gering gewichtet werden. Fehlalarme können hierdurch nahezu vollständig ausgeschlossen werden, während Entgleisungen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit erkannt werden können. Das vergleichsweise einfache Verfahren erlaubt es, eine Entgleisung auch noch nach dem eigentlichen Entgleisungsvorgang zu erkennen. Das erfindungsgemäße Verfahren ist unabhängig vom Gleisoberbau der befahrenen Fahrspur und sowohl bei niedrigen als auch bei sehr hohen Zuggeschwindigkeiten zuverlässig einsetzbar.

**[0008]** Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren bei allen Radsätzen des Schienenfahrzeugs durchgeführt. Insbesondere kann das erfindungsgemäße Verfahren für beide Räder eines jeweiligen Radsatzes durchgeführt werden.

**[0009]** Die Beschleunigung kann beispielsweise in vertikaler Richtung, in Fahrtrichtung oder in Querrichtung zu einer Fahrtrichtung des Schienenfahrzeugs gemessen werden, oder in einer Richtung, die sich durch beliebige Überlagerung von wenigstens zwei

dieser Richtungen zusammensetzt. Eine Messung der Beschleunigung in vertikaler Richtung ist bevorzugt, da die Vertikalbeschleunigungen bei einer Entgleisung besonders ausgeprägt sind. Die Beschleunigung kann an einem Rad des Radsatzes oder an dem zugehörigen Drehgestell gemessen werden.

**[0010]** Die Zuverlässigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens ist am höchsten, wenn in dem zeitlichen Verlauf des Beschleunigungssignals auftretende lokale Extremwerte bestimmt werden und das p-Quantil zu der Menge der innerhalb des vorgegebenen Zeitfensters liegenden lokalen Extremwerte bestimmt wird. Bei der Menge von innerhalb des vorgegebenen Zeitfensters liegenden Werten handelt es sich dann um eine Menge von lokalen Extremwerten. Grundsätzlich kann das p-Quantil aber auch auf allen innerhalb des vorgegebenen Zeitfensters liegenden Werten des zeitlichen Verlauf des Beschleunigungssignals oder einer Teilmenge hiervon basieren.

**[0011]** Bei Stößen aufgrund schlechter Schiene oder einer Entgleisung treten in dem gemessenen Beschleunigungssignal Auslenkungen auf. Die in dem vorgegebenen Zeitfenster liegenden Werte der vorgenannten Menge bilden dabei eine Verteilung. Das p-Quantil entspricht dem Wert, bei dem p % aller Werte der Menge, beispielsweise aller lokalen Extremwerte, kleiner sind als dieser Wert, und (1-p) % größer als dieser Wert. Das Zeitfenster sollte dabei so groß gewählt werden, dass eine ausreichend hohe Anzahl an Auslenkungen darin liegt. p sollte groß genug gewählt werden, dass auch kleine Auslenkungen, die durch eine Entgleisung entstehen, innerhalb des Quantils liegen, und klein genug, dass einzelne Auslenkungen, die durch Störungen entstehen, die bei Normalfahrt auftreten, außerhalb des Quantils liegen.

**[0012]** Bei den lokalen Extremwerten kann es sich um lokale Minimalwerte oder lokale Maximalwerte des zeitlichen Verlaufs des Beschleunigungssignals oder um die Absolutbeträge oder negierten Absolutbeträge der lokalen Minimal- und Maximalwerte handeln. Wird beispielsweise das p-Quantil zu der Menge der innerhalb des vorgegebenen Zeitfensters liegenden insbesondere positiven lokalen Maximalwerte bestimmt, kann das Kriterium geprüft werden, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert überschreitet. Wird das p-Quantil hingegen zu der Menge der innerhalb des vorgegebenen Zeitfensters liegenden insbesondere negativen lokalen Minimalwerte bestimmt, kann das Kriterium geprüft werden, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet.

**[0013]** Auf eine Entgleisung kann erkannt werden, wenn das Kriterium, insbesondere über einen vorgegebenen Zeitraum hinweg, erfüllt ist. Grundsätzlich kann eine Entgleisung also bereits dann erkannt

werden, wenn nur ein Beschleunigungssignal in einer Richtung gemessen wird und die zugehörige Prüfung ergibt, dass das zugehörige Kriterium erfüllt ist. Die Erfüllung des Kriteriums über einen vorgegebenen Zeitraum hinweg erhöht die Zuverlässigkeit der Prüfung.

**[0014]** Die Prüfung des Kriteriums, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert überschreitet, wobei bei Erfüllung des Kriteriums auf eine Entgleisung erkannt wird, umfasst im Sinne der vorliegenden Anmeldung insbesondere auch, dass das Kriterium geprüft wird, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet, wobei bei Erfüllung des Kriteriums auf keine Entgleisung erkannt wird. Ebenso umfasst die Prüfung, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet, wobei bei Erfüllung des Kriteriums auf eine Entgleisung erkannt wird, im Sinne der vorliegenden Anmeldung insbesondere auch, dass das Kriterium geprüft wird, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert überschreitet, wobei bei Erfüllung des Kriteriums auf keine Entgleisung erkannt wird.

**[0015]** Es ist jedoch auch möglich, dass eine Entgleisung erst dann erkannt wird, wenn mehrere Kriterien erfüllt sind, die geprüft werden und jeweils auf das Vorliegen einer Entgleisung schließen lassen. Hierdurch kann eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt werden, bei der die Ergebnisse verschiedener Prüfungen miteinander verglichen werden, um mögliche Fehler bei einer der Prüfungen zu identifizieren. Trifft das p-Quantil exakt den vorgegebenen Schwellwert, kann entweder auf eine Entgleisung erkannt werden oder eine Entgleisung noch nicht angenommen werden.

**[0016]** Vor Bestimmung des p-Quantils kann ein Tiefpassfilter auf das Beschleunigungssignal angewandt werden, d.h. es kann eine Vorfilterung des Beschleunigungssignals stattfinden, um Aliasing-Effekte in dem Beschleunigungssignal zu vermeiden und/oder einen eventuellen Offset des Beschleunigungssignals zu bereinigen.

**[0017]** Bei dem vorgegebenen Zeitfenster kann es sich um ein Zeitfenster mit einer Dauer von zwischen 1 ms und 60 s, insbesondere zwischen 100 ms und 10 s, handeln. Die Dauer des Zeitfensters kann in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs gewählt werden. Bevorzugt ist der Wert von p nicht größer als 0,9, insbesondere nicht größer als 0,7, und liegt insbesondere zwischen 0,1 und 0,5. In diesen Bereichen können Entgleisungen besonders zuverlässig erkannt werden.

**[0018]** Die Dauer des vorgegebenen Zeitfensters kann von der Schienenfahrzeuggeschwindigkeit abhängig sein. Beispielsweise kann das Zeitfenster bei geringeren Geschwindigkeiten länger gewählt wer-

den, um die Bestimmung des p-Quantils mit einer statisch ausreichend hohen Anzahl an Auslenkungen vornehmen zu können. Der Schwellwert kann konstant oder von wenigstens einem Parameter, beispielsweise der Schienenfahrzeuggeschwindigkeit oder einer Beladung oder dem Gleisoberbau, abhängig sein. Hierdurch kann das erfindungsgemäße Verfahren optimal an die jeweiligen Randbedingungen angepasst werden.

**[0019]** Gemäß einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass mehrere derartige Beschleunigungssignale für verschiedene Richtungen gemessen und ein jeweiliges p-Quantil bestimmt und mit einem jeweiligen vorgegebenen Schwellwert verglichen und das jeweilige Kriterium geprüft wird, ob das jeweilige p-Quantil den jeweiligen vorgegebenen Schwellwert über- oder unterschreitet. Mit einer derartigen Vorgehensweise kann eine Plausibilitätsprüfung, wie sie vorstehend bereits erwähnt ist, durchgeführt werden.

**[0020]** Darüber hinaus kann zusätzlich ein die Radgeschwindigkeit charakterisierender Parameter, beispielsweise die Radgeschwindigkeit selbst oder eine Polradfrequenz, bestimmt und mit einem vorgegebenen Referenzverlauf verglichen und das Kriterium geprüft werden, ob der Parameter ein vorgegebenes Maß an Abweichung von dem vorgegebenen Referenzverlauf überschreitet. Beispielsweise kann die Ableitung des Radgeschwindigkeitssignals nach der Zeit mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen werden, um Sprünge in der Ableitung, wie sie bei einer Entgleisung auftreten, zu identifizieren.

**[0021]** Alternativ oder zusätzlich kann eine Schwellenfrequenz, die sich aus der Schienenfahrzeuggeschwindigkeit und dem gegenseitigen Abstand der Schwellen des Gleisoberbaus ergibt, bestimmt und der zeitliche Abstand von in dem zeitlichen Verlauf des Beschleunigungssignals auftretenden lokalen Extremwerten mit der Schwellenfrequenz verglichen und das Kriterium geprüft werden, ob das Beschleunigungssignal ein vorgegebenes Maß an Korrelation mit der Schwellenfrequenz überschreitet. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der Radsatz über die Schwellen des Gleisoberbaus rollt und sich nicht mehr auf dem Gleis befindet.

**[0022]** Alternativ oder zusätzlich kann das Beschleunigungssignal auf das Kriterium des Vorliegens eines Amplitudensprungs zumindest auf eine vorgegebene Höhe und über eine vorgegebene Dauer hin überwacht werden. Es muss dann der Sprung, d.h. eine länger andauernde Erhöhung der Amplituden der vorgenannten Auslenkungen, von einem Puls, d.h. einer kurzzeitigen Erhöhung, wie sie bei einer Weichenüberfahrt oder dergleichen vorkommen kann, unterschieden werden.

**[0023]** Insbesondere kann auch auf eine Entgleisung erkannt werden, wenn das oder zumindest eines der weiteren Kriterien, insbesondere über einen vorgegebenen Zeitraum hinweg, erfüllt ist. Es kann also vorgesehen sein, dass bei mehreren Prüfungen auch dann auf eine Entgleisung erkannt wird, wenn nur bei einer der Prüfungen das entsprechende Entgleisungskriterium erfüllt ist. Es kann vorgesehen sein, dass erst dann auf eine Entgleisung erkannt wird, wenn wenigstens zwei Kriterien, insbesondere über einen vorgegebenen Zeitraum hinweg, erfüllt sind. Die Dauer des vorgegebenen Zeitraums kann für verschiedene Kriterien unterschiedlich sein. Es kann auch vorgesehen sein, dass auf eine Entgleisung erkannt wird, sobald wenigstens eine vorgegebene Mindestanzahl an Kriterien, insbesondere sämtliche Kriterien, gleichzeitig erfüllt sind.

**[0024]** Grundsätzlich können die Ergebnisse der mehreren Prüfungen gemeinsam bewertet werden und in Abhängigkeit von der gemeinsamen Bewertung kann wahlweise auf eine Entgleisung erkannt werden. Insbesondere kann auf eine Entgleisung erkannt werden, wenn die Ergebnisse der mehreren Prüfungen einer vorgegebenen Konstellation, insbesondere aus einer Gruppe von vorgegebenen Konstellationen, entsprechen. Insbesondere können also mehrere Auswerteeinstellungen vorgesehen sein, die jeweils eine Prüfung durchführen.

**[0025]** Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Erkennung einer Entgleisung wenigstens eines Radsatzes eines Schienenfahrzeugs, mit einem Beschleunigungssensor, der dazu ausgebildet ist, während einer Fahrt ein die Beschleunigung des Radsatzes in einer Richtung repräsentierendes Beschleunigungssignal zu messen, und einer Auswerteeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, zu einer Menge von innerhalb eines jeweiligen vorgegebenen Zeitfensters liegenden Werten des zeitlichen Verlaufs des Beschleunigungssignals das p-Quantil zu bestimmen, wobei p einem vorgegebenen Wert größer 0 und kleiner 1 entspricht, das p-Quantil mit einem vorgegebenen Schwellwert zu vergleichen, und das Kriterium zu prüfen, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert über- oder unterschreitet.

**[0026]** Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich in analoger Weise aus den Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0027]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Figurenbeschreibung und in der Zeichnung beschrieben.

**[0028]** Die Erfindung wird im Folgenden beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. Es zeigen,

**[0029]** Fig. 1 eine Abbildung zu einer Messung einer auf ein Rad eines Schienenfahrzeugs einwirkenden Vertikalbeschleunigung während einer Fahrt auf schlechtem Gleis,

**[0030]** Fig. 2 eine Abbildung zu einer Messung einer auf ein Rad eines Schienenfahrzeugs einwirkenden Vertikalbeschleunigung vor, während und nach dem Moment einer Entgleisung,

**[0031]** Fig. 3 eine Abbildung zu einer Messung einer auf ein bereits entgleistes Rad eines Schienenfahrzeugs einwirkenden Vertikalbeschleunigung, und

**[0032]** Fig. 4 eine Zustandsmaschine zur Beschreibung eines zur Plausibilisierung der Erkennung einer Entgleisung verwendeten Algorithmus.

**[0033]** Fig. 1 zeigt in dem oberen Diagramm eine Aufnahme einer Vertikalbeschleunigung, die auf ein Rad eines nicht-entgleisten Radsatzes eines Schienenfahrzeugs einwirkt, wenn das Schienenfahrzeug auf schlechtem Gleis fährt. In dem oberen Diagramm in Fig. 2 hingegen ist eine Aufnahme einer Vertikalbeschleunigung gezeigt, die auf ein Rad eines Radsatzes eines Schienenfahrzeugs unmittelbar vor und unmittelbar nach einem Entgleisungsvorgang des Radsatzes einwirkt. Die Vertikalbeschleunigungssignale wurden jeweils mit einem entsprechenden Beschleunigungssensor aufgenommen. Wie aus den beiden Diagrammen ersichtlich ist, treten in den beiden Signalverläufen mit einem Rauschen vergleichbare positive und negative lokale Extremwerte auf, die sich im Wesentlichen innerhalb eines Bereichs von  $\pm 40$  g bewegen. In Fig. 1 sind diese lokalen Extremwerte auf Unebenheiten und sonstige Störungen im Gleis zurückzuführen, in Fig. 2 auf den Entgleisungszustand.

**[0034]** Um den entgleisten Zustand in Fig. 2 von dem nicht-entgleisten Zustand in Fig. 1 mittels einer Auswerteeinrichtung des Schienenfahrzeugs unterscheiden zu können, werden die Absolutwerte der positiven und negativen lokalen Extremwerte gemeinsam betrachtet, und es wird zu der Menge der innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters liegenden Absolutwerte der lokalen Extremwerte, welche eine Verteilung bilden, ein p-Quantil bestimmt, beispielsweise das 0,3-Quantil, d.h. es wird der Wert bestimmt, bei dem 30% aller Absolutwerte der lokalen Extremwerte kleiner sind als dieser Wert, und 70 % größer als dieser Wert. Das 0,3-Quantil wird dann mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen, und es wird das Kriterium geprüft, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert überschreitet. Bei diesem Verfahren werden Beschleunigungs-Extremwerte, die durch Schienenstöße, Weichen und Flachstellen am Rad hervorgerufen werden, nicht oder nur gering gewichtet. Daher kann davon ausgegangen werden, dass eine Entgleisung vorliegt, wenn das Kriterium

erfüllt ist, und dass keine Entgleisung vorliegt, wenn das Kriterium nicht erfüllt ist.

**[0035]** In den mittleren Abbildungen der beiden Fig. 1 und Fig. 2 sind die zeitlichen Verläufe **12** der beiden 0,3-Quantile für die beiden Beschleunigungsverläufe dargestellt. Der Verlauf des 0,3-Quantils in Fig. 1 (schlechte Schiene) liegt immer unter 5 g, wohingegen im Verlauf des 0,3-Quantils in Fig. 2 (Entgleisungsvorgang) auch Werte von bis zu größer 10 g auftreten. Das der Bestimmung eines jeweiligen Quantils zugrunde liegende vorgegebene Zeitfenster besitzt eine Dauer von 1s. Die Zeitfenster, zu denen jeweils ein Quantil, d.h. ein Wert des Verlaufs, bestimmt wird, schließen zeitlich unmittelbar aneinander an. Grundsätzlich können die Zeitfenster aber auch überlappen oder es kann ein zeitlich wanderndes Zeitfenster verwendet werden. Ebenfalls zu sehen ist ein geschwindigkeitsabhängiger Schwellwert **14**, gegen den das Quantil verglichen wird.

**[0036]** In den unteren Abbildungen der beiden Fig. 1 und Fig. 2 sind die zeitlichen Verläufe der Zustandssignale dargestellt, die anzeigen, ob eine Entgleisung vorliegt oder nicht. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird beispielsweise bei einem Schwellwert, der sich abhängig von der Schienenfahrzeuggeschwindigkeitsabhängig im Bereich von ca. 3,5 g bis ca. 9 g bzw. ca. 4 g bis ca. 5 g bewegt, auf eine Entgleisung erkannt. Entsprechend ist das Zustandssignal in Fig. 1 (schlechte Schiene) immer auf null (keine Entgleisung), wohingegen das Signal in Fig. 2 (Entgleisungsvorgang) mit dem Auftreten der Entgleisung seinen Zustand von null auf eins (Entgleisung) ändert. Mit dem vorliegenden Verfahren kann eine Entgleisung daher zuverlässig detektiert werden bzw. ein entgleister Zustand kann zuverlässig von einem nicht-entgleisten Zustand unterschieden werden.

**[0037]** Fig. 3 zeigt eine zu Fig. 2 analoge Darstellung, wobei der betroffene Radsatz des Schienenfahrzeugs jedoch bereits ursprünglich, d.h. von Anfang an, neben das Gleis gesetzt wurde. Auch in diesem Fall kann die andauernde Entgleisung zuverlässig detektiert werden.

**[0038]** Alternativ können neben der vorgenannten Vertikalbeschleunigung auch Beschleunigungen in anderen Richtungen auf die vorstehend erläuterte Weise geprüft bzw. überwacht werden, um eine Entgleisung zu erkennen, oder es können Radgeschwindigkeiten oder Korrelationen von Beschleunigungen mit einer Schwellenfrequenz geprüft bzw. überwacht werden, wie es weiter oben erläutert ist. Dann können einzelne Entgleisungsbewertungen von unterschiedlichen Auswerteeinstanzen gegeneinander plausibilisiert werden.

**[0039]** In Fig. 4 ist eine Zustandsmaschine für eine derartige Plausibilisierung gezeigt. Es wird dabei

angenommen, dass mehrere Auswerteeinstanzen vorhanden sind, die jeweils einen Entgleisungsalarm  $a_n$  erzeugen können, wobei der Wert 0 keinem Alarm und der Wert 1 einem Alarm entspricht.  $N$  ist die Anzahl aller oder zumindest einer Mehrheit der Auswerteeinstanzen. Die möglichen Zustände sind: Zustand  $0a$ , keine Auswerteeinstanz liefert einen Alarm, ein Timer  $t$  wird auf 0 gesetzt; Zustand  $1a$ , genau eine Auswerteeinstanz liefert einen Alarm, der Timer  $t$  läuft bis ein Time-Out  $T$  erreicht ist, dann wird ein Gesamtalarm gesetzt, was dem Erkennen einer Entgleisung entspricht; Zustand  $na$ , genau  $n$  Auswerteeinstanzen liefern jeweils einen Alarm, der Timer  $t$  läuft bis der Time-Out  $T$  erreicht ist, dann wird der Gesamtalarm gesetzt;  $Na$ ,  $N$  Auswerteeinstanzen liefern jeweils einen Alarm, der Gesamtalarm wird sofort gesetzt, d.h. der Time-Out wird nach  $T = 0$  erreicht.

**[0040]** Übergänge zwischen den Zuständen treten dann auf, wenn sich eine oder mehrere Alarmmeldungen ändern, entweder von kein Alarm nach Alarm oder von Alarm nach kein Alarm. Der Time-Out  $T$  kann je nach Zustand unterschiedlich sein und davon abhängen, welche Auswerteeinstanz bzw. welche Auswerteeinstanzen einen Alarm ausgeben. Dieser Wert sollte abhängig von dem Vertrauen in die Entgleisungserkennung der einzelnen Auswerteeinstanzen gewählt werden.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 19953677 C1 [0004]

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung einer Entgleisung wenigstens eines Radsatzes eines Schienenfahrzeugs, bei dem

während einer Fahrt ein die Beschleunigung des Radsatzes in einer Richtung repräsentierendes Beschleunigungssignal gemessen wird, zu einer Menge von innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters liegenden Werten des zeitlichen Verlaufs des Beschleunigungssignals das p-Quantil bestimmt wird, wobei p einem vorgegebenen Wert größer 0 und kleiner 1 entspricht, und das p-Quantil mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen und das Kriterium geprüft wird, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert über- oder unterschreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf eine Entgleisung erkannt wird, wenn das Kriterium erfüllt ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor Bestimmung des p-Quantils ein Tiefpassfilter auf das Beschleunigungssignal angewandt wird.

4. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem zeitlichen Verlauf des Beschleunigungssignals auftretende lokale Extremwerte bestimmt werden und das p-Quantil zu der Menge der innerhalb des vorgegebenen Zeitfensters liegenden lokalen Extremwerte bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei den lokalen Extremwerten um lokale Minimalwerte oder lokale Maximalwerte des zeitlichen Verlaufs des Beschleunigungssignals oder um die Absolutbeträge oder negierten Absolutbeträge der lokalen Minimal- und Maximalwerte handelt.

6. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei dem vorgegebenen Zeitfenster um ein Zeitfenster mit einer Dauer von zwischen 1 ms und 60 s, insbesondere zwischen 100 ms und 10 s, handelt.

7. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dauer des vorgegebenen Zeitfensters von der Schienenfahrzeuggeschwindigkeit abhängig ist.

8. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wert von p nicht größer als 0,9 ist, insbesondere nicht größer als 0,7 ist, insbesondere zwischen 0,1 und 0,5 liegt.

9. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der gemessenen Beschleunigung um eine Vertikalbeschleunigung handelt.

10. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schwellwert konstant oder von wenigstens einem Parameter, beispielsweise der Schienenfahrzeuggeschwindigkeit oder einer Beladung, abhängig ist.

11. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere derartige Beschleunigungssignale für verschiedene Richtungen gemessen und ein jeweiliges p-Quantil bestimmt und mit einem jeweiligen vorgegebenen Schwellwert verglichen und das jeweilige Kriterium geprüft wird, ob das jeweilige p-Quantil den jeweiligen vorgegebenen Schwellwert über- oder unterschreitet.

12. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich ein die Radgeschwindigkeit charakterisierender Parameter bestimmt und mit einem vorgegebenen Referenzverlauf verglichen und das Kriterium geprüft wird, ob der Parameter ein vorgegebenes Maß an Abweichung von dem vorgegebenen Referenzverlauf überschreitet.

13. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich eine Schwellenfrequenz bestimmt und der zeitliche Abstand von in dem zeitlichen Verlauf des Beschleunigungssignals auftretenden lokalen Extremwerten mit der Schwellenfrequenz verglichen und das Kriterium geprüft wird, ob das Beschleunigungssignal ein vorgegebenes Maß an Korrelation mit der Schwellenfrequenz überschreitet.

14. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich das Beschleunigungssignal auf das Kriterium des Vorliegens eines Amplitudensprungs zumindest auf eine vorgegebene Höhe und über eine vorgegebene Dauer hin überwacht wird.

15. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass auch auf eine Entgleisung erkannt wird, wenn das oder zumindest eines der weiteren Kriterien, insbesondere über einen vorgegebenen Zeitraum hinweg, erfüllt ist.

16. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass erst dann auf eine Entgleisung erkannt wird, wenn wenigstens zwei Kriterien, insbesondere über einen vorgegebenen Zeitraum hinweg, erfüllt sind.

17. Verfahren nach zumindest Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dauer des vorgegebenen Zeitraums für verschiedene Kriterien unterschiedlich ist.

18. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 11 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf eine Entgleisung erkannt wird, sobald wenigstens eine vorgegebene Mindestanzahl an Kriterien, insbesondere sämtliche Kriterien, gleichzeitig erfüllt sind.

19. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 11 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ergebnisse der mehreren Prüfungen gemeinsam bewertet werden und in Abhängigkeit von der gemeinsamen Bewertung wahlweise auf eine Entgleisung erkannt wird.

20. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 11 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf eine Entgleisung erkannt wird, wenn die Ergebnisse der mehreren Prüfungen einer vorgegebenen Konstellation entsprechen.

21. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Erkennung einer Entgleisung ein Signal für das Vorliegen einer Entgleisung ausgegeben wird, beispielsweise eine Notbremsung eingeleitet wird.

22. Vorrichtung zur Erkennung einer Entgleisung wenigstens eines Radsatzes eines Schienenfahrzeugs, mit einem Beschleunigungssensor, der dazu ausgebildet ist, während einer Fahrt ein die Beschleunigung des Radsatzes in einer Richtung repräsentierendes Beschleunigungssignal zu messen, und einer Auswerteeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, zu einer Menge von innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters liegenden Werten des zeitlichen Verlaufs des Beschleunigungssignals das p-Quantil zu bestimmen, wobei p einem vorgegebenen Wert größer 0 und kleiner 1 entspricht, das p-Quantil mit einem vorgegebenen Schwellwert zu vergleichen, und das Kriterium zu prüfen, ob das p-Quantil den vorgegebenen Schwellwert über- oder unterschreitet.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

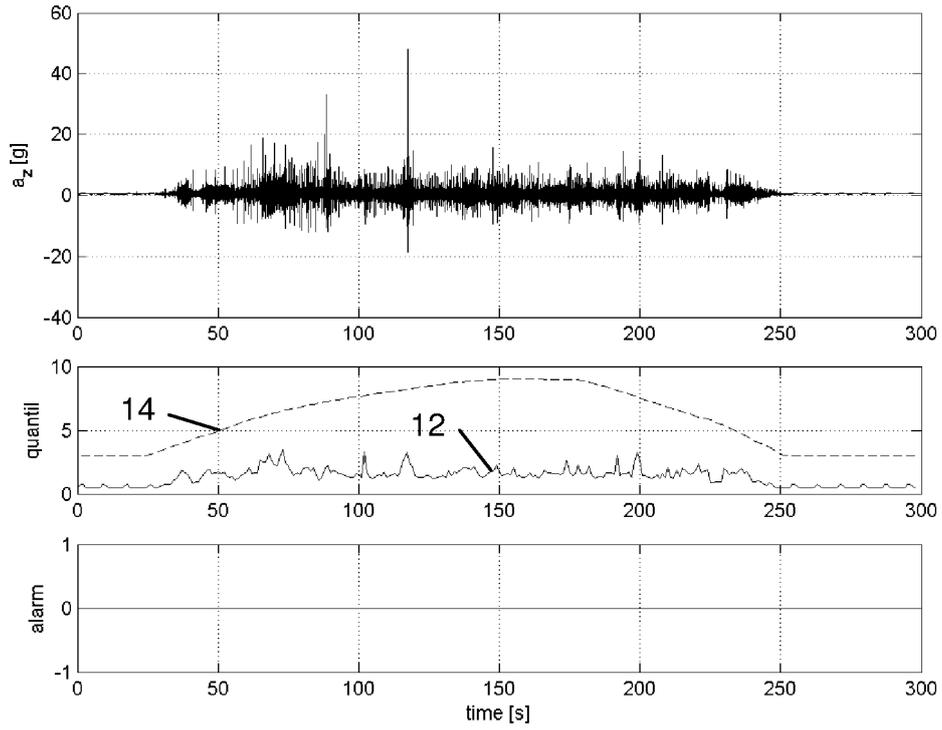


Fig. 1

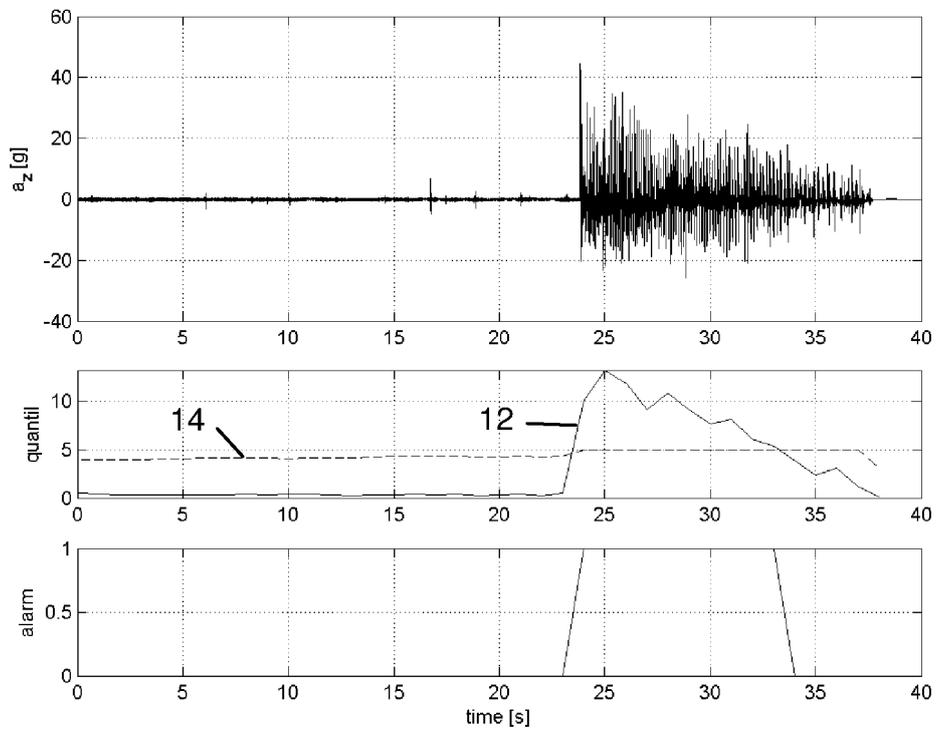


Fig. 2

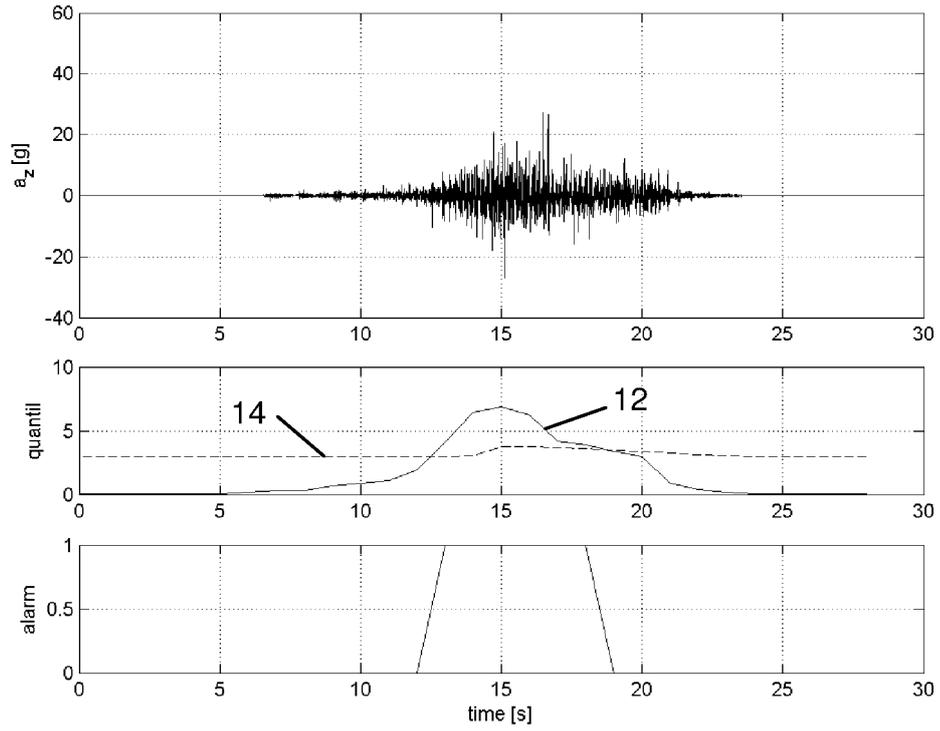


Fig. 3

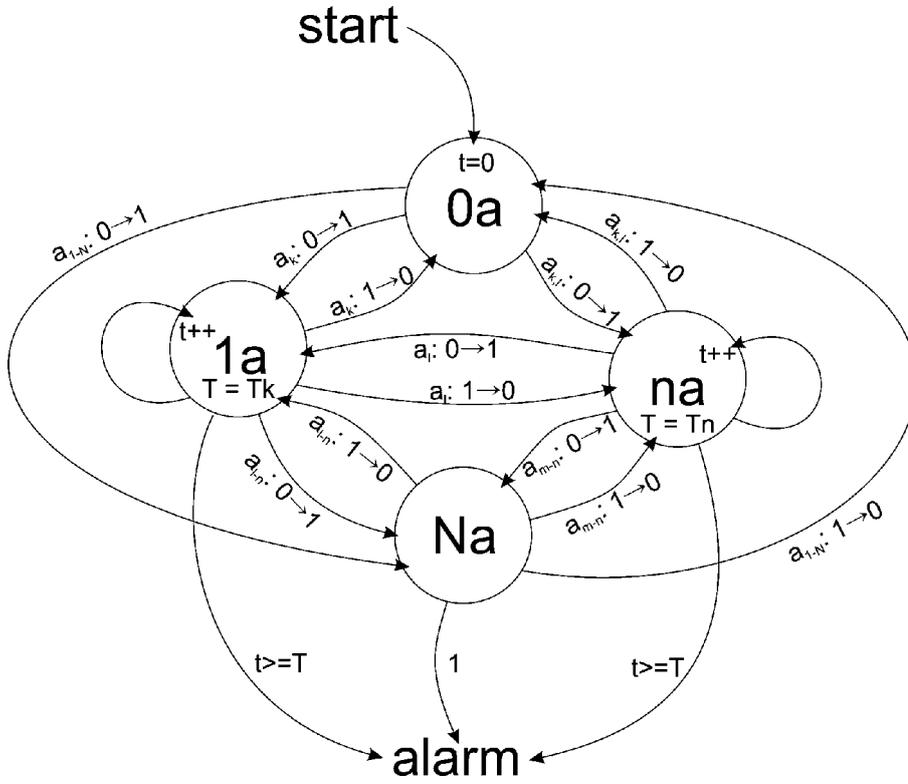


Fig. 4