

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50818/2017 (51) Int. Cl.: **B61C 15/08** (2006.01)  
 (22) Anmeldetag: 26.09.2017 **B60L 3/10** (2006.01)  
 (43) Veröffentlicht am: 15.02.2019

(56) Entgegenhaltungen:  
 DE4309183 A1 (SIEMENS)  
 DE19927224 C1 (DAIMLER)  
 DE102004052783 A1 (AUDI)  
 DE4312949 A1 (ABB)

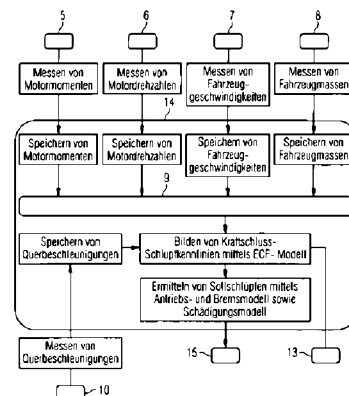
(71) Patentanmelder:  
 Siemens AG Österreich  
 1210 Wien (AT)

(72) Erfinder:  
 Kämpfer Björn Dr.  
 8045 Graz (AT)  
 Meierhofer Alexander Dr.  
 8042 Graz (AT)  
 Six Klaus Dr.  
 8503 Staintal (AT)  
 Yu Minyi Dr.  
 82216 Maisach (DE)  
 Von Flottwell Edward  
 47829 Krefeld (DE)  
 Golkani Mohammad Ali  
 8010 Graz (AT)  
 Jung Martin  
 91052 Erlangen (DE)  
 Lubber Bernd Dr.  
 8045 Graz (AT)

(74) Vertreter:  
 Peham Alois Dipl.Ing.  
 1210 Wien (AT)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung von Kraftschlusscharakteristiken**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung von Kraftschlusscharakteristiken bei Fahrzeugen, insbesondere bei Schienenfahrzeugen, wofür zumindest Informationen zumindest eines ersten Fahrzeugs (1) eingesetzt werden. Um günstige Verfahrensbedingungen zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass zeitabhängige Kraftschluss-Schlupfkennlinien gebildet werden, dass aus den Kraftschluss-Schlupfkennlinien Sollschlüpfe ermittelt werden, und dass mittels der Sollschlüpfe Fahrzeugbewegungen beeinflusst werden. Dadurch werden ein sicherer, energieeffizienter und verschleißarmer Betrieb von Fahrzeugen erzielt.



### **Zusammenfassung**

Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung von  
Kraftschlusscharakteristiken

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine  
Vorrichtung zur Bestimmung von Kraftschlusscharakteristiken  
bei Fahrzeugen, insbesondere bei Schienenfahrzeugen, wofür  
zumindest Informationen zumindest eines ersten Fahrzeugs (1)  
eingesetzt werden.

10

Um günstige Verfahrensbedingungen zu schaffen, wird  
vorgeschlagen, dass zeitabhängige Kraftschluss-  
Schlupfkennlinien gebildet werden,  
dass aus den Kraftschluss-Schlupfkennlinien Sollschlüpfe  
ermittelt werden, und  
dass mittels der Sollschlüpfe Fahrzeugbewegungen beeinflusst  
werden.

15

Dadurch werden ein sicherer, energieeffizienter und  
verschleißarmer Betrieb von Fahrzeugen erzielt.

20

Fig. 1

## **Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung von Kraftschlusscharakteristiken**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur  
5 Bestimmung von Kraftschlusscharakteristiken bei Fahrzeugen,  
insbesondere bei Schienenfahrzeugen, wofür zumindest  
Informationen zumindest eines ersten Fahrzeugs eingesetzt  
werden.

- 10 Kraftschlusscharakteristiken von Fahrzeugen betreffen eine  
Übertragung von Kräften zwischen Rädern und Fahrbahnen bzw.  
zwischen Rädern und Schienen bei Schienenfahrzeugen.  
Im Kontakt zwischen Rädern und Schienen wird ein  
Kraftschlussbeiwert angesetzt, welcher von einer sich im  
15 Kontakt bildenden Zwischenschicht, Geschwindigkeiten,  
Beladungszuständen sowie von Umgebungsbedingungen, d.h. z.B.  
von Temperaturen, einer Feuchtigkeit bzw. Fluiden, Partikeln  
oder sonstigen Fremdkörpern etc. abhängt.  
Der Kraftschlussbeiwert bestimmt, in welchem Ausmaß Kräfte im  
20 Rad-Schiene-Kontakt übertragen werden können. Ein Produkt aus  
einer Radaufstandskraft und dem Kraftschlussbeiwert muss  
größer oder gleich einer Tangentialkraft im Rad-Schiene-  
Kontakt sein, um ein Gleiten zwischen dem Rad und der Schiene  
auszuschließen.  
25 Weiterhin sind für eine Kraftübertragung zwischen Rad und  
Schiene auch Schlüpfе, d.h. Geschwindigkeitsabweichungen  
zwischen zueinander in Reibkontakt angeordneten, tangential  
belasteten Körpern, in Längs- und Querrichtung des Rads bzw.  
der Schiene, entscheidend.  
30 Eine schlechte Kraftübertragung zwischen Rad und Schiene kann  
beispielsweise zu verlängerten Bremswegen des Fahrzeugs und  
zu Beschädigungen bzw. Verschleiß an Rad und Schiene führen.

Eine genaue Einschätzung eines Kraftschluss-Schlupf-  
35 Verhaltens ist bei niedrigen Kraftschlussbeiwerten zwischen  
Rad und Schiene insbesondere bei Schienenfahrzeugen wichtig:  
Einerseits ist eine Einhaltung von Bremswegen sicherzustellen

und andererseits müssen Beschädigungen bzw. Verschleiß an Rad und Schiene vermieden bzw. möglichst gering gehalten werden.

K. Six, A. Meierhofer, G. Müller und P. Dietmaier offenbaren  
5 in "Physical processes in wheel-rail contact and its  
implications on vehicle-track interaction", Vehicle System  
Dynamics, International Journal of Vehicle Mechanics and  
Mobility, DOI: 10.1080/00423114.2014.983675, 2014 ein  
10 Extended-Creep-Force-Modell (ECF-Modell) zur Beschreibung und  
Vorhersage von Reibungs- bzw. Kraftschlusseigenschaften  
zwischen Rad und Schiene auf Grundlage verschiedener  
Einflussfaktoren.

Das ECF-Modell ist in ein aus dem Stand der Technik bekanntes  
Mehrkörperdynamik-Softwareprodukt implementiert und es werden  
15 damit in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren (z.B.  
Fahrgeschwindigkeit, Beladung, Geometrie des Kontakts  
zwischen Rad und Schiene, Flüssigkeiten und/oder Partikel  
zwischen Rad und Schiene) Kraftschlüsse bzw.  
Kraftschlussbeiwerte bestimmt. Weiterhin sind auch ein Fluid-  
20 Modell zur Bestimmung von Drücken aufgrund von Flüssigkeiten  
im Kontakt, ein werkstoffabhängiges, druck- und  
temperaturabhängiges, Modell einer elastisch-plastischen  
Zwischenschicht zwischen Rad und Schiene (Bürstenmodell auf  
Grundlage serieller Steifigkeiten) sowie ein Temperaturmodell  
25 zur Ermittlung von Kontakttemperaturen zwischen Rad und  
Schiene in das ECF-Modell implementiert.

Drücke in dem Modell für die Zwischenschicht werden  
beispielsweise nach einer Theorie von Hertz bestimmt, die  
Kontakttemperaturen werden iterativ bestimmt.  
30 Die implementierten Modelle beeinflussen einander und können  
auch mit weiteren Modellen, beispielweise mit Antriebs- und  
Bremsmodellen für Fahrzeuge (z.B. für Lokomotiven) verknüpft  
werden.

35 C. P. Ward, R. M. Goodall und R. Dixon beschreiben in  
„Contact Force Estimation in the Railway Vehicle Wheel-Rail  
Interface“, Preprints of the 18<sup>th</sup> IFAC World Congress Milano

(Italy), 2011 ein Verfahren zur Schätzung von Kontaktkräften zwischen Rad und Schiene in Echtzeit. Es sind ein nichtlineares Kontaktmodell auf Grundlage eines Wagenkastens und von Fahrwerken eines Schienenfahrzeugs, wobei ein dynamisches Verhalten des Schienenfahrzeugs in Quer- und in Gierrichtung modelliert ist, sowie ein Kalman-Bucy-Filter offenbart.

Mittels des Kontaktmodells kann Verschleiß an Rädern geschätzt werden.

10

Weiterhin offenbaren O. Polach in "Creep forces in simulations of traction vehicles running on adhesion limit", Wear 258 (2005), 992-1000 und G. Trummer, L. Buckley-Johnstone, P. Voltr, A. Meierhofer, R. Lewis, K. Six in "Wheel-rail creep force model for predicting water induced low adhesion phenomena", Tribology International 109 (2017), 409-415 Kraftschlussmodelle.

15

Weiterhin zeigt die DE 100 17 613 A1 ein Verfahren zur Einschätzung eines Kraftschlussverhaltens. Es wird eine Steigung einer Kraftschlussfunktion in Abhängigkeit eines Längsschlupfes zwischen Rad und Unterlage geschätzt. Es werden Modelle zur mathematischen Beschreibung eines Antriebsstrangs sowie eines Kontakts zwischen Rad und Unterlage eingesetzt. Aus einem Differentialgleichungssystem wird die Steigung der Kraftschlussfunktion bestimmt.

20

25

Darüber hinaus ist in der EP 2 918 459 A1 ein Verfahren beschrieben, mit dem ein Haftungskoeffizient zwischen Rad und Schiene während Brems- oder Antriebsvorgängen zumindest eines Radsatzes eines Schienenfahrzeugs bestimmt wird. Für das Verfahren können beispielsweise eine Radlast, ein Radius des Rads und eine Bremskraft berücksichtigt werden.

30

35

Ferner zeigt die DE 10 2014 201 729 A1 ein Schienenfahrzeug mit einer Sensoreinheit, mittels derer zumindest eine Fahrdynamik-Kenngröße erfasst wird. Mittels einer

Auswerteeinheit wird auf Grundlage dieser Fahrdynamik-Kenngröße eine Verschleißkenngröße bestimmt, welche beispielsweise eine Abnutzung eines Gleises angibt.

5 Weiterhin ist die EP 0 826 548 A1 bekannt, in der ein kraftschlussabhängiges Regelungsverfahren für ein Schienenfahrzeug offenbart ist. In Abhängigkeit von einer Steigung einer Kraftschlusskennlinie werden  
10 Regelungsmaßnahmen zur fahrtechnischen Stabilisierung des Schienenfahrzeugs umgesetzt, vorzugsweise unter Einsatz einer Drehzahlregelung.

Darüber hinaus beschreibt die EP 0 195 249 A2 ein Verfahren, mit dem beispielsweise ein Gleiten von Fahrzeugen  
15 festgestellt werden kann. Einem Betriebsmoment eines elektrischen Motors wird ein Wechselmoment überlagert und eine Systemantwort auf dieses Wechselmoment mittels einer Korrelationsrechnung ausgewertet. Damit wird festgestellt, ob ein Gleitzustand des Fahrzeugs vorliegt.

20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren anzugeben.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst mit einem Verfahren  
25 der eingangs genannten Art, bei dem zeitabhängige Kraftschluss-Schlupfkennlinien gebildet werden, bei dem aus den Kraftschluss-Schlupfkennlinien Sollschlüpfe ermittelt werden, und bei dem mittels der Sollschlüpfe Fahrzeugbewegungen  
30 beeinflusst werden.

Durch eine Bildung von zeitabhängigen Kraftschluss-Schlupfkennlinien, d.h. eine Berücksichtigung von aktuellem und vergangenem Kraftschlussverhalten, werden umfassende und somit genaue Informationen über eine Übertragung von Kräften  
35 zwischen Rädern von Fahrzeugen und Unterlagen, z.B. zwischen Rädern von Schienenfahrzeugen und Schienen, erzeugt. Diese Informationen sind eine vorteilhafte Grundlage für eine

sollschlupf-basierte Regelung von Antrieben und Bremsen und für eine Verschleiß- und Schädigungsprognose von Rädern und Unterlagen, z.B. Schienen.

Verschleiß und Schäden an Fahrzeugen und Infrastruktur können damit reduziert und Wartungs- bzw. Instandhaltungsvorgänge vereinfacht werden.

Die verbesserte, sollschlupf-basierte Regelung von Antrieben und Bremsen bewirkt ein verbessertes Beschleunigungs- und Verzögerungsvermögen des Fahrzeugs bei schlechten Kraftschlussbedingungen (z.B. feuchte Schiene). Dadurch werden Energieverbräuche und Fahrzeiten gesenkt, Sicherheiten durch eine Reduktion von Bremswegen erhöht sowie Fahrplanstabilitäten verbessert. Bei Lokomotiven ist eine Erhöhung von Anhängelasten möglich bzw. kann eine bestimmte Anzahl an angetriebenen Radsätzen durch Radsätze ohne Antriebe ersetzt werden.

Eine vorteilhafte Lösung wird erzielt, wenn die Kraftschluss-Schlupfkennlinien unter Einsatz eines Kraftschlussmodells gebildet werden.

Durch diese Maßnahme können Informationen über verschiedene Abhängigkeiten der Kraftschluss-Schlupfkennlinien (z.B. eine Abhängigkeit von einer Fahrzeuggeschwindigkeit) gebildet werden. Weiterhin können dadurch Kraftschlussbeiwerte für einen großen Schlupfbereich ermittelt werden.

Es ist günstig, wenn die Kraftschluss-Schlupfkennlinien unter Einsatz von Umweltinformationen gebildet werden. Durch diese Maßnahme wird eine besonders realitätsgetreue und genaue Ermittlung von Kraftschlussbeiwerten erzielt.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung erhält man, wenn aus den Kraftschluss-Schlupfkennlinien zumindest eine thematische Karte gebildet wird. Durch diese Maßnahme wird eine zeit- und ortsabhängige Übersicht über auftretende Kraftschlüsse erzielt. Die thematische Karte kann ähnlich einer Bremstafel in digitaler

Form vorliegen und es können daraus Kraftschluss-  
Schlupfkennlinien für verschiedene Strecken und verschiedene  
Streckenabschnitte zu verschiedenen Zeiten (z.B. Tageszeiten)  
und verschiedene Benetzungszustände der Unterlage, z.B. der  
5 Schiene (z.B. trocken, feucht etc.) ausgelesen werden.  
Auslesevorgänge können beispielsweise mittels Recheneinheiten  
in Fahrzeugen erfolgen.

Es ist günstig, wenn die Kraftschluss-Schlupfkennlinien unter  
10 Einsatz von Informationen über Querschleunigungen des  
zumindest ersten Fahrzeugs gebildet werden.

Durch diese Maßnahme können Kraftschluss-Schlupfkennlinien  
auch dann ermittelt werden, wenn keine entsprechenden  
Informationen aus Antrieben oder Bremsen verfügbar sind  
15 (beispielsweise bei nicht angetriebenen Fahrwerken bzw.  
Radsätzen).

Fehler bei der Bildung der Kraftschluss-Schlupfkennlinien  
aufgrund von Einflüssen, welche nicht von Reibungsbedingungen  
zwischen dem Rad und der Unterlage stammen, werden durch eine  
20 Verortung auf einen Strecken- bzw. Gleisabschnitt reduziert.

Eine vorteilhafte Lösung wird erzielt, wenn die Sollschlüpfe  
unter Einsatz von Antriebs- und Bremsmodellen gebildet  
werden.

25 Aufgrund der Antriebs- und Bremsmodelle bzw. Simulationen und  
Rechenergebnissen aus diesen Modellen kann ein Auftreten von  
Schwingungen den Kraftschluss-Schlupfkennlinien zugeordnet  
werden. Es werden durch eine gezielte Einstellung von  
Sollschlüpfen in Kraftschluss-Schlupfbereichen, in denen  
30 keine Schwingungen zu erwarten sind, eine Reduktion von  
Antriebsstrangschwingungen und somit eine Entlastung  
mechanischer Antriebskomponenten des Fahrzeugs, eine  
Steigerung von Zug- und Bremskräften sowie eine  
Fahrkomfortverbesserung erzielt.

35

Es ist günstig, wenn die Sollschlüpfe unter Einsatz von  
Schädigungsmodellen gebildet werden.

Durch diese Maßnahme können Sollschlüpfen in einer Weise eingestellt werden, so dass Schäden an Antriebs- und Bremskomponenten vermieden werden.

5 Eine vorteilhafte Ausgestaltung erhält man, wenn Informationen bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien von dem zumindest ersten Fahrzeug zumindest an ein zweites Fahrzeug übertragen werden.

Durch diese Maßnahme können in dem ersten Fahrzeug gebildete  
10 Kraftschluss-Schlupfkennlinien auch in dem zweiten Fahrzeug, wobei es sich um ein einzelnes Fahrzeug oder beispielsweise um einen Zugteil in einem Zugverband (z.B. in einem Triebzug) handeln kann, ausgewertet werden. Erfolgt auch in dem zweiten Fahrzeug eine Bildung von Kraftschluss-Schlupfkennlinien, so  
15 erweitern sich in dem zweiten Fahrzeug verfügbare Kraftschluss-Informationen und es erfolgt eine weitere Genauigkeitssteigerung bei der Ermittlung von Sollschlüpfen.

Eine vorteilhafte Lösung wird erzielt, wenn Informationen  
20 bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien von dem zumindest ersten Fahrzeug zumindest an eine erste Infrastruktureinrichtung übertragen werden.

Dadurch können die Informationen über Kraftschluss-Schlupfkennlinien zentral gespeichert sowie ausgewertet und  
25 bzw. oder an andere auswertende Einheiten weiterverteilt werden.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

30 Es zeigen beispielhaft:

Fig. 1: Ein Flussdiagramm einer beispielhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

35 Fig. 2: Ein Diagramm einer beispielhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer ersten

Kraftschluss-Schlupfkennlinie und einer zweiten Kraftschluss-Schlupfkennlinie,

5 Fig. 3: Eine schematische Darstellung eines beispielhaften Antriebs- und Bremssystems, dessen Modell zur Ermittlung von Sollschlüpfen eingesetzt wird, und

10 Fig. 4 Eine schematische Darstellung eines ersten Streckenabschnitts mit einem ersten Fahrzeug, eines zweiten Streckenabschnitts mit einem zweiten Fahrzeug sowie einer ersten Infrastruktureinrichtung und einer zweiten Infrastruktureinrichtung.

Fig. 1 zeigt ein erstes Flussdiagramm einer beispielhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bildung von Kraftschluss-Schlupfkennlinien und zur Ermittlung von Sollschlüpfen in einem als Schienenfahrzeug ausgebildeten Fahrzeug mit elektrischem Antrieb und pneumatischer Bremse. Erfindungsgemäß ist es auch denkbar, dass das Schienenfahrzeug beispielsweise einen mechanischen Antrieb aufweist.

Als Bremsausrüstung ist beispielsweise auch ein hydraulisches System vorstellbar.

Das Schienenfahrzeug weist Wagenkästen und Fahrwerke auf, wobei die Fahrwerke jeweils zwei Radsätze mit jeweils zwei Rädern umfassen.

Es werden Motormomente und Motordrehzahlen des elektrischen Antriebs mittels entsprechender Sensoren gemessen, die Motormomente mittels eines Drehmomentensensors 5 und die Motordrehzahlen mittels eines Drehzahlsensors 6. Weiterhin erfolgen mittels eines Wegimpulsgebers 7 an einem Radsatz Messungen einer Fahrzeuggeschwindigkeit. Sekundärfedern des Schienenfahrzeugs sind als Luftfedern ausgebildet. Über Messungen von Luftfederdrücken mittels eines entsprechenden Drucksensors 8 werden Fahrzeugmassen bestimmt.

Die Motordrehzahlen und die Fahrzeuggeschwindigkeiten stellen kinematische Informationen des Schienenfahrzeugs dar, die Fahrzeuggeschwindigkeiten Geschwindigkeitsinformationen des Schienenfahrzeugs, die Motormomente, welche während Antriebs- und Bremsvorgängen des Schienenfahrzeugs erfasst werden, Antriebsinformationen und Bremsinformationen.

Die kinematischen Informationen, Informationen bezüglich der Motormomente und der Fahrzeugmasse werden an einen aus dem Stand der Technik bekannten, referenzgeregelten Synthetisierer 9 übertragen, wodurch sich über eine Zeit vergrößernde Fehler (beispielsweise aufgrund von Trägheitseffekten des Antriebs oder einer Bremse) bei der Bildung der Kraftschluss-Schlupfkennlinien vermieden werden.

Als Kraftschlussmodell wird das von K. Six et al. offenbarte ECF-Modell angewendet.

Erfindungsgemäß ist es auch denkbar, ein anderes aus dem  
5 Stand der Technik bekanntes Kraftschlussmodell (z.B. Kraftschlussmodelle nach O. Polach oder G. Trummer et al.) einzusetzen.

Mittels des Kraftschlussmodells werden laufend, d.h. während  
10 Fahrten des Schienenfahrzeugs auf Strecken, aus den kinematischen Informationen, den Motormomenten sowie den Fahrzeugmassen Kraftschlüsse bzw. Kraftschlussbeiwerte zwischen Rad und Schiene sowie damit in Zusammenhang stehende Schlüpfte gebildet, d.h. Kraftschlusscharakteristiken  
15 (Kraftschluss als Funktion von Schlupf) erzeugt, und gespeichert.

Dabei werden zunächst Reibkräfte bzw. Kraftschlussbeiwerte zwischen Rad und Schiene aus den genannten kinematischen Informationen bzw. Geschwindigkeitsinformationen sowie den  
20 Antriebsinformationen und Bremsinformationen bzw. aus der Fahrzeuggeschwindigkeit, einer Radumfanggeschwindigkeit, einer Antriebs- bzw. Bremskraft und einer Radaufstandskraft gebildet.

25 Aus den Reibkräften bzw. Kraftschlussbeiwerten werden Arbeitspunkte gebildet und mittels eines Optimierungsalgorithmus auf Grundlage einer Ausgleichsrechnung Kraftschluss-Modellparameter des ECF-Modells an die Arbeitspunkte angepasst.

30 Dadurch werden Informationen über alle Arbeitspunkte hinweg, d.h. über einen gesamten Arbeitsbereich (Schlupfbereich) erzeugt.

Erfindungsgemäß kann nicht nur die Kraftschlusscharakteristik  
35 über den Schlupf ermittelt werden, sondern es können auch Informationen über Abhängigkeiten der Kraftschlusscharakteristik von der Fahrzeuggeschwindigkeit,

einer Radlast, einer Kontaktgeometrie zwischen Rad und Schiene usw. gebildet werden.

Bei der Anpassung der Kraftschluss-Modellparameter an die Arbeitspunkte können entweder nur die aktuell beobachteten  
5 Arbeitspunkte berücksichtigt werden oder auch gewichtete Werte zu Arbeitspunkten aus der Vergangenheit mit einbezogen werden.

Werden nur aktuelle Werte eingesetzt, verändert sich die Kraftschlusscharakteristik in Abhängigkeit von im Kontakt  
10 zwischen Rad und Schiene vorliegenden Reibungsverhältnissen eher schnell.

Werden Werte aus der Vergangenheit mit einbezogen, verändert sich die Kraftschlusscharakteristik eher langsam.  
Weiterhin können Arbeitspunkte für kleine Schlüpfen im  
15 Vergleich zu Arbeitspunkten für große Schlüpfen unterschiedlich gewichtet werden. Dadurch wird eine hohe Robustheit des erfindungsgemäßen Verfahrens erzielt.

Weiterhin werden in die Bildung der Kraftschluss-  
20 Schlupfkennlinien auch Umweltinformationen eingesetzt, beispielsweise Außen- bzw. Umgebungstemperaturen, Regenmengen, Vegetation etc.

Auf Grundlage von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessungen und aus dem Stand der Technik bekannter thermodynamischer  
25 Zusammenhänge werden Kondensatmengen auf einer Schiene, d.h. eine Feuchtigkeit der Schiene abgeschätzt und damit die Bildung der Kraftschluss-Schlupfkennlinien beeinflusst.

Es werden laufend Querbeschleunigungen des Schienenfahrzeugs  
30 mittels eines an einem Fahrwerksrahmen angeordneten Beschleunigungssensors 10 gemessen und gespeichert.  
Erfindungsgemäß ist es auch vorstellbar, auf eine Messung von Querbeschleunigungen zu verzichten und Kraftschlusscharakteristiken allein auf Grundlage eines  
35 Kraftschlussmodells (z.B. des ECF-Modells) zu bilden.

Werden Querbeschleunigungen gemessen, so wird auf Grundlage von entsprechenden Messergebnissen ein mathematischer Zusammenhang gebildet, in dem steigende Querbeschleunigungen zu steigenden Kraftschlüssen führen. Daraus werden

5 Kraftschlüsse bzw. Kraftschlussbeiwerte insbesondere dann bestimmt, wenn keine Information aus dem Antrieb und der Bremse verfügbar sind (beispielsweise dann, wenn die Kraftschluss-Schlupfkennlinien für Radsätze, welche keinen Antrieb und keine Bremse aufweisen, bestimmt werden).

10 Fahrten des Schienenfahrzeugs über gleiche Strecken werden hinsichtlich der erfassten Querbeschleunigungen laufend miteinander verglichen. Dazu werden je Streckenabschnitt Standardabweichungen der Querbeschleunigungen gebildet und

15 gespeichert. Sich innerhalb eines definierten Zeitraums für einen bestimmten Streckenabschnitt ändernde Standardabweichungen weisen auf geänderte Kraftschlussbedingungen zwischen Rad und Schiene hin.

20 Zur Kalibrierung des Zusammenhangs zwischen Querbeschleunigungen und Kraftschlüssen können Ergebnisse aus der Bildung der Kraftschlusscharakteristiken auf Grundlage der kinematischen Informationen sowie der

25 Antriebsinformationen und Bremsinformationen, der Anpassung der ECF-Modellparameter an die Arbeitspunkte etc. eingesetzt werden.

Durchgeführte Instandhaltungsvorgänge auf den Strecken, z.B. ein Schleifen von Gleisen, können zu einem geänderten

30 Querbeschleunigungsverhalten des Schienenfahrzeugs führen. Der laufende Vergleich von Querbeschleunigungen muss daher in einem derartigen Fall neu gestartet werden, d.h. es ist eine Neukalibrierung erforderlich.

Weiterhin bewirkt ein Stopfvorgang an einem Gleis eine

35 geänderte Quer- und Vertikaldynamik des Schienenfahrzeugs. Der Stopfvorgang kann somit beispielsweise anhand von gemessenen Achslager-Vertikalbeschleunigungen detektiert

werden. Auf dieser Grundlage kann die Neukalibrierung des oben genannten Zusammenhangs zwischen Querbesehleunigungen und Kraftschlüssen durchgeföhrt werden.

- 5 Mittels der kinematischen Informationen, der Antriebsinformationen und Bremsinformationen, der Anpassung der ECF-Modellparameter an die Arbeitspunkte etc. bestimmte Kraftschlussbeiwerte werden mit den berechneten Standardabweichungen aus den Querbesehleunigungen korreliert.
- 10 Kraftschlussänderungen auf einem bestimmten Streckenabschnitt, welche sich nicht mit einer entsprechenden Änderung der berechneten Standardabweichung in Verbindung bringen lassen, werden als Fehler erkannt und verworfen.
- 15 Aus den gespeicherten Kraftschlüssen bzw. Kraftschlussbeiwerten und Schlüpfen werden zeit- und ortsabhängige Kraftschluss-Schlüpfkennlinien gebildet, d.h. zeit- und ortsabhängige Zusammenhänge zwischen Kraftschlüssen und Schlüpfen bzw. zeit- und ortsabhängige Kraftschluss-
- 20 Schlüpffunktionen. Einem Streckenabschnitt und einer bestimmten Jahreszeit, welche mit bestimmten Witterungsbedingungen verbunden ist, ist beispielsweise eine erste Kraftschluss-Schlüpfkennlinie 11 zugeordnet. Eine zweite Kraftschluss-Schlüpfkennlinie 12 gilt beispielsweise
- 25 für denselben Streckenabschnitt zu einer anderen Jahreszeit. Den Kraftschluss-Schlüpfkennlinien werden mittels einer Zeitaufzeichnung entsprechende Zeitangaben zugeordnet, mittels einer Ortserfassung aus Ortungssignalen eines als aus dem Stand der Technik bekannten Global Positioning System
- 30 (GPS) ausgeführten Fahrzeugortungssystems 13 des Fahrzeugs entsprechende Ortsangaben (bzw. Angaben bezüglich Streckenabschnitten oder Strecken).
- Erfindungsgemäß ist es auch denkbar, dass die Ortungssignale des Fahrzeugortungssystems 13 auch zur Bestimmung der
- 35 Fahrzeuggeschwindigkeiten bzw. zur Genauigkeitssteigerung der von dem Wegimpulsgeber 7 gemessenen Fahrzeuggeschwindigkeiten eingesetzt werden.

Aus den ermittelten Kraftschluss-Schlupfkennlinien werden in Echtzeit Sollschlüpfe ermittelt, welche ein Anfahren und Bremsen des Schienenfahrzeugs auf einem möglichst geringen Schlupf-Niveau ermöglichen. Zunächst wird ein in Fig. 2 beispielhaft gezeigter Abszissenwert eines berechneten Maximums einer Kraftschluss-Schlupffunktion bestimmt. Unter Einsatz eines Antriebs- und Bremsmodells eines in Fig. 3 gezeigten Antriebs- und Bremssystems und eines thermischen Schädigungsmodells betreffend Rad-Schiene-Kontakte werden Sollschlüpfe in einer Weise eingestellt (d.h. z.B. begrenzt), um übermäßigen Verschleiß und Schäden an Antrieb, Rädern und Schienen zu vermeiden.

D.h. der Abszissenwert des berechneten Maximums der Kraftschluss-Schlupffunktion wird nicht als Sollschlupf ausgewählt, sondern ein mittels des Antriebs- und Bremsmodells und des thermischen Schädigungsmodells eingestellter, d.h. optimierter Schlupf, mittels dessen einerseits übermäßiger Verschleiß und Schäden vermieden und andererseits eine möglichst gute Kraftübertragung zwischen Rad und Schiene ermöglicht werden.

Die ermittelten Kraftschluss-Schlupffunktionen werden in das Schädigungsmodell eingesetzt und es werden mittels des Schädigungsmodells Temperaturen zwischen Rädern und Schiene in Abhängigkeit von Kraftschlüssen und Schlüpfen ermittelt. Sollschlüpfe werden in einer Weise begrenzt, dass Austenitisierungstemperaturen der Räder und bzw. oder der Schiene nicht überschritten werden.

Erfindungsgemäß ist es auch denkbar, andere bzw. weitere Schädigungsmodelle einzusetzen, beispielsweise Rollkontaktermüdungsmodelle oder Verschleißmodelle, die auch als Schädigungsmodelle angesehen werden.

Die kinematischen Informationen, Informationen bezüglich der Motormomente, der Fahrzeugmassen etc. werden in einer Recheneinheit 14, welche in einem Wagenkasten des

Schienenfahrzeugs angeordnet ist, zu den Kraftschluss-Schlupfkennlinien verarbeitet. Das ECF-Modell, das Antriebs- und Bremsmodell und das Schädigungsmodell sind in dieser Recheneinheit 14 implementiert.

5 Erfindungsgemäß ist es auch vorstellbar, dass die Recheneinheit 14 in einer Infrastruktureinrichtung angeordnet ist und Daten bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien von dort in das Schienenfahrzeug übertragen werden.

10 Die Sollschlüpfe werden zur Beeinflussung von Fahrzeugbewegungen bzw. zur Traktionskontrolle an einen aus dem Stand der Technik bekannten Antriebs- und Bremsregler 15 übertragen, welcher Motordrehzahlen und Bremskräfte in einer Weise regelt, dass die berechneten Sollschlüpfe eingehalten  
15 werden.

Der Drehmomentensensor 5, der Drehzahlsensor 6, der Wegimpulsgeber 7, der Drucksensor 8, der Beschleunigungssensor 10, das Fahrzeugortungssystem 13, die  
20 Recheneinheit 14 sowie der Antriebs- und Bremsregler 15 sind Mittel zur Bildung der Kraftschluss-Schlupfkennlinien, zur Ermittlung der Sollschlüpfe sowie zur Beeinflussung der Fahrzeugbewegungen.

25 Fig. 2 zeigt ein Diagramm einer beispielhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer ersten Kraftschluss-Schlupfkennlinie 11 und einer zweiten Kraftschluss-Schlupfkennlinie 12 als Kraftschlusscharakteristik. Auf der zweiten Kraftschluss-  
30 Schlupfkennlinie 12 ist ein Sollschlupfwert 16 markiert, der mittels des in Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen Verfahrens bestimmt wurde.

Auf einer Abszisse des Diagramms sind Schlüpfе aufgetragen, auf einer Ordinate Kraftschlussbeiwerte.

35 Die erste Kraftschluss-Schlupfkennlinie 11 gibt eine erste Kraftschluss-Schlupffunktion zu einem ersten Zeitpunkt an, die

zweite Kraftschluss-Schlupfkennlinie 12 eine zweite Kraftschluss-Schlupffunktion zu einem zweiten Zeitpunkt. Die erste Kraftschluss-Schlupfkennlinie 11 und die zweite Kraftschluss-Schlupfkennlinie 12 beziehen sich auf einen  
5 Streckenabschnitt eines Streckennetzes für Schienenfahrzeuge.

Erfindungsgemäß ist es selbstverständlich möglich, dass mehr Kraftschluss-Schlupfkennlinien als die erste Kraftschluss-Schlupfkennlinie 11 und die zweite Kraftschluss-Schlupfkennlinie 12 aufgezeichnet werden. Dabei können sich  
10 die Kraftschluss-Schlupfkennlinien auf unterschiedliche Zeitpunkte bzw. Zeiträume (z.B. Jahreszeiten) sowie unterschiedliche Orte bzw. Streckenabschnitte oder Strecken beziehen.  
15 Weiterhin ist es auch möglich, die Kraftschluss-Schlupfkennlinien in Abhängigkeit von Fahrzeuggeschwindigkeiten, Fahrzeugmassen etc. anzugeben.

Aus den zeit- und ortsabhängigen Kraftschluss-Schlupfkennlinien wird eine digitale thematische Karte erzeugt, welche Zusammenhänge zwischen Kraftschlüssen und Schlüpfen sowie den Kraftschluss-Schlupfkennlinien zugeordnete Sollschlüpfe für unterschiedliche Zeitpunkte bzw. Zeiträume (z.B. Jahreszeiten) sowie unterschiedliche Orte  
20 bzw. Streckenabschnitte oder Strecken angibt. Diese Karte ist in Recheneinheiten 14 von Schienenfahrzeugen implementiert und Daten daraus werden an Antriebs- und Bremsregler 15 der Schienenfahrzeuge übertragen. Die Antriebs- und Bremsregler 15 regeln auf Grundlage der Kraftschluss-Schlupfkennlinien  
25 Motordrehzahlen und Bremskräfte in einer Weise, dass die zugeordneten Sollschlüpfe eingehalten werden.  
Erfindungsgemäß ist es darüber hinaus auch denkbar, die Karte für Verschleiß- und Schädigungsberechnungen von Rädern und Schienen einzusetzen.

35 In Fig. 3 ist ein beispielhaftes Antriebs- und Bremssystem schematisch dargestellt, in dessen Antriebs- und Bremsmodell

in Zusammenhang mit Fig. 1 gezeigte Kraftschluss-  
Schlupffunktionen berücksichtigt werden, um Sollschlüpfe für  
einen Antriebs- und Bremsregler 15 eines Schienenfahrzeugs  
rechnerisch einzustellen, d.h. beispielsweise zu begrenzen.

5 Das Antriebs- und Bremsmodell weist ein elektrisches  
Teilmodell und ein mechanisches Teilmodell auf.  
Das elektrische Teilmodell umfasst eine Regelstrecke in  
Reihenstruktur mit einem PI-Regler 17, einem PT2-Glied 18 und  
ein Schnittstellenelement für das mechanische Teilmodell.

10 Das mechanische Teilmodell bildet einen Antriebsstrang mit  
einem Elektromotor 19, einer Antriebswelle 20, einem Getriebe  
21 mit einem Antriebszahnrad 22 und einem Abtriebszahnrad 23,  
einer Radsatzwelle 24 mit einem ersten Wellenabschnitt 25 und  
einem zweiten Wellenabschnitt 26 sowie einem ersten Rad 27

15 und einem zweiten Rad 28 ab. Die Antriebswelle 20 ist als  
erste Feder-Dämpfereinheit 29 modelliert, der erste  
Wellenabschnitt 25 als zweite Feder-Dämpfereinheit 30 und der  
zweite Wellenabschnitt 26 als dritte Feder-Dämpfereinheit 31.

20 Das Antriebs- und Bremsmodell beschreibt mechanische,  
elektrische und regelungstechnische Eigenschaften des  
Antriebsstrangs und es wird damit ein Schwingverhalten des  
Antriebsstrangs während Antriebs- und Bremsvorgängen des  
Schienenfahrzeugs ermittelt. Zusammen mit den Kraftschluss-  
25 Schlupffunktionen werden mittels des Antriebs- und  
Bremsmodells stabile Schlupf-Bereiche ermittelt, für welche  
aufgrund hoher Eigendämpfung keine Schwingungen zu erwarten  
sind. Aus diesen stabilen Schlupf-Bereichen werden  
Sollschlüpfe gewählt und an einen Antriebs- und Bremsregler  
30 15 des Schienenfahrzeugs zur Motordrehzahl- und  
Bremskraftregelung übertragen.

Fig. 4 offenbart eine schematische Darstellung eines ersten  
Streckenabschnitts 32 mit einem ersten Fahrzeug 1, eines  
35 zweiten Streckenabschnitts 33 mit einem zweiten Fahrzeug 2  
sowie einer ersten Infrastruktureinrichtung 3 und einer  
zweiten Infrastruktureinrichtung 4.

Das erste Fahrzeug 1 und das zweite Fahrzeug 2 sind als Schienenfahrzeuge, die erste Infrastruktureinrichtung 3 und die zweite Infrastruktureinrichtung 4 als Betriebszentralen zur Betriebsführung, Steuerung von Stellwerken, Überwachung von Strecken und sonstiger Infrastruktur etc. ausgeführt.  
5 Erfindungsgemäß ist es jedoch auch denkbar, die erste Infrastruktureinrichtung 3 und die zweite Infrastruktureinrichtung 4 als Stellwerke auszubilden. In dem ersten Fahrzeug 1 und dem zweiten Fahrzeug 2 werden,  
10 wie in Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben, mittels Sensoren, einer Recheneinheit 14 und entsprechender Leitungswege Kraftschluss-Schlupfkennlinien gebildet und mittels Antriebs- und Bremsreglern 15 Motordrehzahlen sowie Bremskräfte entsprechend dieser Kennlinien geregelt.  
15 Von dem ersten Fahrzeug 1 werden mittels des aus dem Stand der Technik bekannten Global System for Mobile Communication-Railway (GSM-R) und mittels eines ersten Signals 34 Daten bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien an das zweite Fahrzeug 2 übertragen, wodurch sich ein Informationsumfang  
20 bezüglich der Kraftschluss-Kennlinien für die Motordrehzahl- und Bremskraftregelung in dem zweiten Fahrzeug 2 vergrößert. Die Motordrehzahl- und Bremskraftregelung des zweiten Fahrzeugs 2 ist daher besonders genau. Ebenso werden von dem zweiten Fahrzeug 2 mittels eines  
25 zweiten Signals 35 Daten bezüglich in dem zweiten Fahrzeug 2 gebildeter Kraftschluss-Schlupfkennlinien an das erste Fahrzeug 1 übertragen.

Weiterhin werden mittels eines dritten Signals 36 Daten  
30 bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien von dem ersten Fahrzeug 1 an die erste Infrastruktureinrichtung 3 und mittels eines vierten Signals 37 Daten von der ersten Infrastruktureinrichtung 3 an die zweite Infrastruktureinrichtung 4 übertragen.  
35 In der ersten Infrastruktureinrichtung 3 und der zweiten Infrastruktureinrichtung 4 werden die Kraftschluss-Schlupfkennlinien aggregiert, d.h. zeitlich sowie örtlich

zusammengeführt und an Empfänger (beispielsweise weitere  
Infrastruktureinrichtungen und bzw. oder mittels eines  
fünften Signals 38 an das zweite Fahrzeug 2 bzw. weitere  
Fahrzeuge) als Daten mittels GSM-R übertragen.

5 Die Empfänger können somit Kraftschluss-Schlupfkennlinien  
verschiedener Zeiten (z.B. Tages- und bzw. oder Jahreszeiten  
etc.) und Orte (d.h. des ersten Streckenabschnitts 32, des  
zweiten Streckenabschnitts 33 und bzw. oder weiterer  
Streckenabschnitte) verarbeiten und auf Grundlage dieser  
10 Kraftschluss-Schlupfkennlinien beispielsweise Antriebe und  
Bremsen regeln oder Verschleiß- und Schädigungsberechnungen  
durchführen.

Bei einer Datenübertragung mittels GSM-R handelt es sich um  
15 eine günstige Lösung.

Erfindungsgemäß ist es jedoch auch vorstellbar, die Daten  
bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien mittels  
Kabelleitungen und Balisen etc. zu übertragen.

20 Das erste Fahrzeug 1 und das zweite Fahrzeug 2 sowie die  
erste Infrastruktureinrichtung 3 und die zweite  
Infrastruktureinrichtung 4 weisen für die Datenübertragung  
geeignete Sende- und Empfangseinheiten (beispielsweise  
Antennen) auf.

25

## Liste der Bezeichnungen

	1	Erstes Fahrzeug
	2	Zweites Fahrzeug
5	3	Erste Infrastruktureinrichtung
	4	Zweite Infrastruktureinrichtung
	5	Drehmomentensensor
	6	Drehzahlsensor
	7	Wegimpulsgeber
10	8	Drucksensor
	9	Referenzgeregelter Synthetisierer
	10	Beschleunigungssensor
	11	Erste Kraftschluss-Schlupfkennlinie
	12	Zweite Kraftschluss-Schlupfkennlinie
15	13	Fahrzeugortungssystem
	14	Recheneinheit
	15	Antriebs- und Bremsregler
	16	Sollschlupfwert
	17	PI-Regler
20	18	PT2-Glied
	19	Elektromotor
	20	Antriebswelle
	21	Getriebe
	22	Antriebszahnrad
25	23	Abtriebszahnrad
	24	Radsatzwelle
	25	Erster Wellenabschnitt
	26	Zweiter Wellenabschnitt
	27	Erstes Rad
30	28	Zweites Rad
	29	Erste Feder-Dämpfereinheit
	30	Zweite Feder-Dämpfereinheit
	31	Dritte Feder-Dämpfereinheit
	32	Erster Streckenabschnitt
35	33	Zweiter Streckenabschnitt
	34	Erstes Signal
	35	Zweites Signal

201711575

36 Drittes Signal

37 Viertes Signal

38 Fünftes Signal

5

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung von Kraftschlusscharakteristiken bei Fahrzeugen, insbesondere bei Schienenfahrzeugen, wofür  
5 zumindest Informationen zumindest eines ersten Fahrzeugs eingesetzt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass zeitabhängige Kraftschluss-Schlupfkennlinien gebildet werden, dass aus den Kraftschluss-Schlupfkennlinien Sollschlüpfen ermittelt werden, und  
10 dass mittels der Sollschlüpfen Fahrzeugbewegungen beeinflusst werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass Kraftschluss-Schlupfkennlinien, welche von Zeiten und Orten  
15 abhängig sind, gebildet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftschluss-Schlupfkennlinien unter Einsatz von Informationen aus Ortungssignalen eines  
20 Fahrzeugortungssystems (13) gebildet werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftschluss-Schlupfkennlinien unter Einsatz eines Kraftschlussmodells gebildet werden.  
25

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftschluss-Schlupfkennlinien unter Einsatz von Umweltinformationen gebildet werden.

30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2, 3, 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus den Kraftschluss-Schlupfkennlinien zumindest eine thematische Karte gebildet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5 oder 6,  
35 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftschluss-Schlupfkennlinien unter Einsatz von Informationen über

Querbeschleunigungen des zumindest ersten Fahrzeugs (1) gebildet werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6 oder  
5 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sollschlüpfe unter Einsatz von Antriebs- und Bremsmodellen gebildet werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7  
10 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sollschlüpfe unter Einsatz von Schädigungsmodellen gebildet werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,  
8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass Daten bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien zumindest in dem ersten  
15 Fahrzeug (1) verarbeitet werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,  
8, 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass Daten bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien zumindest in einer ersten  
20 Infrastruktureinrichtung (3) verarbeitet werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,  
8, 9, 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass Informationen bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien von dem  
25 zumindest ersten Fahrzeug (1) zumindest an ein zweites Fahrzeug (2) übertragen werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,  
8, 9, 10, 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
30 Informationen bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien von dem zumindest ersten Fahrzeug (1) zumindest an die erste Infrastruktureinrichtung (3) übertragen werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,  
35 8, 9, 10, 11, 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass Informationen bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien

von der zumindest ersten Infrastruktureinrichtung (3)  
zumindest an das erste Fahrzeug (1) übertragen werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,  
5 8, 9, 10, 11, 12, 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
Informationen bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien  
von der zumindest ersten Infrastruktureinrichtung (3)  
zumindest an eine zweite Infrastruktureinrichtung (4)  
übertragen werden.

10

16. Vorrichtung, welche zur Durchführung des Verfahrens nach  
einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12,  
13, 14 oder 15 eingerichtet ist, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass Mittel zur Bildung der Kraftschluss-Schlupfkennlinien,  
15 zur Ermittlung der Sollschlüpfе sowie zur Beeinflussung der  
Fahrzeugbewegungen vorgesehen sind.

Fig. 1

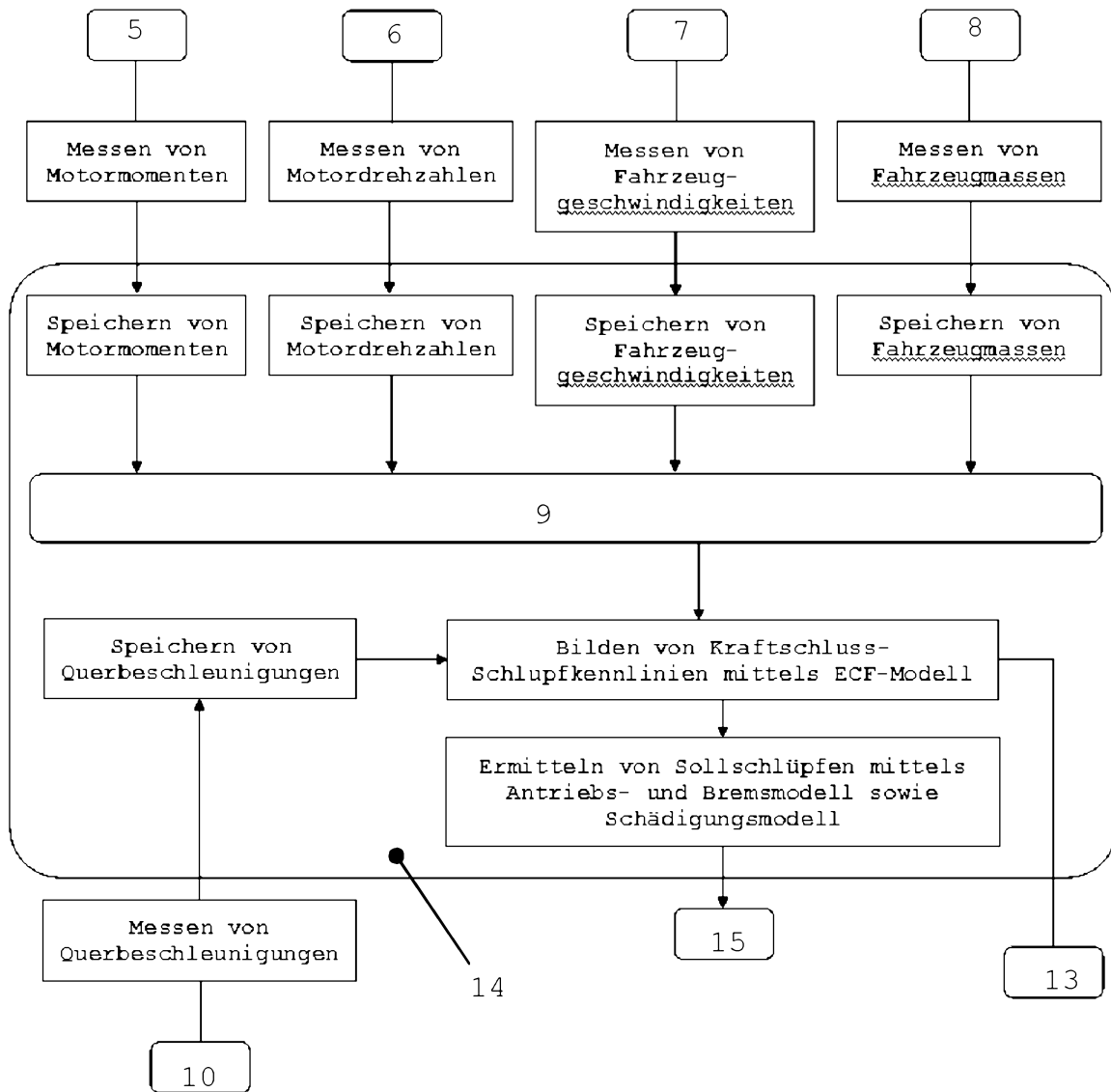
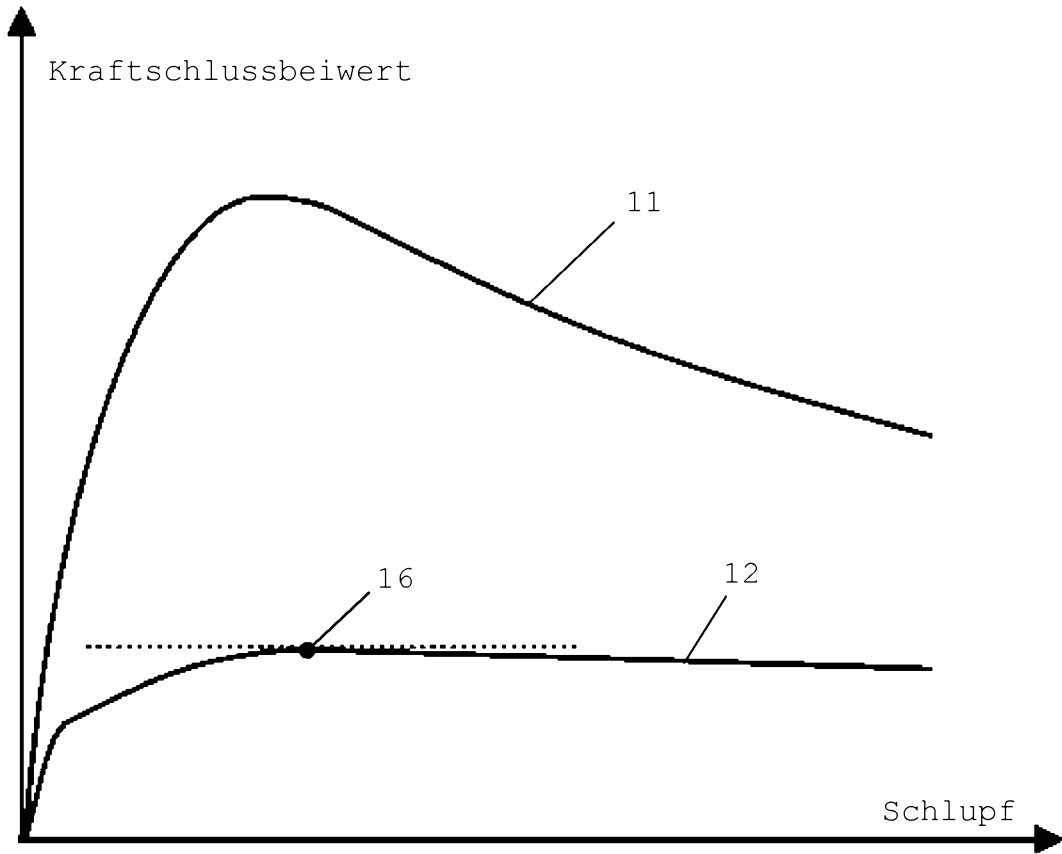
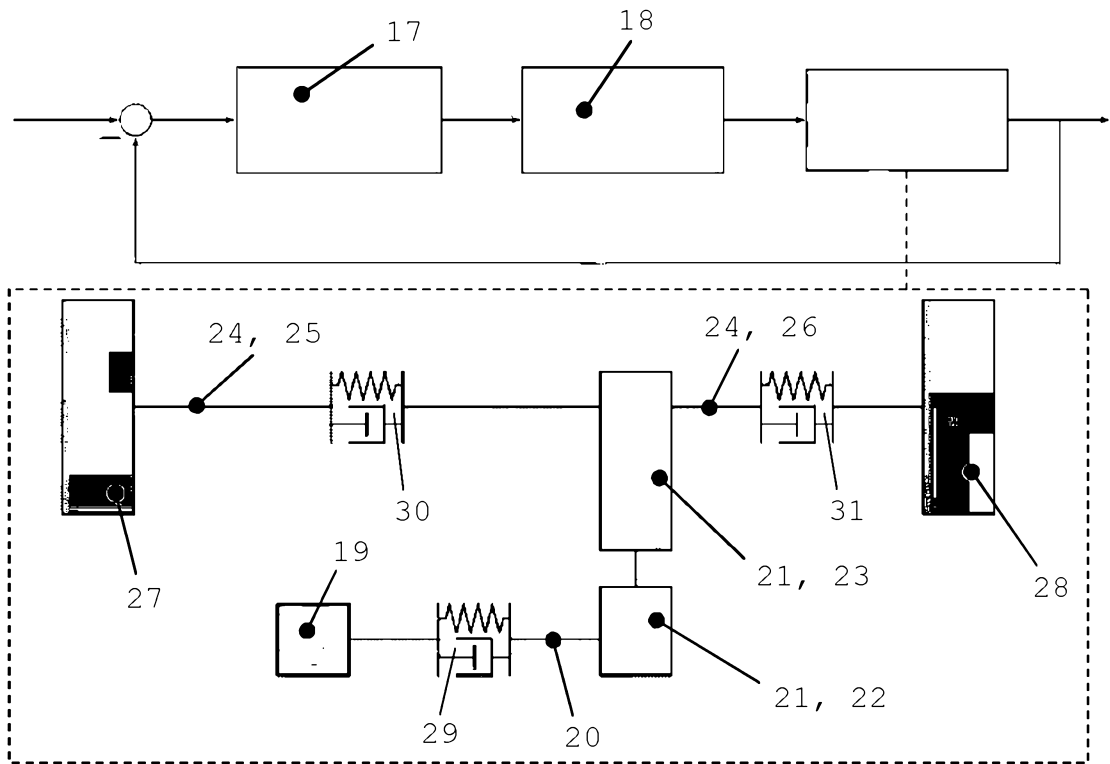


Fig. 2



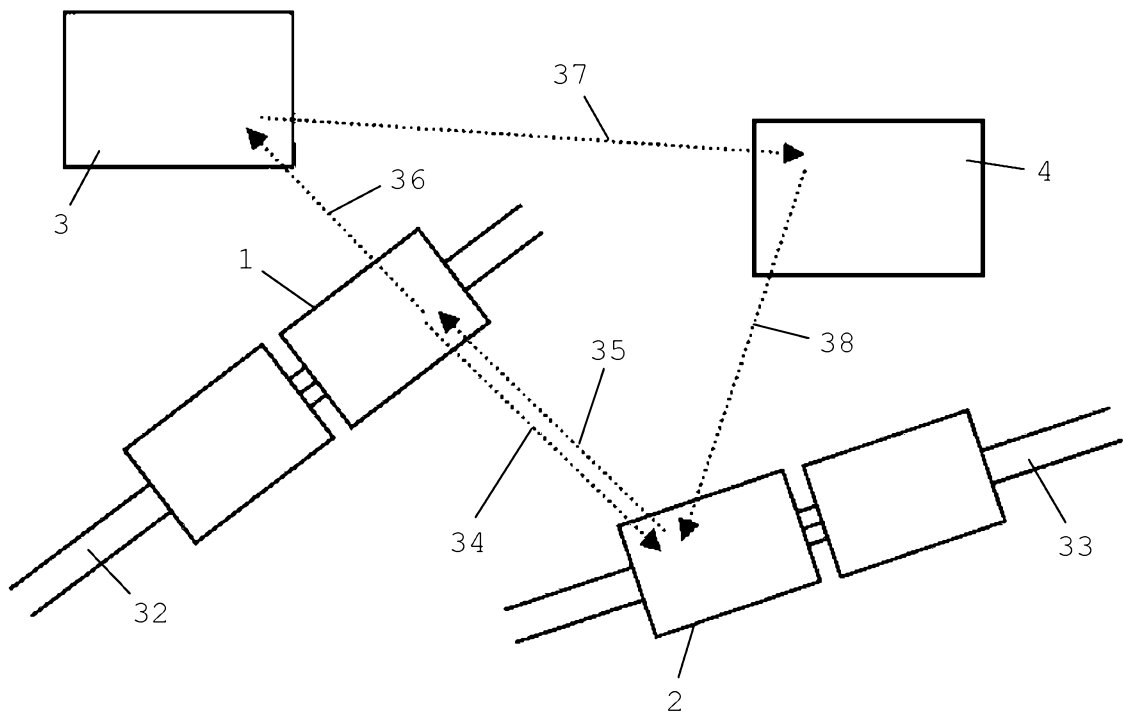
5

Fig. 3



5

Fig. 4



**Neue Patentansprüche**

1. Verfahren zur Bestimmung von Kraftschlusscharakteristiken bei Fahrzeugen, insbesondere bei Schienenfahrzeugen, wofür  
5 zumindest Informationen zumindest eines ersten Fahrzeugs eingesetzt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass zeitabhängige Kraftschluss-Schlupfkennlinien, zumindest eine erste Kraftschluss-Schlupfkennlinie (11) und eine zweite Kraftschluss-Schlupfkennlinie (12), gebildet werden, wobei  
10 die Kraftschluss-Schlupfkennlinien auf unterschiedliche Zeitpunkte oder Zeiträume sowie unterschiedliche Orte, Streckenabschnitte oder Strecken beziehbar sind, dass aus den Kraftschluss-Schlupfkennlinien Sollschlüpfen ermittelt werden, und  
15 dass mittels der Sollschlüpfen Fahrzeugbewegungen beeinflusst werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass Kraftschluss-Schlupfkennlinien, welche von Zeiten und Orten  
20 abhängig sind, gebildet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftschluss-Schlupfkennlinien unter Einsatz von Informationen aus Ortungssignalen eines  
25 Fahrzeugortungssystems (13) gebildet werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftschluss-Schlupfkennlinien unter Einsatz eines Kraftschlussmodells gebildet werden.  
30

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftschluss-Schlupfkennlinien unter Einsatz von Umweltinformationen gebildet werden.

35 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2, 3, 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus den Kraftschluss-Schlupfkennlinien zumindest eine thematische Karte gebildet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftschluss-Schlupfkennlinien unter Einsatz von Informationen über Querbeschleunigungen des zumindest ersten Fahrzeugs (1) gebildet werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sollschlüpfen unter Einsatz von Antriebs- und Bremsmodellen gebildet werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sollschlüpfen unter Einsatz von Schädigungsmodellen gebildet werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass Daten bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien zumindest in dem ersten Fahrzeug (1) verarbeitet werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass Daten bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien zumindest in einer ersten Infrastruktureinrichtung (3) verarbeitet werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass Informationen bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien von dem zumindest ersten Fahrzeug (1) zumindest an ein zweites Fahrzeug (2) übertragen werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass Informationen bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien von dem zumindest ersten Fahrzeug (1) zumindest an die erste Infrastruktureinrichtung (3) übertragen werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass Informationen bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien von der zumindest ersten Infrastruktureinrichtung (3) 5  
zumindest an das erste Fahrzeug (1) übertragen werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass Informationen bezüglich der Kraftschluss-Schlupfkennlinien 10  
von der zumindest ersten Infrastruktureinrichtung (3) zumindest an eine zweite Infrastruktureinrichtung (4) übertragen werden.

16. Vorrichtung, welche zur Durchführung des Verfahrens nach 15  
einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 oder 15 eingerichtet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass Mittel zur Bildung der Kraftschluss-Schlupfkennlinien, zur Ermittlung der Sollschlüpfe sowie zur Beeinflussung der Fahrzeugbewegungen vorgesehen sind.