

VERFAHREN ZUR VERSCHLEISSEKENNUNG UND FÖRDERSYSTEM MIT VERSCHLEISSEKENNUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Verschleißerkennung beim Betreiben eines Fördersystems sowie auf ein Fördersystem mit Verschleißerkennung gemäß den unabhängigen Patentansprüchen.

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere das technische Gebiet von Fördersystemen innerhalb eines Flughafens für Gepäckstücke und Stückgüter. Ein Ziel eines jeden Flughafenbetreibers ist es, Ausfälle bei der Gepäckabfertigung auf ein Minimum zu reduzieren. In der Praxis bedeutet dies, dass die Gepäckfördersysteme während des Betriebs "am Leben" gehalten werden und die zeitbasierte Wartung ausserhalb der Betriebszeiten durchgeführt wird. «Supervisory Control and Data Acquisition» Systeme, im folgenden SCADA-Systeme genannt, überwachen und steuern technische Prozesse mittels eines Computer-Systems und kommen häufig bei der Überwachung von Flughafen-Gepäckfördersystemen zur Anwendung. SCADA ermöglicht Flughafen- und anderen System-Betreibern, die Betriebszustände von ganzen Systemen zu überwachen.

[0003] Ein SCADA-System kann Ausfälle von Abschnitten eines Fördersystems anzeigen, beispielsweise wenn diese Abschnitte nicht mehr für die Gepäckabfertigung verfügbar sind. Kleinere Probleme, wie Störungen im Materialfluss, beispielsweise verursacht durch verkeilte Gepäckstücke, können sehr rasch behoben werden, so dass der betreffende Abschnitt in den normalen Betriebszustand zurückkehren kann. Komponentenausfälle, die durch Verschleiß verursacht werden, können jedoch meist nicht ohne signifikante Auswirkungen auf die Verfügbarkeit und Kapazität des Systems behoben werden. Diese Ausfälle können für den Flughafen- und die anderen System-Betreiber zu großen Problemen führen.

[0004] Dieses Problem wurde bisher mit einer sogenannten «präventiven Wartung» gelöst und beinhaltet das präventive

Warten von Komponenten in vorherbestimmten Wartungsintervallen. Diese zeitbasierte Wartungsstrategie ist jedoch aufwendig. Darüber hinaus erfolgen Wartungsaktivitäten an einzelnen Komponenten, die eigentlich noch gar nicht nötig
5 wären. Dazu kommt, dass die Abnutzung einzelner, identischer Komponenten nicht gleichmäßig ist, so dass einige Komponenten zu häufig, andere Komponenten zu spät gewartet werden und es somit trotz regelmäßiger Wartungsintervalle dennoch zu
10 Wartungsprogramme zunehmend durch ein Programm zur korrek-
tiven Wartung ersetzt, bekannt als Run-to-Failure RTF oder reaktive Wartung. Diese reaktive Wartung führt zu ausge-
fallenen Komponenten, die während des laufenden Betriebs repariert oder ersetzt werden müssen, was zu Systemausfall-
15 zeiten und zu Vertragsstrafen für verspätet gelieferte
Gepäckstücke führen kann. Diese Vertragsstrafen sind von den Flughafenbetreibern an die Fluggesellschaften zu entrichten. Daneben entstehen hohe Kosten für die Reparatur oder den
Ersatz wegen des plötzlichen Versagens, nicht zuletzt des-
20 halb, weil das Wartungspersonal ähnlich wie eine Feuerwehr sofort einsatzbereit sein muss.

[0005] Ein Flughafen-Gepäckausgabekarussell (reclaim carussell) gibt den ankommenden Passagieren ihr aufgegebenes Gepäck zurück. Das Gepäck wird dem Gepäckausgabekarussell in
25 der Regel über Zuführbänder von ober- oder unterhalb zuge-
führt und dann auf ein sich bewegendes umlaufendes Förderband (reclaim belt) verteilt. Es ist üblich, dass diese Art von System zwei Zuführbänder hat, wodurch die Zuführkapazität erhöht wird, mit der das Gepäck an das umlaufende Förderband
30 und somit an die Passagiere geliefert wird. Das umlaufende Förderband eines Gepäckausgabekarussells besteht typischer-
weise aus einem reibungsbetriebenen Förderband, das mit modularen Einheiten zu einer Endlosschleife zusammengebaut wird und dessen Hauptkomponenten gerade Förderstrecken,
35 normale Kurven, Umkehrkurven und Antriebseinheiten sind.

[0006] Im Folgenden wird auf die FIG 1 und 2 Bezug genommen. Gepäckausgabekarussells 1 haben in Abhängigkeit von Grösse

und Konfiguration eine oder mehrere Antriebseinheiten 16 in einem geraden Bett, üblicherweise am Ende des am stärksten belasteten geraden Förderstreckenabschnitts.

[0007] Aus Redundanzgründen werden Gepäckausgabekarussells 1 typischerweise von zwei Antriebseinheiten 16 angetrieben, die über eine frei spinnende Kupplung (Fahrradprinzip) verbunden sind. Eine einzelne Antriebseinheit 16 ist so dimensioniert, dass sie ein Förderband 10 mit einer Länge von bis zu 75m längs der geschlossen Umlaufbahn 2 antreiben kann. Typischerweise sind Gummilamellen 11 des Förderbands 1200mm lang und 8mm dick. Ein gepresster Stahllamellenträger bzw. Fahrwerk 13 ist an jedem Kettenglied im Abstand von 250mm angebracht und trägt Polyurethan-bereifte Stützräder 12 und ein Führungsrads 15 für einen ruhigen, reibungslosen Betrieb. Gummilamellen 11 und Stützpuffer 19 sind an jedem Träger angebracht, um eine kontinuierliche Tragfläche zu schaffen.

[0008] Gepäckausgabekarussells 1 befinden sich in der Ankunftshalle und ihre Verschleißteile wie Rollen 13 und Schienen 18 sind hinter einer Verkleidung verborgen. Für eine vorbeugende Wartung ist der Zugang, und insbesondere auch durch die hohe Anzahl der zu inspizierenden Teile, zeitaufwendig und arbeitsintensiv. Gepäckausgabekarussells 1 arbeiten wie Förderbänder auf einer geschlossen Umlaufbahn 2 von bis zu mehreren hundert Meter Länge. Gepäckausgabekarussells 1 enthalten zwei Schienen 18 und etwa jeden halben Meter rollt eine Polyurethan-Walze als Transportrolle 13 auf je einer Schiene 18. Ein großer Flughafen betreibt bis 100 oder noch mehr solcher Gepäckausgabekarussells 1. Im Vergleich zu anderen für die Gepäckabfertigung verwendeten Komponenten sind Gepäckausgabekarussells im Betrieb sehr zuverlässig. Daher werden sie aus Kosten-Nutzen-Überlegungen meist gar nicht gewartet, sondern so lange betrieben, bis sie im laufenden Betrieb sich ein Ausfall ereignet.

[0009] Ein abrasiver Verschleiß tritt dann auf, wenn ein fester Gegenstand, dessen Material die gleiche oder eine noch größere Härte aufweist als das Material der Transportrollen

12 oder der Schienen 18. Adhäsiver Verschleiß tritt durch Reibungswirkung zwischen Oberflächen von Übergangsstellen auf. Wenn diese Übergangsstellen unterschiedliche harte Materialien aufweisen, unterliegt das weichere Material einer
5 Scherung und wird als Folge auf das härtere Material übertragen, siehe dazu FIG 3.

[0010] Der Verschleiß an den Schienen 18 wird durch Ablagerungen verursacht, die auf einen Abrieb mit hoher Belastung zurückzuführen sind. Abrasiver Verschleiß tritt
10 insbesondere dann auf, wenn abrasive Partikel während der Abnutzung zusätzlich gebrochen werden. Außerdem werden Transportrollen 12, die durch ein Objekt O blockiert werden, verschlissen. Blockierte, also nicht bestimmungsgemäß rollende Transportrollen 12 sind einer starken Reibung und
15 damit einhergehend hohen Temperaturen ausgesetzt und verlieren so Material.

[0011] Es ist daher wichtig, drohende Ausfälle von Komponenten des Fördersystems so früh zu erkennen, damit ein Betriebsausfall des Fördersystems während der Betriebszeit
20 noch verhindert werden kann und die Reparatur unmittelbar beim Beginn einer Betriebspause durchgeführt werden kann. Eine solche Instandhaltungsstrategie wäre für Flughafen- und Systembetreiber besonders wichtig, ist jedoch bis heute noch nicht auf dem Markt verfügbar.

25 **[0012]** Die Schrift [1] offenbart eine drahtlose Überwachungsvorrichtung zur Erkennung eines Abriebzustandes für die Zugseilrinne eines Rades. Dazu wird ein Drahtlos-Sensor eingesetzt, der den erkannten Abrieb als Abnutzungszustandsinformation erfasst und an eine Managementplattform über-
30 mittelt. Dadurch entfallen regelmässige Inspektionen durch Fachpersonal. Diese Vorrichtung kann für Fördersysteme nicht wirtschaftlich eingesetzt werden, da so eine sehr grosse Anzahl von Sensoren platziert werden müsste und der wirtschaftliche Nutzen wegen der grossen Anzahl insgesamt gering
35 bliebe.

[0013] Die Veröffentlichung [2] beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren zum automatischen Erfassen des Verschleißzustandes von ortsbeweglichen Rädern oder Rollen in förder-
technischen Anlagen wie zB Gepäckförderanlagen. Die in [2]
5 beschriebene Vorrichtung und das beschriebene Verfahren löst die Aufgabe, den Verschleißzustand auf eine einfache und sichere Weise automatisch messtechnisch zu erfassen, wenn eine zu überprüfende Rolle die Anlage durchläuft. Dies erfolgt durch eine im Förderweg der Anlage stationär
10 angeordnete Messstation, in der Durchmesserabweichungen des Rades oder der Rolle von einem vorgegebenen Solldurchmesser berührungslos erfassbar und signalisierbar sind. Nachteilig bei dieser Lösung ist, dass die Verschleißerkennung auf Rollen beschränkt ist und Verschleißzustände von
15 Schienen nicht detektieren kann.

[0014] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verschleißerkennung beim Betrieb eines Fördersystems anzugeben, welches mit geringem apparativen Aufwand einen Verschleiß mit Angabe der Verschleiß-
20 stelle (=Verschleißort) detektiert und somit eine Verschleiß-Erkennung möglichst vor einem Systemausfall erlaubt. Ebenso soll ein Fördersystem angegeben werden, in dem die vorgenannte Verschleißerkennung realisiert ist.

[0015] Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen
25 Ansprüchen angegebenen Merkmale gelöst.

[0016] Die erfindungsgemäße Lösung zeichnet sich aus durch ein Verfahren zur Verschleißerkennung beim Betrieb eines Fördersystems, das gebildet wird aus wenigstens einem in einer geschlossenen Bahn umlaufenden Fahrwerk, wobei das
30 Fahrwerk Transportrollen enthält, die auf Schienen bewegt werden und wobei am Fahrwerk ein Aufnehmer befestigt ist, der einen vorgegebenen Abstand zur Schienenoberfläche aufweist. Bei einem durch den Betrieb entstehenden Verschleiß an der Transportrolle und/oder an der Schiene berührt der Aufnehmer
35 die Schienenoberfläche und wird dadurch in Schwingungen versetzt. Ein mit dem Aufnehmer gekoppelter Schwingungssensor

registriert die Schwingungen. Die registrierten Schwingungen werden vom Schwingungssensor zusammen mit einem Zeitstempel und einer Identität des Schwingungssensors drahtlos an ein Hintergrundsystem übermittelt. Im Hintergrundsystem werden
5 die übermittelten Daten einer Analyse unterzogen und bei Abweichungen als Verschleiß erkannt und mit einer Meldung signalisiert.

- [0017]** Die erfindungsgemäße Lösung bezieht sich ferner auf ein Fördersystem, das gebildet wird aus wenigstens einem in
10 einer geschlossenen Bahn auf Schienen umlaufenden Fahrwerk, wobei das Fahrwerk Transportrollen enthält und am Fahrwerk ein Aufnehmer befestigt ist, der einen vorgegebenen Abstand zur Schienenoberfläche aufweist,
wobei
- 15 a) bei einem im Betrieb des Fördersystems entstehenden Verschleiß an der Transportrolle und/oder an der Schiene der Aufnehmer die Schienenoberfläche berührt und dadurch in Schwingungen versetzt wird;
- b) mit dem Aufnehmer ein Schwingungssensor gekoppelt ist,
20 der die Schwingungen registriert;
- c) die registrierten Schwingungen vom Schwingungssensor zusammen mit einem Zeitstempel und einer Identität des Schwingungssensors drahtlos an ein Hintergrundsystem übermittelt werden;
- 25 d) im Hintergrundsystem die drahtlos übermittelten Schwingungen und der Zeitstempel einer Analyse unterzogen und Abweichungen als Verschleiß erkannt und mit einer Meldung signalisiert werden.

[0018] So können sich die folgenden Vorteile zusätzlich
30 ergeben:

- [0019]** i) Durch die erfindungsgemäße Lösung kann ein Verschleiß an einer Transportrolle oder an einer Schiene vor Eintritt eines Systemausfalls erkannt werden und die Wartungsarbeiten können noch rechtzeitig gestartet
35 werden.

[0020] ii) Die erfindungsgemäße Lösung eignet sich insbesondere für Fördersysteme, bei denen Fahrwerke und Schienen verborgen sind und nur durch Öffnen von Abdeckungen inspiziert und ggf. repariert werden können.

5 [0021] Bevorzugt werden Schwingungssensoren eingesetzt, die neben den registrierten Schwingungsdaten auch ihre Zustandsdaten wie zB verbleibende Batteriekapazität und Temperatur übermitteln. Dadurch ist auch eine Überwachung der Sensoren selbst sichergestellt und die Wartungsaufwendungen werden
10 dadurch noch einmal deutlich reduziert.

[0022] In einer bevorzugten Ausführungsform ist auch vorgesehen, dass Sensoren an den Schienen angebracht sind, um einen Verschleiß an den Transportrollen frühzeitig erkennen zu können, zB eine Flachstelle einer Transportrolle aufgrund
15 einer Blockierung durch einen Fremdkörper.

[0023] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0024] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung beispielsweise näher erläutert. Dabei zeigen:

20 [0025] Figur 1 Perspektivische Ansicht eines teilweise geöffneten Gepäckausgabekarussells;

[0026] Figur 2 Querschnittsdarstellung eines Gepäckausgabekarussells;

25 [0027] Figur 3 Darstellungen von Verschleißstellen an einer Schiene;

[0028] Figur 4 Anordnung von Sensoren in einem Gepäckausgabekarussell;

[0029] Figur 5 Darstellung der Kommunikationswege von Sensoren, Gateway und Hintergrundsystem;

30 [0030] Figur 6 Darstellungen von detektiertem Ort von Verschleißstellen an einem Fördersystem;

[0031] Figur 7 Darstellung der verschiedenen
(Verschleiß-) Zustände von Rad und Schiene.

[0032] Das nachstehend detailliert beschriebene Ausführungs-
beispiel bezieht sich auf ein Gepäckausgabekarussell. Die
5 Erfindung ist jedoch nicht auf ein Gepäckausgabekarussell
beschränkt, sondern für jede Art von Fördersystemen anwend-
bar, die einen geschlossenen Umlauf aufweisen und wenigstens
ein Fahrwerk umfassen, dessen wenigstens zwei Rollen bzw.
Räder auf je einer Schiene bewegt werden. Je ein Beispiel
10 solcher geschlossener Umläufe ist der FIG 1 bzw. der FIG 6 zu
entnehmen.

[0033] Die konkrete Ausführung der Detektion von Verschleiß-
stellen wird anhand der FIG 4 beschrieben. FIG 4 zeigt ein
Fahrwerk 13 mit einem Rad 12 - auch Transportrolle 12 genannt
15 -, das auf der Schienenoberfläche 17 einer Schiene 18 rollt.
Da die Führung des Fahrwerks 13 mit einer weiteren Führungs-
rolle 15 erfolgt, sind die Schienen flach ausgebildet, also
nicht in der Art einer Eisenbahnschiene mit der Führung durch
den Spurkranz eines Rades.

20 [0034] Am Fahrwerk 13 ist ein Aufnehmer 20 befestigt, dessen
Abstand d zur Schienenoberfläche fest einstellbar ist und
höchstens wenige Millimeter beträgt. Mit dem Betrieb der
Förderanlage ergibt sich ein Verschleiß V entweder am Rad 12
oder auf einem Teil der Schiene 18, wie dies in FIG 3 rechts
25 deutlich gezeigt ist. Durch diesen Verschleiß V wird zu einem
gegebenen Zeitpunkt der Aufnehmer 20 die Schienenoberfläche
17 berühren. Dadurch entstehen ein Kratzgeräusch bzw.
Schwingungen, die von einem Sensor 21 registriert werden.
Dieses Prinzip ist vergleichbar mit einer Grammophonnadel,
30 die eine Schallplatte berührt und zielt auf eine automatische
24/7-Verschleißkontrolle ab und macht so eine manuelle
Prüfung überflüssig; 24/7 steht für 24h an 7 Tagen.

[0035] Ein drahtloser, batteriebetriebener Sensor 21 ist
mechanisch mit dem Aufnehmer 20 gekoppelt und registriert die
35 Schwingungen/Vibrationen des Aufnehmers 20. Der Sensor 21

führt zur Registrierung der Vibrationen eine 3-Achsen-beschleunigungsmessung durch. Die registrierten Schwingungen werden zusammen mit einer Identität des Sensors 21 an ein im Fördersystem 1 angebrachtes Gateway 23 übermittelt.

- 5 **[0036]** Für die Feststellung des Ortes einer Verschleißstelle wird auf FIG 5 Bezug genommen. Wie oben erläutert, führt das Fahrwerk 13 einen geschlossenen Umlauf aus und fährt bei jedem Umlauf auch in der unmittelbaren Nähe des Gateways 23 vorbei. Durch eine permanente oder zyklische Kommunikation 24
10 zwischen Sensor 21 und Gateway 23 wird dadurch bei jeder Vorbeifahrt eine Nullzeit definiert. Dieses Gateway 23 hat somit eine Funktion einer Bake. Damit steht bei dieser Übermittlung der Schwingungen auch ein Zeitstempel zur Verfügung, der eine relative Zeit zur Nullzeit beinhaltet. Da die
15 Umlaufgeschwindigkeit solcher Fördersysteme bekannt und in aller Regel konstant ist, kann die Stelle einer überstarken Schwingung - und somit eine Verschleißstelle V - aufgrund einer Berührung des Aufnehmers 21 mit der Schienenoberfläche 17 relativ zur Lage des Gateways 23 bestimmt werden. Relativ
20 zur Lage steht für die Länge des zurückgelegten Wegs und nicht etwa für eine Punkt-Punkt Distanz zwischen Gateway und Verschleißstelle V. Ausserdem kann auch eine Uhrzeit zu jeder Registrierung eines Sensors 21 oder 22 im Hintergrundsystem zugeordnet werden.
- 25 **[0037]** Für die Erläuterung der Verschleißarten wird auf FIG 3 und FIG 7 Bezug genommen. FIG 3 zeigt rechts eine Schiene 18 mit einem Verschleiß V an der Schienenoberfläche 17. Das Rad 12 ist hier intakt. Nicht dargestellt in FIG 3 rechts ist der Aufnehmer 20. Es ist jedoch unmittelbar erkennbar, dass
30 der Aufnehmer 20 mit der ursprünglichen Schienenoberfläche links und rechts des Verschleißes V in Kontakt tritt und somit in Schwingungen versetzt wird, die vom Sensor 21 registriert werden können. FIG 7 zeigt rechts einen Neuzustand von Rad 12 und Schiene 18 bzw. Schienenoberfläche 17.
35 Mit r ist der Abstand (=Radius) von der Drehachse des Rades 12 zur Schienenoberfläche 17 bezeichnet. FIG 7 in der Mitte stellt einen Verschleiß V an der Schiene 18 dar, in FIG 7

links ist ein Verschleiß V eines Rades 12 dargestellt. Beiden Verschleißarten ist gemeinsam, dass die Drehachse gegenüber der ursprünglichen Lage um einen Abstand x verschoben ist.

[0038] Das Berühren des Aufnehmers 20 mit der Schienen-
5 oberfläche 17 führt zu einer Erhöhung der Schwinggeschwindigkeit und/oder Schwingamplitude.

[0039] Der Sensor 21 erkennt über den Aufnehmer 21 eine Erhöhung der Schwinggeschwindigkeit, die durch Fremdkörper 0 verursacht wird. Solche Fremdkörper können die Räder
10 blockieren wie dies zB in FIG 3 links dargestellt wird. Es wird erwartet, dass Räder im Normalbetrieb Schwingungen (Peak-to-Peak-Geschwindigkeit) von ca. 5mm/s auf die Schiene übertragen und "blockierte" Räder-Schwingungen von ca. 85 mm/s erzeugen. Mit "blockierte" Raderschwingungen werden
15 Schwingungen verstanden, die durch Räder erzeugt werden, die aufgrund einer vorstehend erwähnten Blockade einen inhomogenen Verschleiß in Form einer Flachstelle aufweisen.

[0040] Zusätzlich zum Sensor 21 am Fahrwerk 13 kann je ein Sensor 22 an je einer Schiene 20 - also links und rechts -
20 angebracht werden, der vom gleichen Typ wie der Sensor 21 ist und die vorstehend erwähnten Schwingungen durch Räder mit Flachstellen registriert.

[0041] Die vom Gateway 23 empfangenen Daten, also wenigstens das Tripel
25 Frequenz/Amplitude, Zeitstempel und Identität des Sensors werden an ein Hintergrundsystem - zB an eine Cloud - übermittelt und dort mittels eines Signalverarbeitungsserver analysiert durch
- Vergleich mit den vorangehen empfangenen Tripeln;
30 - statistische Auswertung über die Zeit.

Wenn bei dieser Analyse eine signifikante Abweichung festgestellt wird, kann eine Meldung an den Betreiber mit Angabe der Anlage und des Ortes in der Anlage übermittelt werden, um Wartungspersonal aufbieten zu können. Im Hintergrundsystem 27
35 sind weitere Anlagenparameter gespeichert, insbesondere eine

Zuordnung von Identität eines Sensors zu einer Anlage und
Zuordnung von Identität eines Sensors zu einer Spur und Rad
12 bzw. zu einer Schiene 18.

[0042] Als Sensoren 21, 22 sind "all in one" "Bluetooth Low
5 Energy" BLE fähige Sensor vorgesehen, die hier als
«Vibrations-BLE-Sensoren» bezeichnet werden.

[0043] Ein Fördersystem 1 verfügt vorzugsweise über wenig-
sten zwei fixe an Schienen 18 befestigte Sensoren 22 und zwei
auf einem Fahrwerk 13 befindliche mit dem Aufnehmer 20
10 gekoppelte Sensoren 21. Jeder dieser Sensoren 21, 22 ist von
der vorgenannten Art «Vibrations-BLE-Sensor» verfügen. Diese
Vibrations-BLE-Sensoren sind batteriebetrieben, mit einer
Lebensdauer von 3 bis 9 Jahren. Die Lebensdauer ist abhängig
vom Datenübertragungszyklus zum Gateway. Diese Schwingungs-
15 und Temperatur-BLE-Sensoren können zusätzlich ihren internen
Status wie zB die verbleibende Batteriekapazität zum
vorerwähnten Tripel via Gateway 23 an das Hintergrundsystem
27. übermitteln. Ebenso ist eine Übermittlung der Temperatur
als Option möglich. Mit diesen zusätzlichen Daten kann im
20 Hintergrundsystem durch den Signalverarbeitungsserver somit
auch der Zustand der Sensoren überwacht werden. Dadurch wird
die Verfügbarkeit des vorgeschlagenen Verfahrens und Systems
zur Verschleißerkennung beim Betrieb eines Fördersystems noch
einmal und ohne zusätzlichen apparativen Aufwand verbessert.

Liste der Bezugszeichen, Glossar

- 1 Fördersystem, Gepäckkarussell
- 2 Bahn, geschlossene Umlaufbahn
- 10 Förderband
- 5 11 Lamellen, Gummilamellen
- 12 Stützrad, Polyurethan-Walze; Transportrolle, Rad
- 13 Fahrwerk
- 14 Lamellenträger
- 15 Führungsrad
- 10 16 Antriebseinheit
- 17 Schienenoberfläche
- 18 Schiene
- 19 Stützpuffer
- 20 Aufnehmer
- 15 21 Sensor an Fahrwerk
- 22 Sensor an Schiene
- 23 Gateway, WiFi-Gateway, Bake
- 24 Kommunikation Sensor 21 $\leftrightarrow$ Gateway
- 25 Kommunikation Sensor 22 $\leftrightarrow$ Gateway
- 20 26 Kommunikation $\leftrightarrow$ Hintergrundsystem
- 27 Hintergrundsystem, Auswertesystem
- 28 Signalisierte Verschleißstelle
- BLE Bluetooth Low Energy
- d Abstand zwischen Aufnehmer und Schienenoberfläche
- 25 O Fremdkörper
- r Radius eines Rades im unverschlissenen Zustand
- V Verschleiß, Verschleiß-Stelle
- x Durch Verschleiß verursachte Verschiebung von Drehachsen

Liste der zitierten Dokumente

- [1] CN103458040 (A)
«Equipment abrasion state wireless monitoring device
based on internet of things»
5 TIANJIN ZHONGTIANYI INFORMATION TECHNOLOGY CO LTD
- [2] EP 1 469 278 A1
«Vorrichtung zum Erfassen des Verschleißzustandes von
Rädern oder Rollen»
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, DE - 80333 München
10