



(11)

EP 3 789 264 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
09.10.2024 Patentblatt 2024/41

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 15/00^(2006.01) B61L 3/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20191030.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 15/0081; B61L 15/0058

(22) Anmeldetag: **14.08.2020**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR SCHLUPFERKENNUNG SOWIE SCHIENENFAHRZEUG**
METHOD AND DEVICE FOR SLIP DETECTION AND RAIL VEHICLE
PROCÉDÉ ET DISPOSITIF PAR LA DETECTION DE GLISSEMENT ET VÉHICULE FERROVIAIRE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **06.09.2019 DE 102019213586**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.03.2021 Patentblatt 2021/10

(73) Patentinhaber: **Siemens Mobility GmbH**
81739 München (DE)

(72) Erfinder: **Johannes, Lars**
38108 Braunschweig (DE)

(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
AU-A1- 2005 234 619 DE-A1- 102005 010 118

EP 3 789 264 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Korrekturwertes unter gleichzeitigem Ausschluss von Schlupfereignissen auf einer oder mehr Achsen eines bodengebundenen Fahrzeuges. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens sowie ein bodengebundenes Fahrzeug mit einer solchen Vorrichtung.

[0002] Schienenfahrzeuge sind bodengebundene Fahrzeuge, für die in einem manuellen oder automatischen Fahrbetrieb eine Fahrzeuggeschwindigkeit und ein daraus ableitbarer Weg genau und sicher bestimmt werden müssen. Dabei werden in der Regel Geschwindigkeitssensoren oder Weginkrementalgeber eingesetzt, die bei zuletzt genannten einem Rad bzw. Radsatz des Schienenfahrzeugs zugeordnet sind. Solche Sensoren können allerdings ein Schleudern oder Gleiten eines Rads nicht direkt erfassen, sodass sich das Rad schneller drehen kann oder langsamer dreht als das Schienenfahrzeug tatsächlich fährt. Somit entspricht eine mittels der Sensoren gemessene Geschwindigkeit gegebenenfalls nicht einer aktuellen Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs. Als Korrekturwert wird im Folgenden auch der Begriff "Korrekturfaktor" gleichbedeutend verwendet.

[0003] Aus der AU 2005234619 A1 ist ein Verfahren zur Geschwindigkeitskontrolle eines Schienenfahrzeugs und aus der DE 10 2005 010 118 A1 ist eine Steuereinrichtung eines Schienenfahrzeugs bekannt.

[0004] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine ein Verfahren zur Schlupferkennung bei einem Radsatz für ein Schienenfahrzeug zu schaffen, das ein zuverlässiges und präzises Ermitteln einer Fahrzeuggeschwindigkeit eines Schienenfahrzeugs ermöglicht und das dazu beitragen kann, Verspätungen in einem Betrieb des Schienenfahrzeugs gering zu halten.

[0005] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Schlupferkennung bei gleichzeitiger Berechnung von Korrekturwerten verschiedener Achsen für ein bodengebundenes Fahrzeug, hier Schienenfahrzeug gemäß dem unabhängigen Patentanspruch gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0006] Gemäß einem Aspekt der Erfindung umfasst ein Verfahren zur Schlupferkennung bei einem Radsatz für ein Schienenfahrzeug, dem ein erster Radsatz mit einem ersten Geschwindigkeitssensor und ein zweiter Radsatz mit einem zweiten Geschwindigkeitssensor zugeordnet sind, ein Erfassen einer Mehrzahl von Messsignalen des ersten und des zweiten Geschwindigkeitssensors, die jeweils repräsentativ sind für eine Geschwindigkeit des ersten und des zweiten Radsatzes des Schienenfahrzeugs. Das Verfahren umfasst weiter ein Ermitteln eines jeweiligen Geschwindigkeitswerts für den ersten und für den zweiten Radsatz jeweils in Abhängigkeit von einem jeweiligen Messsignal des ersten bzw. des zweiten Geschwindigkeitssensors. Das Verfahren

umfasst weiter ein Bilden von Geschwindigkeitswertpaaren mit jeweils einem ermittelten Geschwindigkeitswert für den ersten und den zweiten Radsatz. Das Verfahren umfasst weiter ein Vergleichen der jeweiligen Geschwindigkeitswerte für den ersten und den zweiten Radsatz eines gebildeten Geschwindigkeitswertpaares miteinander und ein Ermitteln eines einheitlichen Korrekturfaktors für alle ermittelten Geschwindigkeitswertpaare in Abhängigkeit von dem Vergleichen. Das Verfahren umfasst weiterhin das Ermitteln von Geschwindigkeitsabweichungen basierend auf den einheitlich gültigen Korrekturfaktor und ein Ermitteln von Schlupf des ersten und/oder zweiten Radsatzes in Abhängigkeit von den Geschwindigkeitsabweichungen. Das Verfahren umfasst in mehrmaliger Anwendung außerdem ein Ermitteln von mehreren Korrekturfaktorabweichungen in Abhängigkeit von den ermittelten Korrekturfaktoren und ein Ermitteln eines Schlupfes des ersten und/oder zweiten Radsatzes basierend auf den ermittelten Korrekturfaktorabweichungen.

[0007] Mittels des beschriebenen Verfahrens ist eine zuverlässige Erkennung eines Gleitens oder Schleuderns eines Radsatzes möglich und es kann zu einer genauen Bestimmung der Fahrzeuggeschwindigkeit beigetragen werden. Das Verfahren ermöglicht eine robuste relative Maßstabsbestimmung oder Korrekturfaktorbestimmung mit zuverlässigem Gleit- und Schleuderausschluss. Eine solche Korrekturfaktorbestimmung berücksichtigt die ermittelten Korrekturfaktoren verschiedener Streckenabschnitte und die dabei entstehenden Geschwindigkeitsabweichungen. Auf diese Weise können Schlupfbereiche in Form von Ausreißern aufgrund von dabei berechneten Geschwindigkeitsabweichungen sowie Korrekturfaktoren zuverlässig erkannt werden. Dabei ermöglichen die Korrekturfaktoren und Korrekturfaktorabweichungen das Ermitteln von Geschwindigkeitsabweichungen eines Radsatzes, um eine Gleichheit in Bezug auf die Geschwindigkeit der Radsätze bei Verwendung des Korrekturfaktors zu erhalten.

[0008] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung umfasst das Verfahren ein Steuern einer Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs in Abhängigkeit von dem ermittelten Schlupf des ersten und/oder zweiten Radsatzes. Das Steuern der Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs kann insbesondere ein Bereitstellen eines Sicherheitsaufschlags für eine zulässige Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs in Abhängigkeit von dem ermittelten Schlupf umfassen, sodass das Steuern der Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs auch in Abhängigkeit von dem bereitgestellten Sicherheitsaufschlag durchgeführt wird.

[0009] Für bodengebundene Fahrzeuge, wie Schienenfahrzeuge, ist es sowohl in einem manuellen als auch in einem automatischen Fahrbetrieb erforderlich, die Fahrzeuggeschwindigkeit und den daraus ableitbaren Fahrweg genau und sicher zu bestimmen. Dies kann zum Beispiel mit Einsatz von Weginkrementalgebern erreicht werden, die einem jeweiligen Rad oder Radsatz eines

Schienenfahrzeugs zugeordnet sind. Es ist eine Erkenntnis im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung, dass auch mittels solcher Sensoren, ein Gleiten oder Schleudern eines Radsatzes nicht immer zuverlässig erkannt wird. Das Rad des Radsatzes kann sich zum Beispiel schneller drehen als das Schienenfahrzeug wirklich fährt (Schleudern) oder es dreht sich langsamer als das Schienenfahrzeug fährt (Gleiten). Bei Weginkrementalgebern wird in der Regel mit Hilfe des Durchmessers und dem daraus abgeleiteten Umfang des Rades auf den zurückgelegten Weg bzw. die Geschwindigkeit des Rades und des Schienenfahrzeugs geschlossen. Ändert sich der Raddurchmesser eines Rades, so ändert sich die aus den Radumdrehungen berechnete Rad- und Fahrzeuggeschwindigkeit. Ursachen für die fehlerhafte oder ungenaue Raddurchmesserbestimmung sind zum Beispiel:

- Ungenaue Messung des Raddurchmessers
- Abnutzung während der Fahrt
- Änderung des Reifeninnendrucks, zum Beispiel bei Gummibereifung
- Beladung, vornehmlich bei Gummibereifung.

[0010] Ändert sich eine Geschwindigkeitsbestimmung, zum Beispiel aufgrund eines fehlerhaften oder ungenauen Raddurchmessers, so werden Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen verschiedenen Weginkrementalgebern verursacht. Solche Differenzen können fälschlicherweise als Gleiten oder Schleudern interpretiert und als angeblich anliegender Schlupf behandelt werden. Unter eine Annahme, dass ein Schlupf anliegt, werden vorgegebene Sicherheitsaufschläge für Geschwindigkeitsintervalle erhöht, da eine wirkliche Fahrzeuggeschwindigkeit schlechter abgeschätzt werden kann. Dies begründet eine fälschlicherweise sicherheitsbedingte Reduktion der Fahrzeuggeschwindigkeit, so dass das Schienenfahrzeug nun langsamer fährt und erhebliche Verspätungen verursacht werden können.

[0011] Für eine zuverlässige Bestimmung der Fahrzeuggeschwindigkeit und einen sicheren Betrieb des Schienenfahrzeugs ist es daher vorteilhaft, einen eventuell auftretenden Schlupf (Gleiten oder Schleudern) des Rades oder des Radsatzes zuverlässig zu erkennen und in ein Steuern der Fahrzeuggeschwindigkeit mit einfließen zu lassen. Mittels des beschriebenen Verfahrens ist eine zuverlässige Schlupferkennung durchführbar, so dass Verspätungen eines Schienenfahrzeugs entgegengewirkt und zu einem planmäßigen und pünktlichen Betrieb des Schienenfahrzeugs beigetragen werden kann.

[0012] Gemäß einer weiteren Weiterbildung umfasst das Verfahren ein Verwerfen eines der ermittelten Korrekturfaktoren in Abhängigkeit von der ermittelten Geschwindigkeitsabweichungen pro Korrekturfaktor bzw. Korrekturfaktorabweichung zwischen Korrekturfaktoren, und ein Steuern einer Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs in Abhängigkeit von den verbleibenden Korrekturfaktoren. Die ermittelten Geschwindig-

keitsabweichungen der berechneten Korrekturfaktoren sowie die Korrekturfaktorabweichungen ermöglichen es, genau die Phasen und Zeitbereiche zu erkennen, in denen ein Schlupf eines Rades auftritt.

[0013] Beispielsweise besteht eine Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den beiden Radsätzen, die einen Korrekturfaktor von etwa 1,1 begründen würde. Wird nun kurzzeitig ein Korrekturfaktor von beispielsweise 4 ermittelt, sodass weicht dieser Korrekturfaktor deutlich von den anderen ab und kann als Schlupf festgestellt werden. Für die Erkennung wird dabei ein einheitlicher Korrekturfaktor, beispielsweise von 2,55 ermittelt und Klaffungen oder Abweichungen der einzelnen Korrekturfaktoren pro Differenz in jeweilige Geschwindigkeitsabweichungen verlagert. Je weiter von dem einheitlich berechneten Korrekturwert abgewichen wird, desto größer die Geschwindigkeitsabweichungen. Die nacheinander berechneten Korrekturfaktoren für Streckenabschnitte und/oder die Geschwindigkeitsabweichungen weisen entsprechend einen deutlichen Peak auf, welcher eine zuverlässige Schlupferkennung ermöglicht. Würde nun eine Mittelung der beschriebenen Korrekturfaktoren durchgeführt, würde dies eine unbegründete Anpassung der Fahrzeuggeschwindigkeit veranlassen. Ein Sicherheitsaufschlag würde fälschlicherweise auf die Fahrzeuggeschwindigkeit angesetzt.

[0014] Mittels des beschriebenen Verfahrens können solche durch Schlupf begründete Ausreißer zuverlässig erkannt und zutreffend bewertet werden. Dadurch, dass zum Beispiel ein solcher Wert des Korrekturfaktors verworfen wird, fließt dieser nicht weiter in die Auswertung mit ein und die Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs und ein Sicherheitsaufschlag können gezielt abgestimmt werden.

[0015] Gemäß der Erfindung umfasst das Ermitteln des Korrekturfaktors eine Regressionsanalyse. Dabei können statistische Analyseverfahren eingesetzt werden, die zum Ziel haben, eine bestmögliche Mittelung der bestimmten Korrekturfaktoren zu erreichen durch bspw. eine Minimierung der dadurch entstehenden Geschwindigkeitsabweichungen einzurichten. Eine solche Regressionsanalyse und Ausgleichsrechnung kann zum Beispiel auf der Methode der kleinsten Quadrate basieren.

[0016] Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens oder einer der beschriebenen Weiterbildungen des Verfahrens umfasst das Verfahren ein Vorgeben eines Abweichungsschwellenwerts für eine tolerierbare Geschwindigkeitsabweichung und ein Abgleichen der ermittelten Geschwindigkeitsabweichungen mit dem vorgegebenen Abweichungsschwellenwert. Das Verfahren umfasst demgemäß ferner ein Ermitteln eines Schlupfes des ersten und/oder zweiten Radsatzes in Abhängigkeit von dem Abgleichen der ermittelten Geschwindigkeitsabweichungen mit dem vorgegebenen Abweichungsschwellenwert. Insbesondere kann somit das Erkennen eines Schlupfbereichs auf Basis einer tolerierbaren Geschwindigkeitsabweichung in Form eines Abweichungs-

schwellenwertes erfolgen, welcher betriebsgemäß nicht überschritten werden sollte.

[0017] Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens oder einer der beschriebenen Weiterbildungen des Verfahrens weisen der erste und der zweite Geschwindigkeitssensor jeweils einen Weginkrementalgeber auf. Demgemäß umfasst das Ermitteln eines jeweiligen Geschwindigkeitswerts für den ersten und für den zweiten Radsatz ein Bereitstellen von Umfangswerten für ein Rad des ersten Radsatzes und ein Rad des zweiten Radsatzes, denen jeweils einer der Weginkrementalgeber zugeordnet ist. Das Verfahren umfasst weiter ein Erfassen einer Umdrehungszahl des jeweiligen Rades des ersten Radsatzes und des zweiten Radsatzes und ein Ermitteln eines jeweiligen Geschwindigkeitswerts für den ersten Radsatz und für den zweiten Radsatz in Abhängigkeit von den jeweils bereitgestellten Umfangswerten und der jeweils erfassten Umdrehungszahl.

[0018] Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens oder einer der beschriebenen Weiterbildungen des Verfahrens umfasst das Ermitteln eines Schlupfes des ersten und/oder zweiten Radsatzes in Abhängigkeit von den ermittelten Geschwindigkeitsabweichungen ein Erkennen von schlupfbeeinflussten und schlupfunbeeinflussten Bereichen des ersten und/oder zweiten Radsatzes in Abhängigkeit von den ermittelten Korrekturfaktoren und/oder den ermittelten Geschwindigkeitsabweichungen. Das Steuern einer Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs erfolgt daraufhin auch in Abhängigkeit von den erkannten schlupfbeeinflussten und schlupfunbeeinflussten Bereichen des ersten und/oder zweiten Radsatzes.

[0019] Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens oder einer der beschriebenen Weiterbildungen des Verfahrens umfasst das Verfahren ein Bilden eines arithmetischen Mittels der ermittelten Korrekturfaktoren. Das Steuern einer Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs erfolgt demgemäß auch in Abhängigkeit von dem gebildeten arithmetischen Mittel der Korrekturfaktoren. Insbesondere werden die erkannten Schlupfbereiche beim Bilden des arithmetischen Mittels nicht mit einbezogen, sodass einem Verfälschen der Mittelung entgegengewirkt wird. Alternativ ist auch eine andere Mittelungsmethode oder eine andere Wertbildungsmethode für einen zusammenfassenden Korrekturfaktor einsetzbar, sodass zum Beispiel eine Gewichtung der Korrekturfaktoren mitberücksichtigt wird.

[0020] Das arithmetische Mittel der Korrekturfaktoren kann ferner für einen nachfolgenden Fahrtzyklus des Schienenfahrzeugs gespeichert werden. Das Steuern einer Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs erfolgt dann zum Beispiel in Abhängigkeit von dem gespeicherten arithmetischen Mittel der Korrekturfaktoren und wird beispielsweise bei einem Betriebsstart geladen und direkt mit in das Steuern der Fahrzeuggeschwindigkeit einbezogen.

[0021] Das beschriebene Verfahren sowie die beschriebenen Weiterbildungen des Verfahrens ermögli-

chen eine zuverlässige und präzise Schlupferkennung auf fein granularem Level. Es werden keine zusätzlichen Sensoren benötigt und es bedarf keiner großzügigen Sicherheitsaufschläge, die wegen eines eventuellen Auftretens von Schlupf im Vorhinein mit in der Geschwindigkeits- und in der Wegberechnung miteinbezogen werden, um entsprechenden Gleit- oder Schleudervorgängen steuertechnisch zu entgegnen. Es sind somit keine pauschalen Sicherheitsaufschläge anzunehmen und es kann zu einer erhöhten Genauigkeit bei der Bestimmung der Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs beigetragen werden.

[0022] Das Verfahren benötigt zum Beispiel lediglich zwei Weginkrementalgeber, die an nicht mechanisch gekoppelten Achsen des Schienenfahrzeugs montiert sind. Mit Hilfe von nur zwei Weginkrementalgebern werden die Fahrzeuggeschwindigkeit und der Fahrweg für das Schienenfahrzeug bestimmt. Daten bezüglich der Radumfänge werden zum Beispiel bereitgestellt. Da die Radumfänge allerdings nur begrenzt genau bekannt sind, weichen die mittels der Messsignale der Weginkrementalgeber erfassten Rohdaten für die berechneten Geschwindigkeiten des ersten und zweiten Radsatzes von der realen Fahrzeuggeschwindigkeiten des Schienenfahrzeugs ab. Diese Geschwindigkeitsabweichungen können bis zu einer vorgegebenen Größe hingenommen werden.

[0023] Für eine zuverlässige Schlupferkennung sind diese Abweichungen aber eventuell zu groß und werden bestimmt und anschließend rausgerechnet. Daraufhin kann eine besonders präzise und zuverlässige Schlupferkennung erfolgen. Die Erkennung von Schlupf ermöglicht es insbesondere, schlupfbeeinflusste von nicht schlupfbeeinflussten Bereichen zu trennen. In nicht schlupfbeeinflussten Bereichen können pauschalen Sicherheitsaufschläge in Bezug auf die Fahrzeuggeschwindigkeit für ein mögliches Auftreten von Schlupf, welcher konventionell nicht oder nicht ausreichend genau bestimmbar war, erheblich verringert werden. Schienenfahrzeuge, wie Züge, können dann pünktlich nach Fahrplan fahren oder zumindest können unerwünschte Verzögerungen in einem Fahrbetrieb reduziert werden.

[0024] Das beschriebene Verfahren sowie die Weiterbildungen ermöglichen eine hohe Einsetzbarkeit unabhängig von einem Fahrzeugtyp eines Schienenfahrzeugs und einer Strecke, die von diesem befahren wird. Das Verfahren realisiert einen generischen Ansatz und bedarf keiner Informationen über den Streckenverlauf, wie Längsneigung. Auch sind keine Informationen über einen momentanen Beschleunigungs- oder Bremsverlauf erforderlich.

[0025] Das beschriebene Verfahren sowie die Weiterbildungen stellen ferner eine hohe Akzeptanz bei einem Anwender bereit, da keine Interaktion von Seiten des Anwenders notwendig ist. Das Verfahren kann insbesondere automatisiert durchgeführt werden. Darüber hinaus ist ein Performanzgewinn für eine Fahrplaneinhaltung aufgrund reduzierbarer Verspätungen und höherer Stre-

ckenauslastung erzielbar. Zudem wird mittels des Verfahrens ein übersichtlicher Ansatz bereitgestellt, welcher zu einem wartungsfreundlichen Betrieb eines Schienenfahrzeugs beitragen kann.

[0026] Außerdem ist das Verfahren kostengünstig durchführbar. Bereits vorhandene Weginkrementalgeber können zum Durchführen des Verfahrens eingesetzt werden und das Verfahren kann mit weiteren Ansätzen zur Erkennung von systematischen Abweichungen, wie Gleit- und Schlupfvorgängen bei Weginkrementalgebern kombiniert werden. In Bezug auf die Vielzahl eingesetzter Schienenfahrzeuge kann eine signifikante Kosteneinsparung ermöglicht werden. Zudem ist durch das Verfahren eine relativ hohe Zukunftssicherheit gegeben, da geringe bis keine Rückläufer zu erwarten sind. Mit Rückläufern sind unter anderem kundenseitige Beanstandungen und herstellerseitige Nachbesserungen bezeichnet.

[0027] Das beschriebene Verfahren trägt insbesondere zu einer verbesserten Genauigkeit in Bezug auf eine Gleit- und Schleudererkennung bei und erfüllt hohe Genauigkeitsanforderungen in Bezug auf eine Bestimmung der Fahrzeuggeschwindigkeit. Es ermöglicht die Auswertung hoch redundanter Informationen, durch Ausgleichung und statistische Tests, unter anderem mit dem Ziel einen Korrekturfaktor mit hoher Genauigkeit zu berechnen und dann systematische Fehler automatisch aufzudecken, um sie ausschließen zu können, damit sie nicht in die finale Korrekturfaktorbestimmung mit einfließen. Ferner ist mittels des beschriebenen Verfahrens ein flexibles Genauigkeitsziel hinsichtlich des Maßstabes und damit auch der Geschwindigkeit möglich.

[0028] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Schlupferkennung bei einem Radsatz für ein Schienenfahrzeug, die dazu eingerichtet ist, eines der zuvor beschriebenen Verfahren durchzuführen. Die Vorrichtung ist zum Beispiel als Bordcomputer oder Steuereinheit des Schienenfahrzeugs realisiert, welche eine Recheneinheit und einen Datenspeicher aufweist und ein Auswerten und Verarbeiten der erfassten Messsignale und der ermittelten Geschwindigkeitswerte ermöglicht. Alternativ oder zusätzlich ist eine solche Vorrichtung als Backend oder externe Servereinheit realisiert, die mit dem Schienenfahrzeug signaltechnisch kommunizieren kann.

[0029] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung umfasst ein Schienenfahrzeug einen ersten Radsatz und einen zweiten Radsatz, die mechanisch voneinander entkoppelt sind. Die Radsätze sind über einen oder mehrere Wagenkästen des Schienenfahrzeugs gekoppelt, aber es besteht keine direkte mechanische Kopplung zwischen den Radsätzen, zum Beispiel mittels eines Getriebes. Das Schienenfahrzeug umfasst weiter einen ersten Geschwindigkeitssensor und einen zweiten Geschwindigkeitssensor, die einem jeweiligen Radsatz zugeordnet sind. Die Geschwindigkeitssensoren weisen jeweils einen Weginkrementalgeber auf und die Messsignale der Geschwindigkeitssensoren sind jeweils repräsentativ für eine Geschwindigkeit des ersten Radsatzes

und des zweiten Radsatzes. Ferner weist das Schienenfahrzeug die zuvor beschriebene Vorrichtung auf, die signaltechnisch mit den Geschwindigkeitssensoren gekoppelt ist.

[0030] Dadurch, dass die Vorrichtung und das Schienenfahrzeug dazu eingerichtet sind, eines der zuvor beschriebenen Verfahren durchzuführen, sind beschriebene Eigenschaften und Merkmale des Verfahrens auch für die Vorrichtung und für das Schienenfahrzeug offenbart und umgekehrt.

[0031] Die oben genannten Eigenschaften, Merkmale und Vorteile der Erfindung und die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden durch die folgende Beschreibung der Ausführungsbeispiele der Erfindung in Verbindung mit den entsprechenden Figuren weitergehend erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Schienenfahrzeugs mit einer Vorrichtung zur Schlupferkennung für mindestens ein Radsatz des Schienenfahrzeugs,

Figur 2 ein Ablaufdiagramm für ein Verfahren zur Schlupferkennung für mindestens ein Radsatz des Schienenfahrzeugs,

Figur 3 ein weiteres Ablaufdiagramm für ein Verfahren zur Schlupferkennung für mindestens ein Radsatz des Schienenfahrzeugs, und

Figur 4 beispielhafte algorithmische Zusammenhänge zum Verarbeiten bei der Durchführung des Verfahrens zur Schlupferkennung.

[0032] Figur 1 zeigt in einer schematischen Seitenansicht ein Schienenfahrzeug 1 mit einer Steuereinheit 3, die signaltechnisch mit einem ersten Geschwindigkeitssensor 5 und einem zweiten Geschwindigkeitssensor 6 gekoppelt ist. Die Geschwindigkeitssensoren 5 und 6 sind Weginkrementalgeber für den Radsatz 7 und 8. Die Radsätze 7 und 8 weisen jeweilige Räder und Achsen auf, die mechanisch nicht direkt miteinander gekoppelt sind. Die Geschwindigkeitssensoren 5 und 6 ermöglichen ein Erfassen von Messsignalen, die jeweils repräsentativ sind für eine Geschwindigkeit des ersten Radsatzes 7 und des zweiten Radsatzes 8 des Schienenfahrzeugs 1. Wie nachfolgend erläutert wird, können die an den Achsen montierten Weginkrementalgeber nutzbringend dazu eingesetzt werden, um ein zuverlässiges und präzises Erkennen von Gleiten und Schleudern der Räder des ersten und/oder zweiten Radsatzes 7 und 8 zu ermöglichen.

[0033] Ein Verfahren zur Schlupferkennung bei einem der Radsätze 7, 8 für das Schienenfahrzeug 1 kann gemäß dem in Figur 2 oder dem in Figur 3 gezeigten Ablaufdiagramm in der Steuereinheit 3 durchgeführt werden. In einem Schritt S1 wird eine Mehrzahl von Messsignalen des ersten Geschwindigkeitssensors 5 und des

zweiten Geschwindigkeitssensors 6 erfasst.

[0034] In einem Schritt S2 werden ein jeweiliger Geschwindigkeitswert für den ersten Radsatz 7 in Abhängigkeit von einem jeweiligen Messsignal des ersten Geschwindigkeitssensors 5 und ein jeweiliger Geschwindigkeitswert für den zweiten Radsatz 8 in Abhängigkeit von einem jeweiligen Messsignal des zweiten Geschwindigkeitssensors 6 ermittelt. Ferner werden Geschwindigkeitswertpaare mit jeweils einem ermittelten Geschwindigkeitswert für den ersten und den zweiten Radsatz 7, 8 gebildet. Ist eine vorgegebene Anzahl an verwertbaren Geschwindigkeitswertpaaren ermittelt bzw. gebildet worden, so wird das Verfahren in einem Schritt S3 fortgeführt. Zum Beispiel wird jede halbe Sekunde jeweils ein Messsignal des ersten und zweiten Geschwindigkeitssensors 5 und 6 für einen Zeitraum von einer Minute aufgenommen, sodass 120 Geschwindigkeitswertpaare gebildet werden.

[0035] In dem Schritt S3 erfolgt ein Vergleichen der jeweiligen Geschwindigkeitswerte für den ersten und den zweiten Radsatz 7, 8 eines jeweils gebildeten Geschwindigkeitswertpaares miteinander und ein Ermitteln eines Korrekturfaktors für alle Geschwindigkeitswertpaare in Abhängigkeit von dem Vergleich.

[0036] In einem Schritt S4 werden Geschwindigkeitsabweichungen in Abhängigkeit von dem ermittelten Korrekturfaktor bestimmt. Dabei kann insbesondere ein statistisches Modell zur Auswertung herangezogen werden. Insbesondere erfolgt in dem Schritt S4 eine Regressionsanalyse oder eine Ausgleichsrechnung, die zum Beispiel auf der Methode der kleinsten Quadrate basiert, welche eine Minimierungsmethode in Bezug auf die kleinstmögliche Abweichung der ermittelten Geschwindigkeitsabweichungen bezüglich eines Korrekturfaktors für alle Wertepaare durchführt.

[0037] Zum Beispiel lassen sich für jedes ermittelte Geschwindigkeitspaar folgende mathematischen Zusammenhänge formulieren: $v_{\text{gemessen_Sensor1_i}} = \text{Korrekturfaktor} * v_{\text{gemessen_Sensor2_i}}$. Den mathematischen Wert "Korrekturfaktor" gibt es nur einmal und dieser stellt sich durch die Minimierungsmethode von selbst ein. Für " $v_{\text{gemessen_Sensor1_i}}$ " werden nun Abweichungen " $v_{\text{gemessen_Sensor1_Abweichung_i}}$ " der Art $v_{\text{gemessen_Sensor1_i}} + v_{\text{gemessen_Sensor1_Abweichung_i}} = \text{Korrekturfaktor} * v_{\text{gemessen_Sensor2_i}}$ derart bestimmt, dass die Summe der Quadrate dieser Abweichungen minimal ist.

[0038] In dem Schritt S5 wird ein Schlupf des ersten und/oder zweiten Radsatzes 7, 8 in Abhängigkeit von den ermittelten Abweichungen für die gemessenen Geschwindigkeiten bezüglich eines berechneten Korrekturfaktors ermittelt und die Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeug 1 in Abhängigkeit von dem erkannten Schlupf unter Einbeziehung des zuvor berechneten Korrekturfaktors gesteuert.

[0039] Das Verfahren zur Schlupferkennung kann auch gemäß dem in Figur 3 illustrierten Ablaufdiagramm erfolgen, welches die Variablen-Zusammenhänge ge-

mäß Figur 4 miteinbezieht. In einem Schritt S1 wird überprüft, ob Vorgabebedingungen zu verarbeitender Variablen erfüllt sind. Falls dies nicht der Fall ist, wird das Verfahren in einem Schritt S2 fortgeführt. Sind die Vorgabebedingungen erfüllt, wird das Verfahren in dem Schritt S3 fortgeführt.

[0040] In dem Schritt S3 werden Messsignale der Weginkrementalgeber erfasst und Geschwindigkeitswerte für die jeweiligen Achsen bzw. Radsätze 7 und 8 ermittelt. Ferner werden Geschwindigkeitswertpaare gebildet, die jeweils einen Geschwindigkeitswert für den ersten und den zweiten Radsatz beinhalten. Ist eine vorgegebene Anzahl an auswertbaren Geschwindigkeitswertpaaren gebildet worden, wird das Verfahren in einem Schritt S5 fortgeführt. Andernfalls wird das Verfahren beendet oder in dem Schritt S1 erneut begonnen.

[0041] In dem Schritt S5 wird ein $k_{\text{PSSA-Section}}$ -Faktor ermittelt bzw. angepasst. Der $k_{\text{PSSA-Section}}$ -Faktor repräsentiert einen Korrekturfaktor, der für alle Messwertpaare, zum Beispiel 120 Messwertpaare, die eine Sektion bilden, durch Minimierung der Geschwindigkeitsabweichungen bezüglich eines Sensors berechnet wird. Dabei gelten insbesondere die Zusammenhänge: $v_{\text{gemessen_Sensor1_i}} + v_{\text{gemessen_Sensor1_Abweichung_i}} = \text{Korrekturfaktor} * v_{\text{gemessen_Sensor2_i}}$, wobei "i" zum Beispiel von 1 bis 120 durchläuft. Der Korrekturfaktor $k_{\text{PSSA-Section}}$ -Faktor wird durch die Ausgleichung geschätzt bzw. berechnet. Das Akronym "PSSA" bezieht sich auf die englische Bezeichnung "pseudo static scale adjustment" und kann auf Deutsch als pseudo-statische Skalierungsanpassung bezeichnet werden.

[0042] In einem Schritt S7 wird das mathematische und stochastische Modell, das der Ausgleichung zu Grunde liegt, überprüft. Zum mathematischen Modell gehört die Annahme, dass es nur einen Maßstabsfaktor $k_{\text{PSSA-Section}}$ für zum Beispiel alle 120 Geschwindigkeitspaare gibt und zum stochastischen Modell gehört die Annahme zur Genauigkeit der gemessenen Geschwindigkeiten. Weiterhin wird die aus dem vorherigen Schritt S5 berechnete Genauigkeit des Korrekturfaktors gegen einen vorgegebenen Schwellwert verglichen. Ist eine gewünschte Genauigkeit erfüllt und sind die Annahmen im mathematischen und stochastischen Modell nicht widerlegt, so kann das Verfahren in einem Schritt S9 fortgeführt werden. Ist eine gewünschte Genauigkeit nicht erfüllt und/oder werden die Annahmen der Modeltests widerlegt, so wird das Verfahren in einem Schritt S8 fortgeführt.

[0043] In dem Schritt S8 werden die aktuellen Daten und ermittelten Geschwindigkeitswerte verworfen. Das Verfahren wird beendet und bei Eintreffen neuer Geschwindigkeitswerte in dem Schritt S1 erneut begonnen.

[0044] In dem Schritt S9 wird überprüft, ob $k_{\text{faktorsInSeries}}$ verfügbar sind. $k_{\text{faktorsInSeries}}$ hat hier beispielsweise den Wert 3. Sind dementsprechend in Folge 3 mal gültige Korrekturfaktoren berechnet worden, wird

das Verfahren in einem Schritt S11 fortgeführt. Andernfalls wird der Korrekturfaktor $k_{PSSA-Section}$ gespeichert, das Verfahren beendet und anschließend bei Eintreffen neuer Messwerte in dem Schritt S1 erneut begonnen.

[0045] Die Variablen $k_{factorsInSeries}$ repräsentieren eine Anzahl der nacheinander berechneten und gültigen Korrekturfaktoren. Ein Korrekturfaktor wird jeweils aus zum Beispiel 120 Wertepaaren berechnet. So kann es sein, dass in der ersten Minute ein gültiger Korrekturfaktor berechnet wurde und in der nachfolgenden Minute keiner. Dann gibt es einen gültigen Korrekturfaktor. Benötigt werden aber 3 um im Ablauf weiterzukommen. In der dritten Minute wird dann bspw. ein gültiger berechnet. Wenn 3 vorhanden sind geht es weiter.

[0046] In dem Schritt S11 werden alle möglichen Zweierkombinationen der ermittelten $k_{PSSA-Section}$ -Faktoren aufgestellt. Bei drei $k_{PSSA-Section}$ -Faktoren sind es 3 Zweierkombinationen: 12, 13 und 23.

[0047] Bei einem Wert von 4 für die $k_{factorsInSeries}$ wären es die Kombinationen: 12, 13, 14, 23, 24 und 34.

[0048] In einem Schritt S13 wird überprüft, ob die berechneten Korrekturfaktoren der jeweiligen Kombinationen gleich sind im Sinne von innerhalb tolerierbarer Abweichungen übereinstimmen. Dies umfasst den Vergleich der ermittelten Korrekturfaktoren. Falls die Korrekturfaktoren innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs übereinstimmen, wird das Verfahren in einem Schritt S15 fortgeführt. Andernfalls wird das Verfahren beendet und in dem Schritt S1 erneut begonnen. Jede Kombination umfasst zwei verschiedene Korrekturfaktoren, die miteinander verglichen werden. Bei einem Wert von 3 für die $k_{factorsInSeries}$ liegen 3 unabhängig berechnete Korrekturfaktoren vor, die innerhalb von 3 Minuten entstanden sein können oder sich über einen größeren Zeitraum von zum Beispiel 148 Minuten erstrecken.

[0049] In dem Schritt S15 wird ein arithmetisches Mittel berechnet und der k_{PSSA} -Faktor für ein Echtzeitverfahren zum Gleit- und Schleuderausschluss bereitgestellt. Der k_{PSSA} -Faktor ist das arithmetische Mittel aus den $k_{PSSA-Section}$ -Faktoren. Bei einem Wert für die $k_{factorsInSeries}$ von 3, sind es genau 3 Stück.

[0050] Das beschriebene Verfahren betrifft eine quasi-statische Skalierungsanpassung und wird vorzugsweise in Verbindung mit einem Verfahren zum Gleit- und Schleuderausschluss eingesetzt. Die Steuereinheit 3 realisiert dabei eine Verarbeitungseinheit, die einen Maßstab der Weginkrementalgeber zu einem referenzierenden Weginkrementalgeber ermöglicht. Bei einem Durchführen des beschriebenen Verfahrens können insbesondere die in Figur 4 dargestellten algorithmischen Zusammenhänge verschiedener Variablen bei der Schlupferkennung wie folgt berücksichtigt werden:

Der erste, oberste Graph gemäß Figur 4 zeigt die Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs 1 über der Zeit gemäß den Messsignalen des ersten und zweiten Weginkrementalgebers. Einer der beiden Weginkrementalgeber fungiert als Referenzinkrementalgeber.

[0051] Der zweite Graph gemäß Figur 4 zeigt eine zugehörige zeitliche Darstellung der berechneten $k_{PSSA-Section}$ -Faktoren. In der Darstellung ist angedeutet, dass nur Geschwindigkeitswertpaare für die weitere Bearbeitung in Betracht gezogen werden, die einen Wert aufweisen, der größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert $v_{PSSA\ limit}$. Das $v_{PSSA\ limit}$ ist ein Schwellenwert. Es werden insbesondere nur Messwertpaare gebildet, wenn beide gemessenen Geschwindigkeiten über diesem Wert liegen. Ein Hintergrund für eine solche nutzbringende Vorgehensweise ist fehlertechnischer Natur. Ein Korrekturfaktor lässt sich mit hoher Genauigkeit berechnen, wenn das Fahrzeug schnell genug fährt. Würde man die 120 Messwertpaare einer Sektion auch mit niedrigen Geschwindigkeiten füllen, so wird die Zielgenauigkeit für k_{PSSA} -Faktor in Schritt S7 unter Umständen nicht erreicht.

[0052] Der dritte Graph zeigt an, ob die k_{PSSA} -Faktoren der Kombinationen gleich sind (Punkt unterhalb der oberen Linie) oder ungleich sind (Punkt oberhalb der oberen Linie). Jeder Punkt steht für eine Kombination. Die unteren Striche oder Linien im unteren Bereich des dritten Graphen zeigen an, ob der k_{PSSA} -Faktor generell gültig ist, siehe S7, um für die Kombinationsbildung genommen werden zu können. Ist in dem Bereich kein Strich vorhanden, bedeutet das, dass der entsprechende Faktor nicht weiter verarbeitet werden soll. Der untere Strich bzw. die untere Linie leitet sich aus den weiteren Graphen, dem vierten und dem fünften Graphen, der Figur 4 ab. Sind Striche unterhalb der durchgezogenen Linie, so wird eine entsprechende untere Linie in dem dritten Graphen gezeichnet.

[0053] In dem vierten Graphen ist die statistisch ermittelte Abweichung gemäß eines statistischen Tests auf Basis der Ergebnisse der Methode der kleinsten Quadrate dargestellt (χ^2 -Test). Eine Überprüfung für jeden Bereich ist erfüllt, wenn die vorgegebene Grenze bzw. der vorgegebene Abweichungsschwellenwert (visualisiert durch eine durchgezogene Linie) durch die ermittelten Werte (illustriert als einzelne Linienabschnitte) nicht überschritten ist.

[0054] In dem von oben gezählten fünften Graphen der Figur 5 ist eine Genauigkeit der $k_{PSSA-Section}$ -Faktoren für jeden Bereich dargestellt. Dabei ist eine entsprechende Vorgabe erfüllt, wenn die Genauigkeit des $k_{PSSA-Section}$ -Faktors (einzelne Linienabschnitte) ein vorgegebenes Genauigkeitslimit für den $k_{PSSA-Section}$ -Faktor gemäß der dargestellten Variablen $\sigma_{kPSSAsection\ limit}$ (durchgezogene Linie) nicht überschreitet.

[0055] Der sechste Graph zeigt, dass der $k_{PSSA-Section}$ -Faktor deutlich von Null abweicht. Der $k_{PSSA-Section}$ -Faktor entspricht dem zuvor beschriebenen Korrekturfaktor.

[0056] Insbesondere die in dem dritten Graphen dargestellten Zusammenhänge sind für das beschriebene Verfahren relevant. Die unterhalb der

Punkte dargestellten Linienabschnitte zeigen den Bereich der $k_{PSSA-Section}$ -Faktoren, welche die mathematisch stochastische Modelanalyse und eine vorgegebene Genauigkeit erfüllen. Diese $k_{PSSA-Section}$ -Faktoren werden für den Vergleich der Korrekturfaktoren genutzt. Ausreißer werden verworfen und nicht berücksichtigt.

[0057] Falls die $k_{PSSA-Section}$ -Faktoren in den gebildeten möglichen Kombinationen aus $k_{factorsInSeries}$ berechneten Faktoren statistisch gleich sind, sind die den $k_{PSSA-Section}$ -Faktoren zugehörigen Punkte in dem dritten Graphen unterhalb der oberen durchgezogen gezeichneten Linie angeordnet. Die für diesen Vergleich herangezogenen Bereiche sind die unterhalb der Punkte dargestellten Linienabschnitte, die den $k_{factorsInSeries}$ zuzuordnen sind.

[0058] Die $k_{PSSA-Section}$ -Faktoren sind die Korrekturfaktoren; Korrekturfaktorabweichungen werden prinzipiell nur bei nicht linearen Problemstellungen berechnet um iterativ auf den richtigen einen Korrekturfaktor zu kommen. Vorliegend handelt es sich aber um ein lineares Problem, siehe Gleichung, wo der Korrekturfaktor direkt berechnet wird. Bei dieser Berechnung entstehen die Abweichungen in den gemessenen Geschwindigkeiten eines Sensors, da es zum Beispiel vorgegeben nur einen Korrekturfaktor für 120 Wertepaare geben darf. Diese Abweichungen werden genommen, um auf auftretenden Schlupf (Gleiten/Schleudern) zu schließen und die Sektion dann zu verwerfen (Schritte S7 und S8). Dabei ist zum Beispiel zu hinterfragen, wieviel an Geschwindigkeit ist auf den bspw. ersten Sensor raufzuschlagen oder abziehen, damit die Geschwindigkeit des Referenzsensors multipliziert mit dem Korrekturfaktor entsteht. Ein Optimierungskriterium ist die Minimierung solcher Abweichungen zum Quadrat. Allerdings sind auch andere Kriterien für eine Optimierungsberechnung annehmbar, wie zum Beispiel absolute Werte.

[0059] Obwohl die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen detailliert dargestellt und beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele und die darin erläuterten konkreten Merkmalskombinationen beschränkt. Weitere Variationen der Erfindung können von einem Fachmann erhalten werden, ohne den Schutzzumfang der Patentansprüche zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0060]

- 1 Schienenfahrzeug
- 3 Steuereinheit des Schienenfahrzeugs
- 5 erster Geschwindigkeitssensor / Weginkrementalgeber
- 6 zweiter Geschwindigkeitssensor / Weginkrementalgeber
- 7 erste Achse / erster Radsatz des Schienenfahrzeugs

8 zweite Achse / zweiter Radsatz des Schienenfahrzeugs

- S(i) Schritt eines Verfahrens zur Schlupferkennung und/oder Korrekturfaktorbestimmung bei einem Radsatz für ein Schienenfahrzeug
- t Zeit
- v Fahrzeuggeschwindigkeit

Patentansprüche

1. Verfahren zur Schlupferkennung bei einem Radsatz (7, 8) für ein Schienenfahrzeug (1), dem ein erster Radsatz (7) mit einem ersten Geschwindigkeitssensor (5) und ein zweiter Radsatz (8) mit einem zweiten Geschwindigkeitssensor (6) zugeordnet sind, umfassend:

- Erfassen einer Mehrzahl von Messsignalen des ersten Geschwindigkeitssensors (5) und des zweiten Geschwindigkeitssensors (6), die jeweils repräsentativ sind für eine Geschwindigkeit des ersten Radsatzes (7) und des zweiten Radsatzes (8) des Schienenfahrzeugs (1),
- Ermitteln eines jeweiligen Geschwindigkeitswerts für den ersten Radsatz (7) in Abhängigkeit von einem jeweiligen Messsignal des ersten Geschwindigkeitssensors (5) und für den zweiten Radsatz (8) in Abhängigkeit von einem jeweiligen Messsignal des zweiten Geschwindigkeitssensors (6),
- Bilden von einer vorgegebenen Anzahl an Geschwindigkeitswertpaaren mit jeweils einem ermittelten Geschwindigkeitswert für den ersten und den zweiten Radsatz (7, 8),
- Vergleichen der jeweiligen Geschwindigkeitswerte für den ersten und den zweiten Radsatz (7, 8) eines jeden gebildeten Geschwindigkeitswertpaares miteinander und Ermitteln eines einheitlichen Korrekturfaktors über die vorgegebene Anzahl der gebildeten Geschwindigkeitswertpaare durch eine Regressionsanalyse in Abhängigkeit von dem Vergleichen,
- Ermitteln einer Geschwindigkeitsabweichung für einen der Radsätze (7, 8) in Abhängigkeit von dem ermittelten einheitlichen Korrekturfaktor durch einen Vergleich des Geschwindigkeitswerts des einen Radsatzes (7, 8) mit dem Geschwindigkeitswert des anderen mit dem ermittelten einheitlichen Korrekturfaktor multiplizierten Radsatzes (7, 8), und
- Ermitteln eines Schlupfes des ersten und/oder zweiten Radsatzes (7, 8) in Abhängigkeit von der ermittelten Geschwindigkeitsabweichung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend: Steuern einer Fahrzeuggeschwindigkeit des Schie-

nenfahrzeugs (1) in Abhängigkeit von dem ermittelten Schlupf des ersten und/oder zweiten Radsatzes (7, 8) unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem das Steuern der Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs (1) umfasst:
 - Bereitstellen eines Sicherheitsaufschlags für eine zulässige Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs (1) in Abhängigkeit von dem ermittelten Schlupf, und
 - Steuern der Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs (1) in Abhängigkeit von dem bereitgestellten Sicherheitsaufschlag.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, umfassend:
 - Ermitteln mindestens eines weiteren einheitlichen Korrekturfaktors für eine weiteren vorgegebenen Anzahl an Geschwindigkeitswertpaaren in Abhängigkeit von dem Vergleichen der jeweiligen Geschwindigkeitswerte für den ersten und den zweiten Radsatz (7, 8) der gebildeten weiteren Geschwindigkeitswertpaare miteinander,
 - Verwerfen eines der ermittelten einheitlichen Korrekturfaktoren in Abhängigkeit von den dabei jeweils ermittelten Geschwindigkeitsabweichungen, und
 - Steuern einer Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs (1) in Abhängigkeit von dem verbleibenden einheitlichen Korrekturfaktor.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, umfassend:
 - Vorgeben eines Abweichungsschwellenwerts für eine tolerierbare Geschwindigkeitsabweichung,
 - Abgleichen der ermittelten Geschwindigkeitsabweichungen mit dem vorgegebenen Abweichungsschwellenwert, und
 - Ermitteln eines Schlupfes des ersten und/oder zweiten Radsatzes (7, 8) in Abhängigkeit von dem Abgleichen der ermittelten Geschwindigkeitsabweichungen mit dem vorgegebenen Abweichungsschwellenwert.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem der erste und der zweite Geschwindigkeitssensor (5, 6) jeweils einen Weginkrementalgeber aufweist und das Ermitteln eines jeweiligen Geschwindigkeitswerts für den ersten Radsatz (7) und für den zweiten Radsatz (8) umfasst:
 - Bereitstellen von Umfangwerten für ein Rad

des ersten Radsatzes (7) und ein Rad des zweiten Radsatzes (8), denen jeweils ein Weginkrementalgeber zugeordnet ist,

- Erfassen einer Umdrehungszahl des jeweiligen Rades des ersten Radsatzes (7) und des zweiten Radsatzes (8), und
 - Ermitteln eines jeweiligen Geschwindigkeitswerts für den ersten Radsatz (7) und für den zweiten Radsatz (8) in Abhängigkeit von den jeweils bereitgestellten Umfangswerten und der jeweils erfassten Umdrehungszahl.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem das Ermitteln eines Schlupfes des ersten und/oder zweiten Radsatzes (7, 8) in Abhängigkeit von den ermittelten Geschwindigkeitsabweichungen umfasst:
 - Erkennen von schlupfbeeinflussten und schlupfunbeeinflussten Bereichen des ersten und/oder zweiten Radsatzes (7, 8) in Abhängigkeit von den ermittelten Geschwindigkeitsabweichungen, und
 - Steuern einer Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs (1) in Abhängigkeit von den erkannten schlupfbeeinflussten und schlupfunbeeinflussten Bereichen des ersten und/oder zweiten Radsatzes (7, 8).
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend:
 - Ermitteln mindestens eines weiteren einheitlichen Korrekturfaktors für eine weitere vorgegebene Anzahl an Geschwindigkeitswertpaaren in Abhängigkeit von dem Vergleichen der jeweiligen Geschwindigkeitswerte für den ersten und den zweiten Radsatz (7, 8) der gebildeten weiteren Geschwindigkeitswertpaare miteinander,
 - Bilden eines arithmetischen Mittels der ermittelten einheitlichen Korrekturfaktoren, und
 - Steuern einer Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs (1) in Abhängigkeit von dem gebildeten arithmetischen Mittel der ermittelten einheitlichen Korrekturfaktoren.
 9. Verfahren nach Anspruch 8, umfassend:
 - Speichern des arithmetischen Mittels der Korrekturfaktoren für einen nachfolgenden Fahrtzyklus des Schienenfahrzeugs (1), und
 - Steuern einer Fahrzeuggeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs (1) in Abhängigkeit von dem gespeicherten arithmetischen Mittel der Korrekturfaktoren.
 10. Vorrichtung (3) zur Schlupferkennung bei einem Radsatz (7, 8) für ein Schienenfahrzeug (1), die dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der An-

sprüche 1 bis 9 durchzuführen.

11. Schienenfahrzeug (1), aufweisend:

- einen ersten Radsatz (7) und einen zweiten Radsatz (8), die mechanisch voneinander entkoppelt sind,
- einen ersten Geschwindigkeitssensor (5) und einem zweiten Geschwindigkeitssensor (6), die einem jeweiligen Radsatz (7, 8) zugeordnet sind und jeweils einen Weginkrementalgeber aufweisen, und deren Messsignale jeweils repräsentativ sind für eine Geschwindigkeit des ersten Radsatzes (7) und des zweiten Radsatzes (8), und
- eine Vorrichtung (3) nach Anspruch 10, die signaltechnisch mit den Geschwindigkeitssensoren (5, 6) gekoppelt ist.

Claims

1. Method for slip detection in a wheelset (7, 8) for a rail vehicle (1), to which a first wheelset (7) with a first speed sensor (5) and a second wheelset (8) with a second speed sensor (6) are assigned, comprising:

- capturing a plurality of measurement signals of the first speed sensor (5) and the second speed sensor (6), which are in each case representative of a speed of the first wheelset (7) and the second wheelset (8) of the rail vehicle (1),
- ascertaining a respective speed value for the first wheelset (7) as a function of a respective measurement signal of the first speed sensor (5) and for the second wheelset (8) as a function of a respective measurement signal of the second speed sensor (6),
- forming a specified number of speed value pairs with an ascertained speed value for the first and the second wheelset (7, 8) in each case,
- comparing the respective speed values for the first and the second wheelset (7, 8) of each formed speed value pair with one another and ascertaining a unified correction factor over the specified number of formed speed value pairs by way of a regression analysis as a function of the comparison,
- ascertaining a speed deviation for one of the wheelsets (7, 8) as a function of the ascertained unified correction factor by way of a comparison of the speed value of the one wheelset (7, 8) with the speed value of the other wheelset (7, 8) multiplied by the ascertained unified correction factor, and
- ascertaining a slip of the first and/or second wheelset (7, 8) as a function of the ascertained

speed deviation.

2. Method according to claim 1, comprising: controlling a vehicle speed of the rail vehicle (1) as a function of the ascertained slip of the first and/or second wheelset (7, 8) while taking into consideration the correction factor.

3. Method according to claim 2, in which the controlling of the vehicle speed of the rail vehicle (1) comprises:

- providing a safety uplift for a permitted vehicle speed of the rail vehicle (1) as a function of the ascertained slip, and
- controlling the vehicle speed of the rail vehicle (1) as a function of the provided safety uplift.

4. Method according to one of claims 1 to 3, comprising:

- ascertaining at least one further unified correction factor for a further specified number of speed value pairs as a function of the comparison of the respective speed value pairs for the first and the second wheelset (7, 8) of the formed further speed value pairs with one another,
- discarding one of the ascertained unified correction factors as a function of the speed deviations ascertained in each case here, and
- controlling a vehicle speed of the rail vehicle (1) as a function of the remaining unified correction factor.

5. Method according to one of claims 1 to 4, comprising:

- specifying a deviation threshold value for a tolerable speed deviation,
- comparing the ascertained speed deviations with the specified deviation threshold value, and
- ascertaining a slip of the first and/or second wheelset (7, 8) as a function of the comparison of the ascertained speed deviations with the specified deviation threshold value.

6. Method according to one of claims 1 to 5, in which the first and the second speed sensor (5, 6) in each case have a path incremental encoder and the ascertaining of a respective speed value for the first wheelset (7) and for the second wheelset (8) comprises:

- providing circumference values for a wheel of the first wheelset (7) and a wheel of the second wheelset (8), to which a path incremental encoder is assigned in each case,
- capturing a number of revolutions of the respective wheel of the first wheelset (7) and the second wheelset (8), and
- ascertaining a respective speed value for the

first wheelset (7) and for the second wheelset (8) as a function of the circumference values provided in each case and the number of revolutions captured in each case.

7. Method according to one of claims 1 to 6, in which the ascertaining of a slip of the first and/or second wheelset (7, 8) as a function of the ascertained speed deviations comprises:

detecting slip-influenced and slip-uninfluenced regions of the first and/or second wheelset (7, 8) as a function of the ascertained speed deviations, and

- controlling a vehicle speed of the rail vehicle (1) as a function of the detected slip-influenced and slip-uninfluenced regions of the first and/or second wheelset (7, 8).

8. Method according to one of claims 1 to 7, comprising:

- ascertaining at least one further unified correction factor for a further specified number of speed value pairs as a function of the comparison of the respective speed values for the first and the second wheelset (7, 8) of the formed further speed value pairs with one another,

- forming an arithmetic mean of the ascertained unified correction factors, and

- controlling a vehicle speed of the rail vehicle (1) as a function of the formed arithmetic mean of the ascertained unified correction factors.

9. Method according to claim 8, comprising:

- storing the arithmetic mean of the correction factors for a subsequent travel cycle of the rail vehicle (1), and

- controlling a vehicle speed of the rail vehicle (1) as a function of the stored arithmetic mean of the correction factors.

10. Apparatus (3) for slip detection in a wheelset (7, 8) for a rail vehicle (1), which is configured to perform a method according to one of claims 1 to 9.

11. Rail vehicle (1), having:

- a first wheelset (7) and a second wheelset (8), which are mechanically decoupled from one another,

- a first speed sensor (5) and a second speed sensor (6), which are assigned to a respective wheelset (7, 8) and each have a path incremental encoder, and the measurement signals thereof in each case are representative of a speed of the first wheelset (7) and the second wheelset (8), and

- an apparatus (3) according to claim 10, which

is coupled to the speed sensors (5, 6) from a signal perspective.

5 Revendications

1. Procédé de détection du glissement d'un essieu (7, 8) d'un véhicule (1) ferroviaire, auquel sont affectés un premier essieu (7) ayant un premier capteur (5) de vitesse et un deuxième essieu (8) ayant un deuxième capteur (6) de vitesse, comprenant :

- détection d'une pluralité de signaux de mesure du premier capteur (5) de vitesse et du deuxième capteur (6) de vitesse, qui sont chacun représentatifs d'une vitesse du premier essieu (7) et du deuxième essieu (8) du véhicule (1) ferroviaire,

- détermination d'une valeur respective de vitesse du premier essieu (7) en fonction d'un signal de mesure respectif du premier capteur (5) de vitesse et du deuxième essieu (8) en fonction d'un signal de mesure respectif du deuxième capteur (6) de vitesse,

- formation d'un nombre donné à l'avance de paires de valeurs de vitesse ayant respectivement une valeur de vitesse déterminée du premier et du deuxième essieux (7, 8),

- comparaison entre elles des valeurs respectives de vitesse et du premier et du deuxième essieux (7, 8) d'une paire de valeurs de vitesse formée et détermination d'un facteur de correction unitaire sur le nombre donné à l'avance des paires de valeurs de vitesse formées par une analyse de régression en fonction de la comparaison,

- détermination d'un écart de vitesse pour l'un des essieux (7, 8) en fonction du facteur de correction unitaire déterminé par une comparaison de la valeur de vitesse du premier essieu (7, 8) à la valeur de vitesse de l'autre essieu (7, 8) multipliée par le facteur de correction unitaire déterminé, et

- détermination d'un glissement du premier et/ou du deuxième essieux (7, 8) en fonction de l'écart de vitesse déterminé.

2. Procédé suivant la revendication 1, comprenant : commande d'une vitesse du véhicule (1) ferroviaire en fonction du glissement déterminé du premier et/ou deuxième essieux (7, 8) en tenant compte du facteur de correction.

3. Procédé suivant la revendication 2, dans lequel la commande de la vitesse du véhicule (1) ferroviaire, comprend :

- on se donne une marge de sécurité d'une vi-

- tesse admissible du véhicule (1) ferroviaire en fonction du glissement déterminé, et
 - on commande la vitesse du véhicule (1) ferroviaire en fonction de la marge de sécurité que l'on s'est donné.
- 5
4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, comprenant :
- on détermine au moins un autre facteur unitaire d'un autre nombre donné à l'avance de paires de valeurs de vitesse en fonction de la comparaison entre elles des valeurs respectives de vitesse du premier et du deuxième essieux (7, 8) des autres paires de valeurs de vitesse formées,
 - on rejette l'un des facteurs de correction unitaires déterminés en fonction des écarts de vitesse ainsi déterminés, et
 - on commande une vitesse du véhicule (1) ferroviaire en fonction du facteur de correction unitaire subsistant.
- 10
15
20
5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, comprenant :
- on prescrit une valeur de seuil d'écart pour un écart tolérable de vitesse,
 - on égalise les écarts de vitesse déterminés à la valeur de seuil d'écart donnée à l'avance, et
 - on détermine un glissement du premier et/ou du deuxième essieu (7, 8) en fonction de l'égalisation des écarts de vitesse déterminés à la valeur de seuil donnée à l'avance de l'écart.
- 25
30
6. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le premier et le deuxième capteurs (5, 6) de vitesse comportent chacun un indicateur incrémental de distance et la détermination d'une valeur respective de vitesse du premier essieu (7) et du deuxième essieu (8) comprend :
- on se donne des valeurs de pourtour d'une roue du premier essieu (7) et d'une roue du deuxième essieu (8), auxquelles est affecté respectivement un indicateur incrémental de distance,
 - on détecte un nombre de rotations de la roue respective du premier essieu (7) et du deuxième essieu (8),
 - on détermine une valeur respective de vitesse du premier essieu (7) et du deuxième essieu (8) en fonction des valeurs de pourtour respectives que l'on s'est donné et du nombre de rotations détectées respectivement.
- 35
40
45
50
55
7. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la détermination d'un glissement du premier et/ou du deuxième essieux (7, 8) en fonction des écarts de vitesse déterminés comprend :
- détection de parties influencées par le glissement et de parties, qui ne sont pas influencées par le glissement, du premier et/ou du deuxième essieux (7, 8) en fonction des écarts de vitesse déterminés, et
- commande d'une vitesse du véhicule (1) ferroviaire en fonction des parties détectées influencées par le glissement et non influencées par le glissement du premier et/ou du deuxième essieux (7, 8).
8. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 7, comprenant :
- détermination d'au moins un autre facteur de correction unitaire pour un autre nombre donné à l'avance de paires de valeurs de vitesse, en fonction de la comparaison entre elles des valeurs de vitesse respectives pour le premier et le deuxième essieu (7, 8) des autres paires de valeurs de vitesse formées,
 - formation d'une moyenne arithmétique des facteurs de correction unitaires déterminés, et
 - commande d'une vitesse du véhicule (1) ferroviaire en fonction de la moyenne arithmétique formée des facteurs de correction unitaires déterminés.
9. Procédé suivant la revendication 8, comprenant :
- mise en mémoire de la moyenne arithmétique des facteurs de correction pour un cycle de circulation suivant du véhicule (1) ferroviaire, et
 - commande d'une vitesse du véhicule (1) ferroviaire en fonction de la moyenne arithmétique mise en mémoire des facteurs de correction.
10. Dispositif (3) de détection du glissement dans un essieu (7, 8) d'un véhicule (1) ferroviaire, qui est agencé pour effectuer un procédé suivant l'une des revendications 1 à 9.
11. Véhicule (1) ferroviaire, comportant :
- un premier essieu (7) et un deuxième essieu (8), qui sont découplés l'un de l'autre mécaniquement,
 - un premier capteur (5) de vitesse et un deuxième capteur (6) de vitesse, qui sont affectés à un essieu (7, 8) respectif et qui ont chacun un indicateur incrémental de distance, et dont les signaux de mesure représentent chacun une vitesse du premier essieu (7) et du deuxième essieu (8), et
 - un dispositif (3) suivant la revendication 10, qui est relié en technique du signal aux capteurs (5, 6) de vitesse.

FIG 1

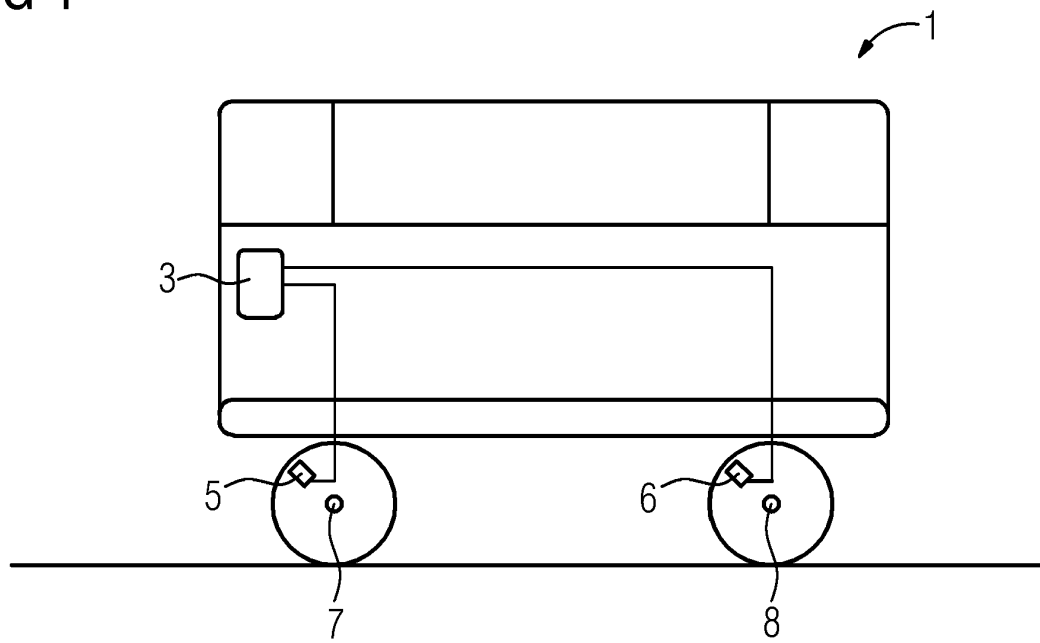


FIG 2

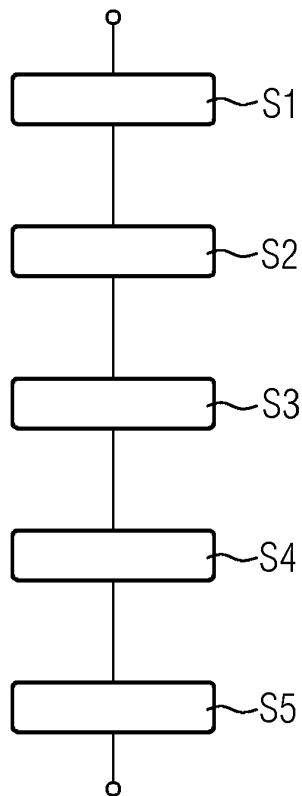


FIG 3

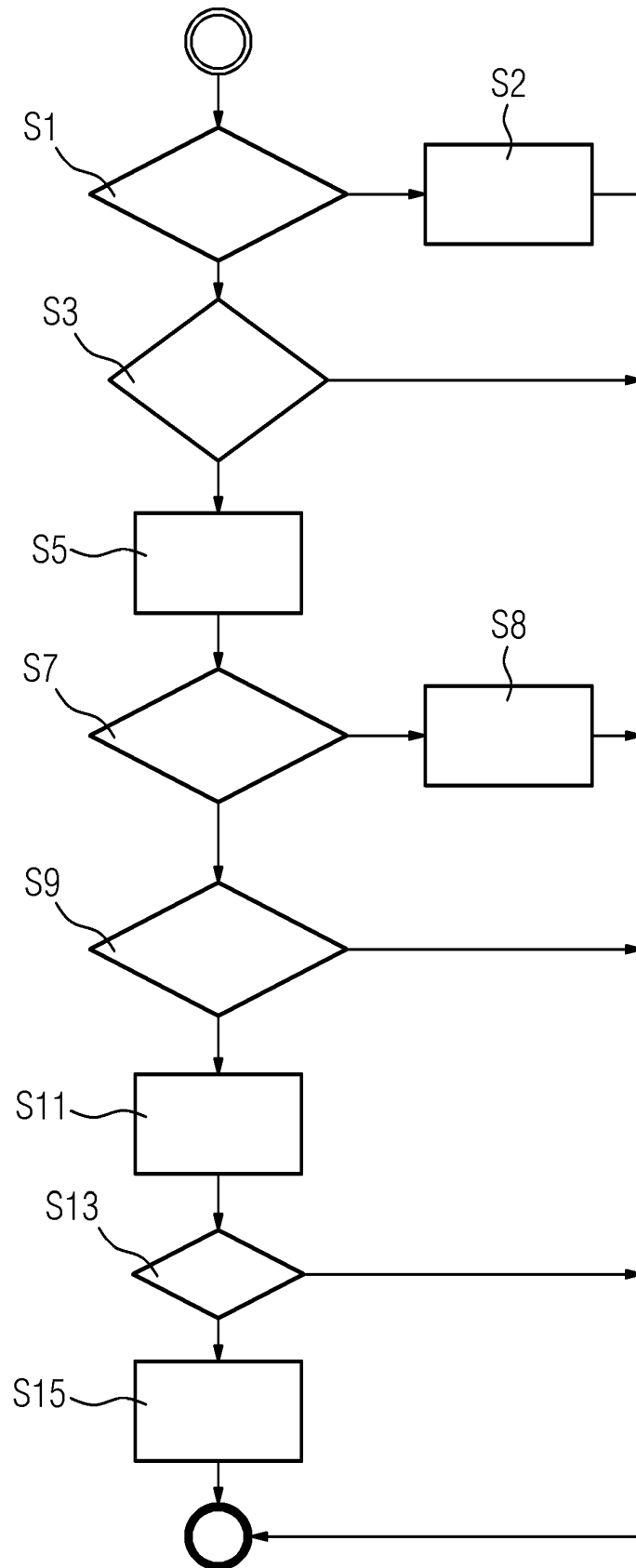
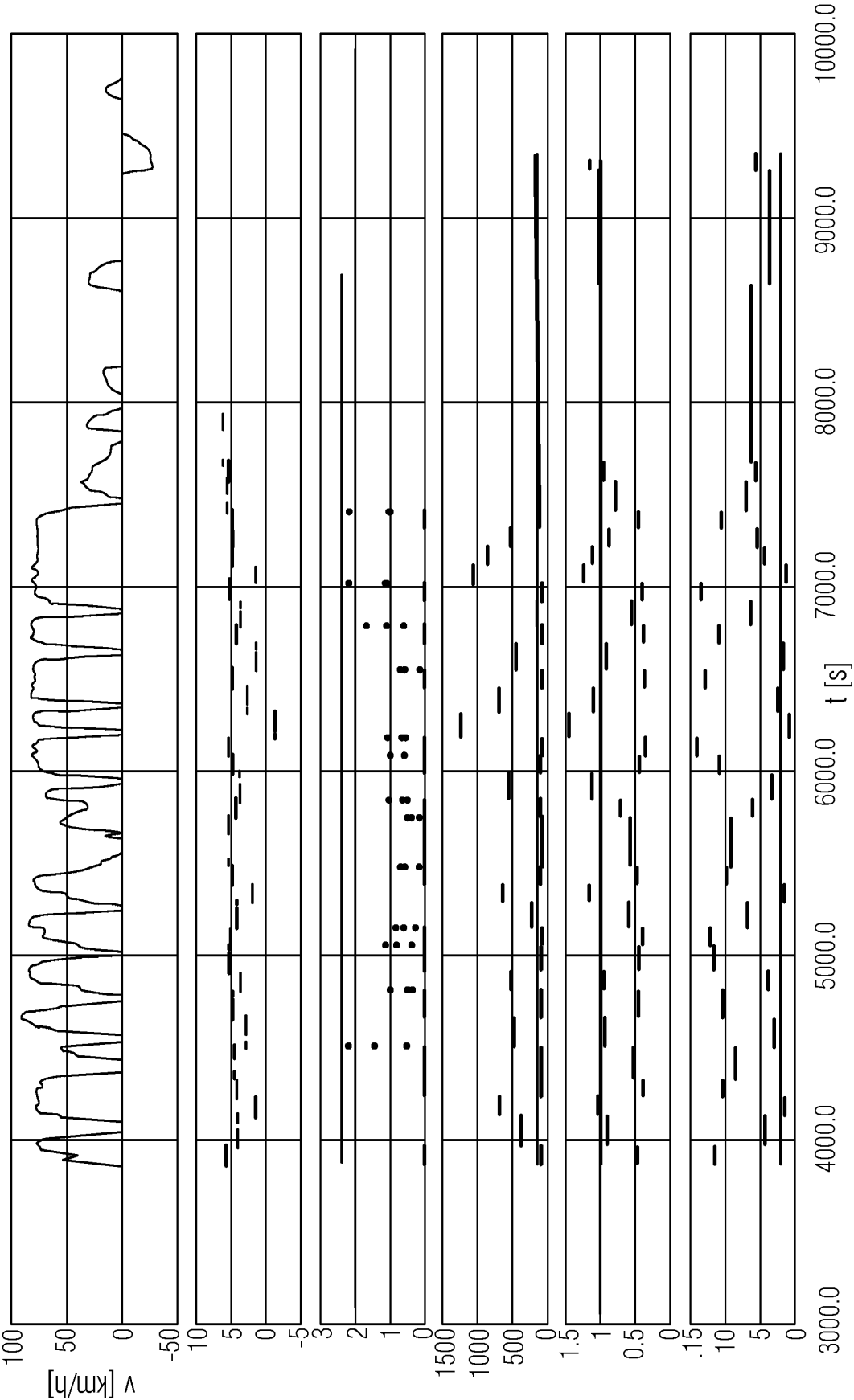


FIG 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- AU 2005234619 A1 [0003]
- DE 102005010118 A1 [0003]