



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/170779**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 006 800.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/009961**
(86) PCT-Anmeldetag: **08.03.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **14.09.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **16.01.2025**

(51) Int Cl.: **B60T 8/1761** (2006.01)
B60T 8/171 (2006.01)
B60L 15/20 (2006.01)
B61H 11/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
**WITTE, WELLER & PARTNER Patentanwälte mbB,
70173 Stuttgart, DE**

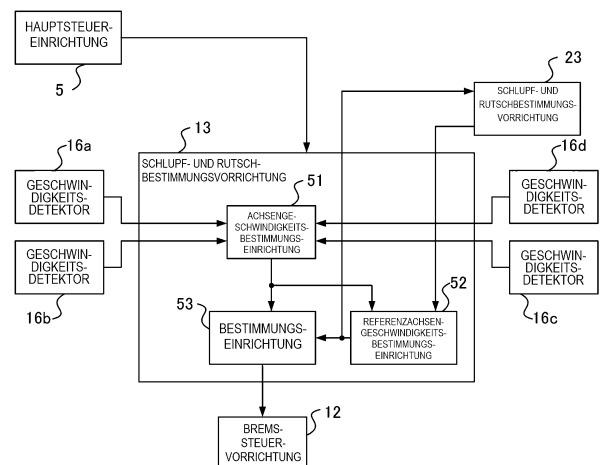
(72) Erfinder:
**Matsuyama, Etsuji, Tokyo, JP; Onodera, Shumpei,
Tokyo, JP; Tachibana, Naoto, Tokyo, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **SCHLUPF-/RUTSCH-DISKRIMINIERUNGSVORRICHTUNG, BREMSSTEUERSYSTEM UND
SCHLUPF-/RUTSCH-DISKRIMINIERUNGSVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung (13) umfasst eine Achsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung (51), eine Referenzachsen-geschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung (52) und eine Bestimmungseinrichtung (53). Die Achsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung (51) bestimmt für jede aus einer Vielzahl von Achsen eine Achsengeschwindigkeit, die veränderlich ist, basierend auf einer Drehgeschwindigkeit eines Rads. Die Referenzachsen-geschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung (52) bestimmt basierend auf der Achsengeschwindigkeit und einer physikalischen Quantität, die während einer Fahrt eines Schienenfahrzeugs veränderlich ist, eine Referenzachsen-geschwindigkeit im Fahrzeug. Die Bestimmungseinrichtung (53) bestimmt basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsen-geschwindigkeit, ob ein Schlupf oder ein Rutschen des Rads auftritt.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung, ein Bremssteuersystem und ein Schlupf- und Rutschbestimmungsverfahren.

Technologischer Hintergrund

[0002] Ein fahrendes Schienenfahrzeugs könnte einen Schlupf oder ein Rutschen von Rädern aufweisen, wenn die Haftkraft zwischen den Rädern und den Schienen abnimmt. Ein Schlupf oder ein Rutschen eines Rads kann das Schienenfahrzeug davon abhalten, mit einer Geschwindigkeit entsprechend einer Zielbeschleunigung zu fahren. Somit ist es bevorzugt, ein Auftreten eines Schlupfs oder Rutschens und eine moderate Beschleunigung oder Verzögerung des Schienenfahrzeugs zu bestimmen, um ein Wiederanhaften des Rads an der Schiene zu erzielen. Die Patentliteratur 1 beschreibt ein Bremssteuersystem als eine beispielhafte Vorrichtung zum Bestimmen eines Auftretens eines Schlupfes oder eines Rutschens.

Zitatliste

Patentliteratur

[0003] Patentliteratur 1: Ungeprüfte japanische Patentanmeldung mit Veröffentlichungsnummer 2008-143365

Zusammenfassung der Erfindung

Technisches Problem

[0004] Das Bremssteuersystem, das in der Patentliteratur 1 beschrieben ist, bestimmt, ob ein Rutschen auftritt, basierend auf einem schnellen Abfall der Achsengeschwindigkeit, die durch das Rutschen verursacht wird. Dies bedeutet konkreter, dass das Bremssteuersystem als Referenzachsengeschwindigkeit den Maximalwert der Achsengeschwindigkeiten der vier Achsen in jedem Fahrzeug verwendet. Wenn eine Differenz zwischen der Achsengeschwindigkeit von irgendeiner Achse und der Referenzachsengeschwindigkeit größer oder gleich einer Schwelle ist, bestimmt das Bremssteuersystem, dass das Rutschen in dem Rad auftritt, das an der Achse angebracht ist, für die die Differenz größer oder gleich der Schwelle ist.

[0005] Wenn die Räder, die an allen vier Achsen in einem einzelnen Fahrzeug angebracht sind, rutschen, nimmt die Achsengeschwindigkeit von jeder dieser Achsen schnell ab und dann nimmt auch die Referenzachsengeschwindigkeit schnell ab. In die-

sem Zustand erhöht sich die Differenz zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen und der Referenzachsengeschwindigkeit nicht. Somit kann das in der Patentliteratur 1 beschriebene Bremssteuersystem, wenn die Räder, die an allen Achsen angebracht sind, rutschen, das Rutschen nicht erfassen. Auf ähnliche Weise tritt dieses Problem beim Erfassen eines Schlupfes von einem Rad auch auf, wenn die Räder, die an allen vier Achsen in dem einzelnen Fahrzeug angebracht sind, einen Schlupf aufweisen.

[0006] Unter derartigen Umständen ist es eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung, ein Bremssteuersystem und ein Schlupf- und Rutschbestimmungsverfahren vorzusehen, das bestimmt, ob ein Schlupf oder ein Rutschen von irgendeinem Rad auftritt, wenn die Räder, die an allen Achsen in einem einzelnen Fahrzeug angebracht sind, einen Schlupf aufweisen oder Rutschen.

Lösung des Problems

[0007] Um die Aufgabe oben zu erzielen, umfasst eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung eine Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung bzw. eine Achsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung („axle speed decider“), eine Referenzachsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung („reference axle speed decider“) bzw. eine Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung und eine Bestimmungseinrichtung. Die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung entscheidet („decides“) bzw. bestimmt für jede aus einer Vielzahl von Achsen in einem Fahrzeug aus einem oder mehreren Fahrzeugen, die von einem Schienenfahrzeug umfasst sind, eine veränderbare Achsengeschwindigkeit basierend auf einer Drehgeschwindigkeit bzw. Drehzahl eines Rads, das an jeder aus der Vielzahl von Achsen in dem Fahrzeug angebracht ist. Die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung bestimmt basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder aus der Vielzahl von Achsen in dem Fahrzeug und einer physikalischen Quantität, die während der Fahrt des Schienenfahrzeugs veränderbar ist, eine Referenzachsengeschwindigkeit im Fahrzeug. Die Bestimmungseinrichtung bestimmt basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit, ob ein Schlupf oder ein Rutschen des Rads auftritt.

Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

[0008] Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß dem Aspekt oben der vorliegenden Offenbarung bestimmt die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Achsengeschwin-

digkeit und der physikalischen Quantität, die während einer Fahrt des Schienenfahrzeugs veränderlich ist, und bestimmt basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit, ob ein Schlupf oder ein Rutschen eines Rads in dem Fahrzeug auftritt. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung kann somit bestimmen, ob ein Schlupf oder ein Rutschen von bzw. bei irgendeinem Rad auftritt, wenn Räder, die an allen Achsen in einem einzelnen Fahrzeug angebracht sind, einen Schlupf aufweisen oder Rutschen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 veranschaulicht ein Schienenfahrzeug, das mit einer Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform 1 versehen ist;

Fig. 2 stellt ein Blockdiagramm dar, das eine Bremssteuervorrichtung der Ausführungsform 1 veranschaulicht;

Fig. 3 stellt ein Blockdiagramm dar, das die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform 1 veranschaulicht;

Fig. 4 veranschaulicht eine Hardware-Konfiguration der Bremssteuervorrichtung und der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform 1;

Fig. 5 stellt ein Flussdiagramm dar, das exemplarische Schritte eines Rutschbestimmungsvorgangs veranschaulicht, der durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform 1 ausgeführt wird;

Fig. 6 veranschaulicht beispielhafte Änderungen der Achsengeschwindigkeit und einer Referenzachsengeschwindigkeit in einem vergleichenden Beispiel;

Fig. 7 veranschaulicht beispielhafte Änderungen der Achsengeschwindigkeit und einer Referenzachsengeschwindigkeit bei der Ausführungsform 1;

Fig. 8 veranschaulicht ein Schienenfahrzeug, das mit einer Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform 2 versehen ist;

Fig. 9 stellt ein Blockdiagramm dar, das die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform 2 veranschaulicht;

Fig. 10 stellt ein Flussdiagramm dar, das exemplarische Schritte eines Rutschbestimmungsvorgangs veranschaulicht, der durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform 2 ausgeführt wird;

Fig. 11 stellt ein Blockdiagramm dar, das eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform 3 veranschaulicht;

Fig. 12 stellt ein Blockdiagramm dar, das eine Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung der Ausführungsform 3 veranschaulicht;

Fig. 13 veranschaulicht ein Schienenfahrzeug, das mit einer Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform 4 versehen ist;

Fig. 14 stellt ein Blockdiagramm dar, das die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform 4 veranschaulicht;

Fig. 15 stellt ein Flussdiagramm dar, das exemplarische Schritte eines Rutschbestimmungsvorgangs veranschaulicht, der durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform 4 ausgeführt wird;

Fig. 16 stellt ein Blockdiagramm dar, das einen Leistungswandler gemäß einer Ausführungsform 5 veranschaulicht;

Fig. 17 stellt ein Blockdiagramm dar, das eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform 5 veranschaulicht;

Fig. 18 stellt ein Blockdiagramm dar, das eine Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung der Ausführungsform 5 veranschaulicht;

Fig. 19 stellt ein Flussdiagramm dar, das exemplarische Schritte eines Schlupf- und Rutschbestimmungsvorgangs veranschaulicht, der durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform 5 ausgeführt wird;

Fig. 20 veranschaulicht beispielhafte Änderungen einer Achsengeschwindigkeit und einer Referenzachsengeschwindigkeit bei der Ausführungsform 5;

Fig. 21 stellt ein Blockdiagramm dar, das eine Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung bei einer ersten Modifikation einer Ausführungsform veranschaulicht;

Fig. 22 stellt ein Blockdiagramm dar, das eine Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung bei einer zweiten Modifikation einer Ausführungsform veranschaulicht; und

Fig. 23 veranschaulicht eine Modifikation einer Hardware-Konfiguration einer Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0009] Unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen werden eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung, ein Bremssteuersystem und ein Schlupf- und Schleuderbestimmungsverfahren gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung detailliert beschrieben. In den Zeichnungen sind die Komponenten, die identisch oder entsprechend zueinander sind, mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Ausführungsform 1

[0010] Es wird eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform 1 beschrieben, die an einem Schienenfahrzeug montiert ist, das ein oder mehrere Fahrzeuge umfasst. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung bestimmt, ob ein Schlupfen oder Rutschen irgendeines Rads eines Schienenfahrzeugs auftritt, wobei der Schlupf oder das Rutschen durch eine Abnahme einer Haftkraft zwischen dem Rad und einer Schiene verursacht wird.

[0011] Ein in **Fig. 1** veranschaulichtes Schienenfahrzeug 1 umfasst ein Fahrzeug 100 und ein Fahrzeug 200, die miteinander verbunden sind. Zum Beispiel ist das Fahrzeug 100 ein Triebwagen mit einem Elektromotor, der nicht veranschaulicht ist, und das Fahrzeug 200 ist ein Anhänger ohne Elektromotor.

[0012] Das Fahrzeug 100 umfasst eine Hauptsteuereinrichtung 5, die einen Betriebsbefehl in Reaktion auf einen Betrieb durch eine Betriebsperson ausgibt, einen Lastdetektor 11, der eine Last auf das Fahrzeug 100 erfasst, und ein Bremssteuersystem 10, das bestimmt, ob ein Schlupf oder ein Rutschen irgendeines Rads des Fahrzeugs 100 auftritt, und das die Bremse des Fahrzeugs 100 steuert. Das Bremssteuersystem 10 umfasst eine Bremssteuervorrichtung 12, die die Bremse des Fahrzeugs 100 steuert, und eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13, die bestimmt, ob ein Schlupf oder ein Rutschen irgendeines Rads des Fahrzeugs 100 auftritt.

[0013] Ein Drehgestell, das den Fahrzeugkörper des Fahrzeugs 100 trägt, ist bei dem Elektromotor und Achsen 14a, 14b, 14c und 14d vorgesehen, die sich mit einer Rotationskraft drehen, die vom Elektromotor übertragen wird. Ein Rad 15a ist an jedem Ende der Achse 14a angebracht und dreht sich integral mit der Achse 14a. Ein Rad 15b ist an jedem Ende der Achse 14b angebracht und dreht sich integral mit der Achse 14b. Ein Rad 15c ist an jedem Ende der Achse 14c angebracht und dreht sich integral mit der Achse 14c. Ein Rad 15d ist an jedem Ende der Achse 14d angebracht und dreht sich integral mit der Achse 14d.

[0014] Das Fahrzeug 100 umfasst Geschwindigkeitsdetektoren 16a, 16b, 16c und 16d, die die Drehgeschwindigkeiten der jeweiligen Räder 15a, 15b, 15c und 15d erfassen. Das Fahrzeug 100 umfasst ferner, als mechanische Bremsvorrichtungen, Bremsklötze 17a, 17b, 17c und 17d, die mit den jeweiligen Rädern 15a, 15b, 15c und 15d in Kontakt kommen, um eine Bremskraft zu erzeugen, und Bremszylinder 18a, 18b, 18c und 18d, die an den jeweiligen Bremsklötzen 17a, 17b, 17c und 17d angebracht sind, um ein Fluid aufzunehmen, das von der Bremssteuervorrichtung 12 geliefert wird. Das Fahrzeug 100 verzögert, wenn die Bremsklötze 17a, 17b, 17c und 17d als Reibglieder gegen die Räder 15a, 15b, 15c und 15d als Rotoren gepresst werden, die sich während einer Fahrt des Schienenfahrzeugs 1 drehen.

[0015] Das Fahrzeug 100 umfasst ferner Antirutschventile 19a, 19b, 19c und 19d, die das Fluid ablassen, das an die jeweiligen Bremszylinder 18a, 18b, 18c und 18d geliefert wird.

[0016] Das Fahrzeug 200 umfasst einen Lastdetektor 21, der eine Last auf das Fahrzeug 200 erfasst, und ein Bremssteuersystem 20, das bestimmt, ob ein Schlupf oder ein Rutschen irgendeines Rads des Fahrzeugs 200 auftritt, und das die Bremse des Fahrzeugs 200 steuert. Das Bremssteuersystem 20 umfasst eine Bremssteuervorrichtung 22, die die Bremse des Fahrzeugs 200 steuert, und eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23, die bestimmt, ob ein Schlupf oder ein Rutschen irgendeines Rads des Fahrzeugs 200 auftritt.

[0017] Ein Drehgestell, das den Fahrzeugkörper des Fahrzeugs 200 trägt, ist bei Achsen 24a, 24b, 24c und 24d vorgesehen. Ein Rad 25a ist an jedem Ende der Achse 24a angebracht und dreht sich integral mit der Achse 24a. Ein Rad 25b ist an jedem Ende der Achse 24b angebracht und dreht sich integral mit der Achse 24b. Ein Rad 25c ist an jedem Ende der Achse 24c angebracht und dreht sich integral mit der Achse 24c. Ein Rad 25d ist an jedem Ende der Achse 24d angebracht und dreht sich integral mit der Achse 24d.

[0018] Das Fahrzeug 200 umfasst Geschwindigkeitsbestimmungseinrichtungen 26a, 26b, 26c und 26d, die Drehgeschwindigkeiten der jeweiligen Räder 25a, 25b, 25c und 25d bestimmen. Das Fahrzeug 200 umfasst ferner, als mechanische Bremsvorrichtungen, Bremsklötze 27a, 27b, 27c und 27d, die mit den jeweiligen Rädern 25a, 25b, 25c und 25d in Kontakt kommen, um eine Bremskraft zu erzeugen, und Bremszylinder 28a, 28b, 28c und 28d, die an den jeweiligen Bremsklötzen 27a, 27b, 27c und 27d angebracht sind, um ein Fluid aufzunehmen, das von der Bremssteuervorrichtung 22 geliefert wird. Das Fahrzeug 200 verzögert, wenn die Brems-

klötze 27a, 27b, 27c und 27d als Reibglieder gegen die Räder 25a, 25b, 25c und 25d als Rotoren gepresst werden, die sich während der Fahrt des Schienenfahrzeugs 1 drehen.

[0019] Das Fahrzeug 200 umfasst ferner Antirutschventile 29a, 29b, 29c und 29d, die das Fluid ablassen, das an die jeweiligen Bremszylinder 28a, 28b, 28c und 28d geliefert wird.

[0020] Fig. 1 veranschaulicht Luftleitungen mit fetten durchgezogenen Linien und Flüsse von elektrischen Signalen, die zwischen Komponenten in den Fahrzeugen 100 und 200 übertragen und empfangen werden, mit durchgezogenen Pfeilen. Das Gleiche gilt für die nachfolgenden Figuren.

[0021] Wie mit den fetten durchgezogenen Linien in Fig. 1 veranschaulicht, wird das Fluid von einer Fluidquelle, die nicht veranschaulicht ist, geliefert, durch die Bremssteuervorrichtung 12 komprimiert und an die Bremszylinder 18a, 18b, 18c und 18d geliefert. Das Fluid ist zum Beispiel Luft.

[0022] Ein Kolben im Bremszylinder 18a gleitet in Reaktion auf den Druck des Fluids im Bremszylinder 18a, was den Bremsklotz 17a, der an dem Kolben angebracht ist, sich in Richtung des Rads 15a bewegen lässt oder von ihm wegbewegen lässt. Auf ähnliche Weise gleitet ein Kolben im Bremszylinder 18b in Reaktion auf den Druck des Fluids im Bremszylinder 18b, was den Bremsklotz 17b, der an dem Kolben angebracht ist, sich in Richtung des Rads 15b bewegen lässt oder von ihm wegbewegen lässt. Auf ähnliche Weise gleitet ein Kolben im Bremszylinder 18c in Reaktion auf den Druck des Fluids im Bremszylinder 18c, was den Bremsklotz 17c, der an dem Kolben angebracht ist, sich in Richtung des Rads 15b bewegen lässt oder von dem Rad 15c wegbewegen lässt. Auf ähnliche Weise gleitet ein Kolben im Bremszylinder 18d in Reaktion auf den Druck des Fluids im Bremszylinder 18d, was den Bremsklotz 17d, der an dem Kolben angebracht ist, sich in Richtung des Rads 15d bewegen lässt oder von ihm wegbewegen lässt.

[0023] Die Bremsklötze 17a, 17b, 17c und 17d kommen mit den jeweiligen Rädern 15a, 15b, 15c und 15d in Kontakt, was die Bremskraft erzeugt, um eine Drehung der Räder 15a, 15b, 15c und 15d zu beschränken.

[0024] Das Fluid wird von der Fluidquelle geliefert, durch die Bremssteuervorrichtung 22 komprimiert und an die Bremszylinder 28a, 28b, 28c und 28d geliefert. Ein Kolben im Bremszylinder 28a gleitet in Reaktion auf den Druck des Fluids im Bremszylinder 28a, was den Bremsklotz 27a, der an dem Kolben angebracht ist, sich in Richtung des Rads 25a bewegen lässt und von ihm wegbewegen lässt. Auf ähn-

liche Weise gleitet ein Kolben im Bremszylinder 28b in Reaktion auf den Druck des Fluids im Bremszylinder 28b, was den Bremsklotz 27b, der an dem Kolben angebracht ist, sich in Richtung des Rads 25b bewegen lässt und von ihm wegbewegen lässt. Auf ähnliche Weise gleitet ein Kolben im Bremszylinder 28c in Reaktion auf den Druck des Fluids im Bremszylinder 28c, was den Bremsklotz 27c, der an dem Kolben angebracht ist, sich in Richtung des Rads 25b bewegen lässt oder von dem Rad 25c wegbewegen lässt. Auf ähnliche Weise gleitet ein Kolben im Bremszylinder 28d in Reaktion auf den Druck des Fluids im Bremszylinder 28d, was den Bremsklotz 27d, der an dem Kolben angebracht ist, sich in Richtung des Rads 25d bewegen lässt oder von ihm wegbewegen lässt.

[0025] Die Bremsklötze 27a, 27b, 27c und 27d kommen mit den Rädern 25a, 25b, 25c und 25d in Kontakt, was die Bremskraft erzeugt, um eine Drehung der Räder 25a, 25b, 25c und 25d zu beschränken.

[0026] Die Hauptsteuereinrichtung 5 ist zum Beispiel in einer Fahrerkabine installiert und gibt den Betriebsbefehl in Reaktion auf den Betrieb durch die Betriebsperson an die Bremssteuervorrichtungen 12 und 22 und an die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13 und 23 aus. Der Betriebsbefehl könnte ein Leistungsfahrbehl zum Beschleunigen des Schienenfahrzeugs 1, ein Bremsbefehl zum Verzögern des Schienenfahrzeugs 1 oder ein Ausrollbefehl sein, um einen Ausrollbetrieb des Schienenfahrzeugs 1 zu verursachen.

[0027] Der Lastdetektor 11 erfasst eine Last auf das Fahrzeug 100 basierend auf einer Änderung des Drucks einer Luftfeder, die an dem Drehgestell angebracht ist, das den Fahrzeugkörper des Fahrzeugs 100 trägt, und überträgt die erfasste Last auf das Fahrzeug 100 an die Bremssteuervorrichtung 12. Auf ähnliche Weise erfasst der Lastdetektor 21 eine Last auf das Fahrzeug 200 basierend auf einer Änderung des Drucks einer Luftfeder, die an dem Drehgestell angebracht ist, das den Fahrzeugkörper des Fahrzeugs 200 trägt, und überträgt die erfasste Last auf das Fahrzeug 200 an die Bremssteuervorrichtung 22.

[0028] Die Bremssteuervorrichtungen 12 und 22 weisen die gleiche Struktur auf. Die Bremssteuervorrichtung 12 wird somit unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben. Die Bremssteuervorrichtung 12 umfasst eine Zielbremskraft-Entscheidungseinrichtung 41 („target brake force decider“) bzw. eine Zielbremskraft-Bestimmungseinrichtung 41, die eine Zielbremskraft als Zielwert für die Bremskraft des Fahrzeugs 100 entscheidet bzw. bestimmt, und eine Zieldruck-Entscheidungseinrichtung 42 („target pressure decider“) bzw. eine Zieldruck-Bestimmungseinrichtung 42, die einen Zieldruck als Ziel-

wert für den Druck des Fluids in den Bremszylindern 18a, 18b, 18c und 18d in Übereinstimmung mit der Zielbremskraft entscheidet bzw. bestimmt. Die Bremssteuervorrichtung 12 umfasst ferner ein Ausgabeventil 43, das ein Fluid, das von einer Fluidquelle 81 geliefert wird, in Übereinstimmung mit dem Zieldruck komprimiert und die komprimierte Luft an die Bremszylinder 18a, 18b, 18c und 18d durch die Antirutschventile 19a, 19b, 19c und 19d liefert.

[0029] Die Bremssteuervorrichtung 12 umfasst ferner einen Drucksensor 44, der einen Wert des Drucks des Fluids misst, das aus dem Ausgabeventil 43 ausgegeben wird, und eine Wiederanhaftungs-Steuereinrichtung 47, die die Öffnungsgrade der Antirutschventile 19a, 19b, 19c und 19d in Übereinstimmung mit einem Bestimmungsergebnis einstellt, das von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 erhalten wird.

[0030] Wenn der Betriebsbefehl, der von der Hauptsteuereinrichtung 5 erlangt bzw. erhalten wird, einen Bremsbefehl umfasst, bestimmt die Zielbremskraft-Bestimmungseinrichtung 41 die Zielbremskraft in Übereinstimmung mit einer Zielverzögerung, die durch den Bremsbefehl angegeben wird, und der Last auf das Fahrzeug 100, die von dem Lastdetektor 11 erhalten wird. Dies bedeutet konkreter, dass die Zielbremskraft-Bestimmungseinrichtung 41 als die Zielbremskraft einen Wert, der durch ein Multiplizieren der Zielverzögerung mit der Last auf das Fahrzeug 100 erhalten wird, an die Zieldruck-Bestimmungseinrichtung 42 ausgibt.

[0031] Die Zieldruck-Bestimmungseinrichtung 42 bestimmt, basierend auf einem Reibungskoeffizienten einer Kontaktfläche zwischen jedem der Bremsklötze 17a, 17b, 17c und 17d und dem entsprechenden Rad 15a, 15b, 15c oder 15d wie auch auf der Zielbremskraft, eine Zielanpresskraft als Zielwert einer Anpresskraft zum Anpressen von jedem der Bremsklötze 17a, 17b, 17c und 17d an das entsprechende Rad 15a, 15b, 15c oder 15d. Die Zieldruck-Bestimmungseinrichtung 42 speichert vorab eine Information über die Reibungskoeffizienten von Kontaktflächen zwischen den Bremsklötzen 17a, 17b, 17c und 17d und den Rädern 15a, 15b, 15c und 15d. Die Zieldruck-Bestimmungseinrichtung 42 bestimmt den Zieldruck als einen Zielwert für den Druck des Fluids in den Bremszylindern 18a, 18b, 18c und 18d, um die Zielanpresskraft zu erhalten.

[0032] Dies bedeutet konkreter, dass die Zieldruck-Bestimmungseinrichtung 42, um den Zieldruck zu erhalten, die Zielanpresskraft durch die Fläche einer Fläche senkrecht zu einer Richtung, in der die Kolben der Bremszylinder 18a, 18b, 18c und 18d gleiten, dividiert. Die Zieldruck-Bestimmungseinrichtung 42 führt eine Rückkopplungssteuerung durch, um

den Zieldruck anzupassen, der durch die Berechnung oben erhalten wird, basierend auf dem Messwert von dem Drucksensor 44. Die Zieldruck-Bestimmungseinrichtung 42 überträgt den angepassten Zieldruck an das Ausgabeventil 43.

[0033] Das Ausgabeventil 43 umfasst ein elektropneumatisches Wandlerventil 45, das den Druck des Fluids, das von der Fluidquelle 81 geliefert wird, in Übereinstimmung mit dem Zieldruck einstellt, und gibt das druckangepasste Fluid aus, und ein Relaisventil 46, das das Fluid, das von der Fluidquelle 81 geliefert wird, in Übereinstimmung mit der Ausgabe des elektropneumatischen Wandlerventils 45 komprimiert und das komprimierte Fluid ausgibt. Das elektropneumatische Wandlerventil 45 passt den Druck des Fluids, das von der Fluidquelle 81 geliefert wird, in Übereinstimmung mit dem Zieldruck an, der durch ein elektrisches Signal angegeben ist, das von der Zieldruck-Bestimmungseinrichtung 42 übertragen wird, und gibt das druckangepasste Fluid an das Relaisventil 46 aus. Das Relaisventil 46 empfängt den Druck des Fluids, das aus dem elektropneumatischen Wandlerventil 45 ausgegeben wird, als einen Befehlsdruck, komprimiert das Fluid, das aus der Fluidquelle 81 ausgegeben wird, in Übereinstimmung mit dem Befehlsdruck und liefert das komprimierte Fluid an die Bremszylinder 18a, 18b, 18c und 18d durch die Antirutschventile 19a, 19b, 19c und 19d.

[0034] Die Wiederanhaftungs-Steuereinrichtung 47 passt die Öffnungsgrade der Antirutschventile 19a, 19b, 19c und 19d in Übereinstimmung mit dem Bestimmungsergebnis an, das von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 empfangen wird. Dies bedeutet konkreter, dass, wenn die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 bestimmt, dass ein Rutschen bei irgendeinem der Räder 15a, 15b, 15c und 15d auftritt, die Wiederanhaftungs-Steuereinrichtung 47 die entsprechenden Antirutschventile 19a, 19b, 19c oder 19d entsprechend dem rutschenden Rad 15a, 15b, 15c oder 15d öffnet. Wenn die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 zum Beispiel bestimmt, dass ein Rutschen des Rads 15a auftritt, öffnet die Wiederanhaftungs-Steuereinrichtung 47 das Antirutschventil 19a, um das Fluid aus dem Bremszylinder 18a abzulassen, an dem der Bremsklotz 17a zum Beschränken einer Drehung des Rads 15a angebracht ist. Wenn das Antirutschventil 19a geöffnet ist, wird das Fluid im Bremszylinder 18a abgelassen, wobei sich der Druck des Fluids im Bremszylinder 18a verringert. Dies verringert die Bremskraft für das Rad 15a, und somit wird ein Wiederanhaften des Rads 15a an der Schiene erzielt.

[0035] Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13 und 23 weisen die gleiche Struktur auf. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrich-

tung 13, die bestimmt, ob irgendein Rutschen auftritt, wird somit unter Bezugnahme auf **Fig. 3** beschrieben. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 umfasst eine Achsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung („axle speed decider“) 51 bzw. eine Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51, die die Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d des Fahrzeugs 100 entscheidet bzw. bestimmt, eine Referenzachsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung („reference axle speed decider“) 52 bzw. einen Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 52, die die Referenzachsengeschwindigkeit entscheidet bzw. bestimmt, und eine Bestimmungseinrichtung 53, die basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit bestimmt, ob irgendein Rutschen von irgendeinem der Räder 15a, 15b, 15c und 15d auftritt.

[0036] Die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 bestimmt die Achsengeschwindigkeit, die sich in Übereinstimmung mit den Drehgeschwindigkeiten der Räder 15a, 15b, 15c und 15d ändert, die jeweils an den Enden der entsprechenden Achse 14a, 14b, 14c oder 14d angebracht sind. Bei der Ausführungsform 1 wird die Umfangsgeschwindigkeit von jedem der Räder 15a, 15b, 15c und 15d als die Achsengeschwindigkeit verwendet.

[0037] Dies bedeutet konkreter, dass die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 den Messwert der Drehgeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d von dem entsprechenden Geschwindigkeitsdetektor 16a, 16b, 16c oder 16d erlangt bzw. erhält. Jeder der Geschwindigkeitsdetektoren 16a, 16b, 16c und 16d ist angrenzend an bzw. benachbart zu der entsprechenden Achse 14a, 14b, 14c oder 14d lokalisiert.

[0038] Jeder der Geschwindigkeitsdetektoren 16a, 16b, 16c und 16d umfasst einen Geschwindigkeitsgenerator, der die Drehgeschwindigkeit der entsprechenden Achse 14a, 14b, 14c oder 14d erfasst. Jeder Geschwindigkeitsgenerator gibt ein Sensorsignal mit einer Frequenz aus, die sich im Verhältnis zur Drehgeschwindigkeit der entsprechenden Achse 14a, 14b, 14c oder 14d ändert. Jeder der Geschwindigkeitsdetektoren 16a, 16b, 16c und 16d entscheidet bzw. bestimmt die Drehgeschwindigkeit der entsprechenden Achse 14a, 14b, 14c oder 14d basierend auf einer Sensorsignalausgabe aus dem entsprechenden Geschwindigkeitsgenerator und gibt die bestimmte Drehgeschwindigkeit der entsprechenden Achse 14a, 14b, 14c oder 14d an die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 in der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 aus.

[0039] Die Achse 14a und das Rad 15a, das an der Achse 14a angebracht ist, drehen integral. In dieser Struktur stimmt die Drehgeschwindigkeit der Achse 14a, die vom Geschwindigkeitsdetektor 16a erlangt wird, vermutlich mit der Drehgeschwindigkeit des Rads 15a überein. Auf eine ähnliche Weise drehen sich die Achse 14b und das Rad 15b integral, das an der Achse 14b angebracht ist. In dieser Struktur stimmt die Drehgeschwindigkeit der Achse 14b, die vom Geschwindigkeitsdetektor 16b erlangt wird, vermutlich mit der Drehgeschwindigkeit des Rads 15b überein. Auf eine ähnliche Weise drehen sich die Achse 14c und das Rad 15c integral, das an der Achse 14c angebracht ist. In dieser Struktur stimmt die Drehgeschwindigkeit der Achse 14c, die vom Geschwindigkeitsdetektor 16c erlangt wird, vermutlich mit der Drehgeschwindigkeit des Rads 15c überein. Auf eine ähnliche Weise drehen sich die Achse 14d und das Rad 15d integral, das an der Achse 14d angebracht ist. In dieser Struktur stimmt die Drehgeschwindigkeit der Achse 14d, die von dem Geschwindigkeitsdetektor 16d erlangt wird, vermutlich mit der Drehgeschwindigkeit des Rads 15d überein.

[0040] Die Achsengeschwindigkeits- Bestimmungseinrichtung 51 berechnet die Umfangsgeschwindigkeit von jedem der Räder 15a, 15b, 15c und 15d basierend auf der Drehgeschwindigkeit der entsprechenden Achse 14a, 14b, 14c oder 14d, die von dem entsprechenden Geschwindigkeitsdetektor 16a, 16b, 16c oder 16d erhalten wird. Danach gibt die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 die Umfangsgeschwindigkeit von jedem der Räder 15a, 15b, 15c und 15d an die Referenzachsengeschwindigkeits- Bestimmungseinrichtung 52 und an die Bestimmungseinrichtung 53 als die Achsengeschwindigkeit der entsprechenden Achse 14a, 14b, 14c oder 14d aus.

[0041] Die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 52 bestimmt die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Achsengeschwindigkeit und der physikalischen Quantität, die sich während der Fahrt des Schienenfahrzeugs 1 ändert. Die physikalische Quantität bzw. Größe ändert sich während der Fahrt des Schienenfahrzeugs 1 und ändert sich auf eine Weise, die sich von jeder Achsengeschwindigkeit des Fahrzeugs 100 unterscheidet, wenn das Fahrzeug 100 einen Schlupf aufweist oder rutscht. Da sich die physikalische Quantität während der Fahrt des Schienenfahrzeugs 1 ändert, verwendet die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 52 zum Beispiel die Achsengeschwindigkeit des anderen Fahrzeugs 200, was mit anderen Worten die Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 24a, 24b, 24c und 24d bedeutet.

[0042] Dies bedeutet konkreter, dass die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 52 einen Maximalwert von Geschwindigkeiten auswählt, die die Achsengeschwindigkeit, die von der Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 erlangt wird, und die Referenzachsengeschwindigkeit sind, die von einer Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung erlangt wird, die von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 umfasst sind, und den Maximalwert an die Bestimmungseinrichtung 53 und an die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 als die Referenzachsengeschwindigkeit ausgibt. Unmittelbar nachdem die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 einen Rutschbestimmungsvorgang startet, gibt die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 52 den Maximalwert der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d an die Bestimmungseinrichtung 53 und an die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 aus.

[0043] Die Bestimmungseinrichtung 53 bestimmt, basierend auf einem Vergleich zwischen jeder Achsengeschwindigkeit, die von der Achsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung 51 erlangt wird, und der Referenzachsengeschwindigkeit, ob ein Rutschen bei einem der Räder auftritt. Dies bedeutet konkreter, dass die Bestimmungseinrichtung 53 eine Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit, die von der Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 erlangt wird, und der Referenzachsengeschwindigkeit berechnet, und bestimmt, ob jede Differenz größer oder gleich einer ersten Schwelle ist. Jede Geschwindigkeitsdifferenz gibt einen Absolutwert der Differenz zwischen der entsprechenden Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit an. Die erste Schwelle ist in Übereinstimmung mit einer Differenz zwischen der Referenzachsengeschwindigkeit und jeder Achsengeschwindigkeit definiert, die erzeugt wird, wenn ein Rutschen zum Beispiel während einer Testfahrt oder einer Simulation des Schienenfahrzeugs 1 auftritt. Wenn irgendeine der Geschwindigkeitsdifferenzen größer oder gleich der ersten Schwelle ist, wird angenommen, dass die entsprechende Achsengeschwindigkeit ausreichend kleiner als die Referenzachsengeschwindigkeit ist. In diesem Zustand wird ein Auftreten eines Rutschens bestimmt. Wenn jede Geschwindigkeitsdifferenz kleiner als die erste Schwelle ist, wird kein Auftreten eines Rutschens der Räder 15a, 15b, 15c und 15d bestimmt.

[0044] Die Bestimmungseinrichtung 53 überträgt das obige Bestimmungsergebnis an die Bremssteuervorrichtung 12. Die Bestimmungseinrichtung 53 überträgt zum Beispiel an die Bremssteuervorrichtung 12 eine Information über die Achse 14a, 14b, 14c oder 14d, die die Achsengeschwindigkeit aufweist, die die Differenz gegenüber der Referen-

zachsengeschwindigkeit aufweist, die größer oder gleich der ersten Schwelle ist.

[0045] Fig. 4 veranschaulicht eine Hardware-Konfiguration von Steuereinheiten in den Bremssteuervorrichtungen 12 und 22 sowie der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13 und 23 mit den Strukturen oben. Die Bremssteuervorrichtungen 12 und 22 und die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13 und 23 umfassen jeweils einen Prozessor 91, einen Speicher 92 und eine Schnittstelle 93. Der Prozessor 91, der Speicher 92 und die Schnittstelle 93 sind über einen Bus 90 miteinander verbunden. Die Funktion von jeder der Bremssteuervorrichtungen 12 und 22 und der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13 und 23 wird durch Software, Firmware oder einer Kombination aus Software und Firmware implementiert. Die Software und die Firmware sind als Programme geschrieben und werden in dem Speicher 92 gespeichert. Der Prozessor 91 liest und führt die Programme aus, die in dem Speicher 92 gespeichert sind, um die Funktionen der Komponenten oben zu implementieren. Dies bedeutet mit anderen Worten, dass der Speicher 92 Programme für die Verarbeitung speichert, die durch die Komponenten der entsprechenden Bremssteuervorrichtung 12 oder 22 oder der entsprechenden Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 oder 23 durchgeführt wird.

[0046] Der Speicher 92 ist zum Beispiel ein nicht flüchtiger oder flüchtiger Halbleiterspeicher, wie zum Beispiel ein Direktzugriffsspeicher (RAM), ein Festwertspeicher (ROM), ein Flash-Speicher, ein löscher programmierbarer ROM (EPROM) oder ein elektrischer, löscher programmierbarer ROM (EEPROM), oder eine Magnetplatte, eine flexible Platte, eine optische Platte, eine Compactdisk, eine Minidisk oder eine Digital-Versatile-Disc (DVD).

[0047] Die Bremssteuervorrichtung 12 ist mit der Hauptsteuereinrichtung 5, dem Lastdetektor 11, der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 und den Antirutschventilen 19a, 19b, 19c und 19d über die Schnittstelle 93 verbunden. Die Bremssteuervorrichtung 22 ist mit der Hauptsteuereinrichtung 5, dem Lastdetektor 21, der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 und den Antirutschventilen 29a, 29b, 29c und 29d über die Schnittstelle 93 verbunden. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 ist mit der Hauptsteuereinrichtung 5, der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 und den Geschwindigkeitsdetektoren 16a, 16b, 16c und 16d über die Schnittstelle 93 verbunden. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 ist mit der Hauptsteuereinrichtung 5, der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 und den Geschwindigkeitsdetektoren 26a, 26b, 26c und 26d über die Schnittstelle 93 verbunden. Die Schnittstelle 93 umfasst ein Schnittstellenmodul, das je nach Verbin-

dungszielen einem oder mehreren Standards entspricht.

[0048] Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13 und 23 mit der Struktur oben führen den Rutschbestimmungsvorgang auf die gleiche Weise durch. Somit wird der Rutschbestimmungsvorgang, der durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 durchgeführt wird, unter Bezugnahme auf **Fig. 5** beschrieben. Beim Empfangen eines Betriebsbefehls von der Hauptsteuereinrichtung 5 startet die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 den Vorgang in **Fig. 5**. Wenn der empfangene Betriebsbefehl keinen Bremsbefehl (Nein im Schritt S11) umfasst, wird die Verarbeitung im Schritt S11 wiederholt.

[0049] Wenn der Betriebsbefehl einen Bremsbefehl (Ja im Schritt S11) umfasst, bestimmt die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 die Achsengeschwindigkeit für jede der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d basierend auf dem Messwert von dem entsprechenden Geschwindigkeitsdetektor 16a, 16b, 16c oder 16d (Schritt S12). Die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 52 bestimmt, als die Referenzachsengeschwindigkeit, den Maximalwert aus Geschwindigkeiten, die die Achsengeschwindigkeit von jeder Achse, die im Schritt S12 bestimmt wird, und die Referenzachsengeschwindigkeit sind, die von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 erlangt wird (Schritt S13).

[0050] Die Bestimmungseinrichtung 53 berechnet die Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit, die im Schritt S12 bestimmt wird, und der Referenzachsengeschwindigkeit, die im Schritt S13 bestimmt wird (Schritt S14). Wenn die Geschwindigkeitsdifferenzen, die im Schritt S14 berechnet werden, kleiner als die erste Schwelle sind (Nein im Schritt S15), werden die Verarbeitung im Schritt S11 und nachfolgende Schritte, die oben beschrieben sind, wiederholt.

[0051] Wenn zumindest irgendeine der Geschwindigkeitsdifferenzen, die im Schritt S14 berechnet werden, größer oder gleich der ersten Schwelle ist (Ja im Schritt S15), gibt die Bestimmungseinrichtung 53 an die Bremssteuervorrichtung 12 eine Information über die Achse 14a, 14b, 14c oder 14d aus, die eine Achsengeschwindigkeit aufweist, die eine Differenz gegenüber der Referenzachsengeschwindigkeit aufweist, die größer oder gleich der ersten Schwelle ist, das bedeutet mit anderen Worten eine Information über irgendeine der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d, an dem das rutschende Rad 15a, 15b, 15c oder 15d angebracht ist (Schritt S16). Wenn die Verarbeitung im Schritt S16 endet, werden die Verarbeitung im Schritt S11 und nachfolgende Schritte, die oben beschrieben sind, wiederholt.

[0052] **Fig. 6** veranschaulicht Änderungen der Referenzachsengeschwindigkeit und jeder Achsengeschwindigkeit in einem vergleichenden Beispiel. Im Vergleichsbeispiel wird die Referenzachsengeschwindigkeit einfach basierend auf jeder Achsengeschwindigkeit in einem einzelnen Fahrzeug bestimmt, und das Auftreten eines Rutschens von jedem Rad wird basierend darauf bestimmt, ob die Differenz zwischen der entsprechenden Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit größer oder gleich der Schwelle ist. In **Fig. 6** gibt die durchgezogene Linie Änderungen der Achsengeschwindigkeit an und die gepunktete Linie gibt Änderungen der Referenzachsengeschwindigkeit an. In **Fig. 6** gibt die horizontale Achse die Zeit an und die vertikale Achse gibt eine Geschwindigkeit an. Die Bremssteuerung wird zur Zeit T1 gestartet. Zur Zeit T1 und zu nachfolgenden Zeiten nehmen jede Achsengeschwindigkeit und die Referenzachsengeschwindigkeit mit einer konstanten Rate bzw. Geschwindigkeit basierend auf den Zielverzögerungen ab.

[0053] Alle Räder im einzelnen Fahrzeug rutschen zur Zeit T2. Zur Zeit T2 beginnt jede Achsengeschwindigkeit schnell abzunehmen. Wie oben beschrieben, basiert im vergleichenden Beispiel die Referenzachsengeschwindigkeit einfach auf jeder Achsengeschwindigkeit in dem einzelnen Fahrzeug. Somit nimmt die Referenzachsengeschwindigkeit, wenn alle Räder rutschen, schnell auf die gleiche Weise wie jede Achsengeschwindigkeit ab. In diesem Zustand erhöht sich die Differenz zwischen der Referenzachsengeschwindigkeit und jeder Achsengeschwindigkeit nicht. Im vergleichenden Beispiel wird fälschlicherweise kein Auftreten eines Rutschens bestimmt, obwohl alle Räder rutschen.

[0054] Wenn zum Beispiel alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d rutschen und keines der Räder 25a, 25b, 25c und 25d rutscht, ändert sich jede Achsengeschwindigkeit im Fahrzeug 100 und die Referenzachsengeschwindigkeit, wie in **Fig. 7** veranschaulicht. In **Fig. 7** gibt die durchgezogene Linie Änderungen der Achsengeschwindigkeit an, und die gepunktete Linie gibt Änderungen der Referenzachsengeschwindigkeit an. In **Fig. 7** gibt die horizontale Achse die Zeit an und die vertikale Achse gibt eine Geschwindigkeit an. Die Bremssteuerung wird zur Zeit T1 gestartet. Zur Zeit T1 wird die Hauptsteuereinrichtung 5 gesteuert, um einen Betriebsbefehl, der einen Bremsbefehl umfasst, an die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13 und 23 zu übertragen. Zur Zeit T1 und zu nachfolgenden Zeiten nehmen jede Achsengeschwindigkeit und die Referenzachsengeschwindigkeit mit einer konstanten Rate basierend auf der Zielverzögerung ab.

[0055] Alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d rutschen zur Zeit T2. Zur Zeit T2 fängt es an, dass die Achsen-

geschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d schnell abnimmt. Keines der Räder 25a, 25b, 25c und 25d rutscht zur Zeit T2 und zu nachfolgenden Zeiten. Somit nimmt die Referenzachsengeschwindigkeit, die durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 erlangt wird, mit einer konstanten Rate basierend auf der Zielverzögerung ab. Obwohl die Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d schnell abnimmt, gibt die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 52 in der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 somit die Referenzachsengeschwindigkeit aus, die mit einer konstanten Rate abnimmt, ungleich der schnell abnehmenden Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d.

[0056] Zur Zeit T3 erreicht zum Beispiel die Differenz zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Referenzachsengeschwindigkeit die erste Schwelle. Zur Zeit T3 ist die Differenz zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Referenzachsengeschwindigkeit größer oder gleich der ersten Schwelle, was die Bestimmungseinrichtung 53 in der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 das Bestimmungsergebnis an die Bremssteuervorrichtung 12 übertragen lässt, das angibt, dass alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d, die an den Achsen 14a, 14b, 14c und 14d angebracht sind, rutschen.

[0057] Beim Empfangen des Bestimmungsergebnis oben von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 öffnet die Bremssteuervorrichtung 12 die Antirutschventile 19a, 19b, 19c und 19d, um das Fluid in den Bremszylindern 18a, 18b, 18c und 18d abzulassen. Dies verringert den Druck auf das Fluid in den Bremszylindern 18a, 18b, 18c und 18d und verringert somit die Anpresskraft zum Anpressen der Bremsklötze 17a, 17b, 17c und 17d gegen die Räder 15a, 15b, 15c und 15d. Wenn die Anpresskraft verringert wird, oder mit anderen Worten, wenn die Bremse gelöst wird, beginnt die Differenz zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Referenzachsengeschwindigkeit abzunehmen. Nachfolgend erreicht die Differenz zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Referenzachsengeschwindigkeit null, was ein Wiederanhaften der Räder 15a, 15b, 15c und 15d an den Schienen zur Zeit T4 erzielt.

[0058] Wie oben beschrieben, bestimmt die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 gemäß der Ausführungsform 1 die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d im Fahrzeug 100 und der Referenzachsengeschwin-

digkeit basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 24a, 24b, 24c und 24d im anderen Fahrzeug 200. Dies hindert die Referenzachsengeschwindigkeit daran schnell abzunehmen ungleich der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d im Fahrzeug 100, obwohl alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d, die an den Achsen 14a, 14b, 14c und 14d angebracht sind, rutschen, so dass es basierend auf der Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit ermöglicht wird zu bestimmen, ob irgendein Rutschen irgendeines Rads auftritt. Auf ähnliche Weise kann die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 bestimmen, ob irgendein Rutschen von irgendeinem der Räder 25a, 25b, 25c und 25d, die an den Achsen 24a, 24b, 24c und 24d des Fahrzeugs 200 angebracht sind, auftritt, auch wenn alle Räder 25a, 25b, 25c und 25d rutschen.

Ausführungsform 2

[0059] Das Verfahren zum Entscheiden bzw. Bestimmen der Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf jeder Achsengeschwindigkeit und der physikalischen Quantität, die sich während der Fahrt des Schienenfahrzeugs ändert, ist nicht auf die oben beschriebenen Beispiele beschränkt. Eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform 2 entscheidet bzw. bestimmt die Referenzachsengeschwindigkeit mit einem Verfahren, das sich von dem bei der Ausführungsform 1 verwendeten Verfahren unterscheidet und das somit fokussierend auf Unterschiede gegenüber der Ausführungsform 1 beschrieben wird.

[0060] In **Fig. 8** umfasst ein Schienenfahrzeug 2 das Fahrzeug 100. Das Fahrzeug 100 umfasst eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 31, die bestimmt, ob irgendein Schlupf irgendeines der Räder 15a, 15b, 15c und 15d im Fahrzeug 100 auftritt, und einen Beschleunigungsdetektor 82, der die Beschleunigung des Fahrzeugs 100 erfasst.

[0061] Der Beschleunigungsdetektor 82 misst die Beschleunigung des Fahrzeugs 100 und überträgt Daten, die den Messwert angeben, an die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 31. Wenn das Fahrzeug 100 beschleunigt, ist der Messwert positiv. Wenn das Fahrzeug 100 verzögert, ist der Messwert negativ.

[0062] Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 31 in **Fig. 9** umfasst eine Fahrzeuggeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung („vehicle speed decider“) 54 bzw. eine Fahrzeuggeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 54, die die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 basierend auf dem Messwert der Beschleunigung des Fahrzeugs 100 entscheidet bzw. bestimmt, der von dem Beschleuni-

gungsdetektor 82 erhalten wird, und eine Referenzachsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung („reference axle speed decider“) 55 bzw. eine Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 55, die die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs 2 und der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d entscheidet bzw. bestimmt, die durch die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 bestimmt wird. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 31 mit der Struktur oben weist die gleiche Hardware-Konfiguration wie in der Ausführungsform 1 auf.

[0063] Beim Empfangen eines Betriebsbefehls von der Hauptsteuereinrichtung 5 integriert die Fahrzeuggeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 54 wiederholt den Messwert der Beschleunigung des Fahrzeugs 100, der von dem Beschleunigungsdetektor 82 erlangt wird, und gibt das Integral der gemessenen Beschleunigung an die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 55 als die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 aus. Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 stimmt vermutlich mit der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs 2 überein, das das Fahrzeug 100 umfasst.

[0064] Die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 55 bestimmt die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d, die durch die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 bestimmt wird, und der Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100, die durch die Fahrzeuggeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung 54 bestimmt wird. Dies bedeutet konkreter, dass die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 55 einen Maximalwert aus Geschwindigkeiten auswählt, die die Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d, die durch die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 bestimmt wird, und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 sind, die durch die Fahrzeuggeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 54 bestimmt wird, und gibt den Maximalwert, als die Referenzachsengeschwindigkeit, an die Bestimmungseinrichtung 53 aus.

[0065] Der Rutschbestimmungsvorgang, der durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 31 mit der Struktur oben durchgeführt wird, wird unter Bezugnahme auf **Fig. 10** beschrieben. Beim Empfangen eines Betriebsbefehls von der Hauptsteuereinrichtung 5 startet die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 31 den Vorgang in **Fig. 10**. Die Fahrzeuggeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 54 bestimmt die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 basierend auf dem Messwert der Beschleunigung des Fahrzeugs 100, der von dem Beschleunigungsdetektor 82 erlangt wird (Schritt S21). Die Verarbei-

tung in den Schritten S11 und S12 ist die gleiche wie die Verarbeitung in den Schritten S11 und S12, die durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13 und 23 in **Fig. 5** durchgeführt wird. Wenn der empfangene Betriebsbefehl keinen Bremsbefehl umfasst (Nein im Schritt S11), wird die Verarbeitung in dem Schritt S21 und in den nachfolgenden Schritten, die oben beschrieben sind, wiederholt, wie in **Fig. 10** veranschaulicht.

[0066] Nach dem Schritt S12 bestimmt die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 55, als die Referenzachsengeschwindigkeit, den Maximalwert aus Geschwindigkeiten, die die Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen, die im Schritt S12 bestimmt wird, und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 sind, die im Schritt S21 bestimmt wird (Schritt S22). Die Verarbeitung in nachfolgenden Schritten S14 bis S16 ist die gleiche wie die Verarbeitung in den Schritten S14 bis S16, die durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13 und 23 in **Fig. 5** durchgeführt wird.

[0067] Wenn alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d rutschen, nimmt die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 nicht schnell ab, ungleich der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d. Wenn das Schienenfahrzeug 2 in einer flachen Sektion fährt und wenn alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d rutschen, nimmt die Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs 2 zum Beispiel schrittweise ab, was die Referenzachsengeschwindigkeitsausgabe aus der Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 55 schrittweise abnehmen lässt. In diesem Zustand kann das Auftreten eines Rutschens der Räder 15a, 15b, 15c und 15d basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Referenzachsengeschwindigkeit bestimmt werden.

[0068] Wie oben beschrieben, bestimmt die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 31 gemäß der Ausführungsform 2 die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d im Fahrzeug 100 und auf der Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100. Dies verhindert, dass die Referenzachsengeschwindigkeit schnell abnimmt ungleich der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d, obwohl alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d, die an den Achsen 14a, 14b, 14c und 14d angebracht sind, im Fahrzeug 100 rutschen. Dies ermöglicht eine Bestimmung des Auftretens eines Rutschens von irgendeinem Rad basierend auf der Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit.

Ausführungsform 3

[0069] Das Verfahren zum Entscheiden bzw. Bestimmen der Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf jeder Achsengeschwindigkeit und der physikalischen Quantität, die sich während der Fahrt des Schienenfahrzeugs ändert, ist nicht auf die oben beschriebenen Beispiele beschränkt. Eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform 3 bestimmt die Referenzachsengeschwindigkeit mit einem Verfahren, das sich von den Verfahren bei den Ausführungsformen 1 und 2 unterscheidet und das somit fokussierend auf Unterschiede gegenüber den Verfahren bei den Ausführungsformen 1 und 2 beschrieben wird.

[0070] In **Fig. 11** ist eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 32 gemäß der Ausführungsform 3 an dem Fahrzeug 100 montiert, ähnlich zu der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 31 gemäß der Ausführungsform 2. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 32 umfasst eine Referenzachsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung („reference axle decider“) 56 bzw. eine Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 56, die die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d, die durch die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 bestimmt wird, und der Beschleunigung des Schienenfahrzeugs 1 bestimmt. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 32 mit der Struktur oben weist die gleiche Hardware-Konfiguration wie in der Ausführungsform 1 auf.

[0071] Die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 56 bestimmt die Referenzachsengeschwindigkeit, die die Änderungsrate der Referenzachsengeschwindigkeit innerhalb eines Zielbereichs hält. Dies bedeutet konkreter, dass die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 56 die Referenzachsengeschwindigkeit bestimmt, die die Änderungsrate der Referenzachsengeschwindigkeit innerhalb des Zielbereichs hält, die basierend auf der Beschleunigung des Schienenfahrzeugs 1 definiert ist. Die Beschleunigung des Fahrzeugs 100 kann als die Beschleunigung des Schienenfahrzeugs 2 verwendet werden. Somit bestimmt die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 56 die Referenzachsengeschwindigkeit, um die Änderungsrate der Referenzachsengeschwindigkeit innerhalb des Zielbereichs zu halten, der basierend auf dem Messwert der Beschleunigung des Fahrzeugs 100 definiert ist, der von dem Beschleunigungsdetektor 82 erlangt wird.

[0072] Wie in **Fig. 12** veranschaulicht, umfasst die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 56 eine Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 70, die den Maximalwert der Achsengeschwindigkeit

ausgibt, und einen Beschleunigungswandler 71, der die Beschleunigung des Fahrzeugs 100, die von dem Beschleunigungsdetektor 82 erlangt wird, in eine Änderung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 in einem Berechnungszyklus wandelt. Der Berechnungszyklus entspricht einem Intervall, bei dem die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 56 eine Entscheidung bzw. Bestimmung der Referenzachsengeschwindigkeit wiederholt, und wird somit basierend auf einer Zeitdauer bestimmt, die zum Bestimmen der Referenzachsengeschwindigkeit benötigt wird. Der Berechnungszyklus ist zum Beispiel eine Sekunde.

[0073] Die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 56 umfasst eine Addiereinrichtung 72, die einen Wert, der aus dem Beschleunigungswandler 71 ausgegeben wird, zu der zuletzt bestimmten Referenzachsengeschwindigkeit addiert, und eine Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 73, die einen Maximalwert von Werten ausgibt, die aus der Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 70 und aus der Addiereinrichtung 72 ausgegeben werden.

[0074] Die Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 70 gibt, an die Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 73, den Maximalwert der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d aus, die von der Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 erlangt wird.

[0075] Wenn der Messwert der Beschleunigung des Fahrzeugs 100, der von dem Beschleunigungsdetektor 82 erlangt wird, eine Änderung der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs 1 pro Sekunde (in km/h/s) angibt und der Berechnungszyklus für die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 56 eine Sekunde beträgt, gibt der Beschleunigungswandler 71 den Messwert der Beschleunigung des Fahrzeugs 100, der von dem Beschleunigungsdetektor 82 erlangt wird, an die Addiereinrichtung 72 als die Änderung der Geschwindigkeit (in km/h) des Fahrzeugs 100 im Berechnungszyklus aus.

[0076] Die Addiereinrichtung 72 addiert den Wert (in km/h), der vom Beschleunigungswandler 71 ausgegeben wird, zur Referenzachsengeschwindigkeit (in km/h), die zuletzt aus der Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 73 ausgegeben wird. Der Wert, der aus der Addiereinrichtung 72 ausgegeben wird, entspricht der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d, die erhalten werden kann, wenn kein Rutschen auftritt.

[0077] Die Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 73 gibt den Maximalwert von Werten aus, die aus der Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 70 und aus der Addiereinrichtung 72 ausgegeben werden. Wenn alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d, die an den Achsen

14a, 14b, 14c und 14d angebracht sind, rutschen, nimmt die Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d rapide ab. Dies lässt den Wert, der aus der Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 70 ausgegeben wird, rapide abnehmen und unter den Wert fallen, der von der Addiereinrichtung 72 ausgegeben wird.

[0078] Die Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 73 gibt dann, als die Referenzachsengeschwindigkeit, den Wert, der aus der Addiereinrichtung 72 ausgegeben wird, an die Bestimmungseinrichtung 53 aus.

[0079] Obwohl alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d rutschen, gibt die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 56 die Referenzachsengeschwindigkeit entsprechend der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d aus, die erhalten werden kann, wenn kein Rutschen auftritt. Dies ermöglicht es der Bestimmungseinrichtung 53, basierend auf der Differenz zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Referenzachsengeschwindigkeit zu bestimmen, ob irgendein Schlupf irgendeines Rads auftritt.

[0080] Wie oben beschrieben, ändert die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 32 gemäß der Ausführungsform 3 die Referenzachsengeschwindigkeit, die die Änderungsrate der Referenzachsengeschwindigkeit innerhalb des Zielbereichs hält, oder das bedeutet konkreter, innerhalb des Zielbereichs, der in Übereinstimmung mit der Beschleunigung des Fahrzeugs 100 definiert ist. Dies verhindert, dass die Referenzachsengeschwindigkeit rapide abnimmt ungleich der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14 im Fahrzeug 100, obwohl alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d, die an den Achsen 14a, 14b, 14c und 14d angebracht sind, rutschen, so dass eine Bestimmung des Auftretens eines Rutschens irgendeines Rads basierend auf der Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit ermöglicht wird.

Ausführungsform 4

[0081] Um zu bestimmen, ob ein Schlupf oder ein Rutschen im Fahrzeug auftritt, könnte die Bestimmung basierend auf der Beschleunigung des Schienenfahrzeugs zusätzlich zu einem Vergleich zwischen jeder Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit durchgeführt werden. Eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform 4 bestimmt, ob ein Rutschen auftritt, mit einem Verfahren, das sich von den Verfahren bei den Ausführungsformen 1 bis 3 unterscheidet und das fokussierend auf Unterschiede gegenüber den Verfahren bei den Ausführungsformen 1 bis 3 beschrieben wird.

[0082] In **Fig. 13** umfasst das Fahrzeug 100 eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 33, und das Fahrzeug 200 umfasst eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 34. Das Fahrzeug 100 umfasst den Beschleunigungsdetektor 82. Der Beschleunigungsdetektor 82 überträgt Daten, die den Messwert der Beschleunigung des Fahrzeugs 100 angeben, an die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 33 und 34. Die Beschleunigung des Fahrzeugs 100 kann der Beschleunigung des Schienenfahrzeugs 1 entsprechen, das die Fahrzeuge 100 und 200 umfasst.

[0083] Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 33 und 34 weisen die gleiche Struktur auf. Die Struktur der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 33 wird somit unten beschrieben. In **Fig. 14** umfasst die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 33 eine Achsenbeschleunigungs-Entscheidungseinrichtung („axle acceleration decider“) 57 bzw. eine Achsenbeschleunigungs-Bestimmungseinrichtung 57, die jede Achsenbeschleunigung als eine Umfangsbeschleunigung des entsprechenden Rads 15a, 15b, 15c oder 15d entscheidet bzw. bestimmt, eine Beschleunigungsdifferenz-Berechnungseinrichtung 58, die eine Differenz zwischen jeder Achsenbeschleunigung und der Beschleunigung des Schienenfahrzeugs 1 entscheidet bzw. bestimmt, und eine Bestimmungseinrichtung 59, die bestimmt, ob ein Rutschen irgendeines der Räder 15a, 15b, 15c und 15d auftritt, basierend auf einem Vergleich zwischen jeder Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit oder auf einem Vergleich zwischen jeder Achsenbeschleunigung und der Beschleunigung des Schienenfahrzeugs 1. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 33 und 34 mit der Struktur oben weisen die gleiche Hardware-Konfiguration wie in der Ausführungsform 1 auf.

[0084] Die Achsenbeschleunigungs-Bestimmungseinrichtung 57 erlangt die Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d von der Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51, und bestimmt die Achsenbeschleunigung (in km/h/s) für jede der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d basierend auf einer Änderung der entsprechenden Achsengeschwindigkeit pro Zeiteinheit. Die Achsenbeschleunigungs-Bestimmungseinrichtung 57 gibt jede Achsenbeschleunigung an die Beschleunigungsdifferenz-Berechnungseinrichtung 58 aus.

[0085] Die Beschleunigungsdifferenz-Berechnungseinrichtung 58 berechnet die Differenz zwischen dem Messwert der Beschleunigung des Fahrzeugs 100, der von dem Beschleunigungsdetektor 82 erlangt wird, und der Achsenbeschleunigung von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d, und gibt die berechnete Beschleunigungsdifferenz an die Bestimmungseinrichtung 59 aus. Jede Beschleunigungsdifferenz

gibt einen Absolutwert der Differenz zwischen dem Messwert der Beschleunigung des Fahrzeugs 100 und jeder Achsenbeschleunigung an.

[0086] Die Bestimmungseinrichtung 59 bestimmt, ob ein Rutschen auftritt, basierend auf der Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit oder basierend auf jeder Beschleunigungsdifferenz. Die Bestimmung basierend auf der Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit wird bei der Ausführungsform 1 durchgeführt. Dies bedeutet konkreter, dass, wie bei der Ausführungsform 1, die Bestimmungseinrichtung 59 bestimmt, ob die Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit größer oder gleich der ersten Schwelle ist. Wenn irgendeine der Geschwindigkeitsdifferenzen größer oder gleich der ersten Schwelle ist, ist die entsprechende Achsengeschwindigkeit ausreichend kleiner als die Referenzachsengeschwindigkeit. In diesem Zustand kann ein Auftreten eines Rutschens bestimmt werden.

[0087] Die Bestimmung eines Rutschens basierend auf jeder Beschleunigungsdifferenz wird beschrieben. Die Bestimmungseinrichtung 59 bestimmt, ob jede Beschleunigungsdifferenz, die von der Beschleunigungsdifferenz-Berechnungseinrichtung 58 erlangt wird, größer oder gleich einer zweiten Schwelle ist. Die zweite Schwelle ist basierend auf einer Differenz zwischen der Beschleunigung des Schienenfahrzeugs 1 und jeder Achsengeschwindigkeit definiert, die erzeugt wird, wenn ein Rutschen während zum Beispiel der Testfahrt oder einer Simulation des Schienenfahrzeugs 1 auftritt. Wenn irgendeine der Beschleunigungsdifferenzen größer oder gleich der zweiten Schwelle ist, ist die entsprechende Achsenbeschleunigung ausreichend kleiner als die Beschleunigung des Fahrzeugs 100. In diesem Zustand kann ein Rutschen erfasst werden.

[0088] Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 33 und 34 mit der Struktur oben führen den Rutschbestimmungsvorgang auf die gleiche Weise durch. Somit wird der Rutschbestimmungsvorgang, der durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 33 durchgeführt wird, unter Bezugnahme auf **Fig. 15** beschrieben. Beim Empfangen eines Betriebsbefehls von der Hauptsteuerleinrichtung 5, startet die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 33 den Vorgang in **Fig. 15**. Die Verarbeitung in den Schritten S11 und S12 ist die gleiche wie die Verarbeitung in den Schritten S11 und S12, die durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 gemäß der Ausführungsform 1 in **Fig. 5** durchgeführt wird.

[0089] Die Achsenbeschleunigungs-Bestimmungseinrichtung 57 bestimmt jede Achsenbeschleunigung

basierend auf der entsprechenden Achsengeschwindigkeit, die im Schritt S12 bestimmt wird (Schritt S31). Die Beschleunigungsdifferenz-Berechnungseinrichtung 58 berechnet die Beschleunigungsdifferenz basierend auf jeder Achsenbeschleunigung, die im Schritt S31 bestimmt wird, und dem Messwert der Beschleunigung des Fahrzeugs 100, der von dem Beschleunigungsdetektor 82 erlangt wird (Schritt S32). Die Bestimmungseinrichtung 59 bestimmt, ob die Beschleunigungsdifferenz, die im Schritt S32 berechnet wird, größer oder gleich der zweiten Schwelle ist.

[0090] Wenn zumindest irgendeine der Beschleunigungsdifferenzen, die im Schritt S32 berechnet werden, größer oder gleich der zweiten Schwelle ist (Ja im Schritt S33), gibt die Bestimmungseinrichtung 59 an die Bremssteuervorrichtung 12 eine Information über die Achsen 14a, 14b, 14c oder 14d mit einer Achsenbeschleunigung aus, die eine Differenz gegenüber der Beschleunigung des Fahrzeugs 100 aufweist, die größer oder gleich der zweiten Schwelle ist, das bedeutet mit anderen Worten eine Information über irgendeine der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d, an der das rutschende Rad 15a, 15b, 15c oder 15d angebracht ist (Schritt S34). Wenn die Verarbeitung im Schritt S34 endet, werden die Verarbeitung im Schritt S11 und die nachfolgenden Schritte, die oben beschrieben sind, wiederholt.

[0091] Wenn alle Beschleunigungsdifferenzen, die im Schritt S32 berechnet werden, kleiner als die zweite Schwelle sind (Nein im Schritt S33), werden die Verarbeitung im Schritt S11 und in nachfolgenden Schritten, die oben beschrieben sind, wiederholt, ohne die Verarbeitung im Schritt S34 durchzuführen.

[0092] Während die Verarbeitung in den Schritten S31 bis S34 durchgeführt wird, wird die Verarbeitung in den Schritten S13 bis S16 parallel durchgeführt. Die Verarbeitung in den Schritten S13 bis S16 ist die gleiche wie die Verarbeitung in den Schritten S13 bis S16, die durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 gemäß der Ausführungsform 1 in **Fig. 5** durchgeführt wird.

[0093] Wie oben beschrieben, bestimmt die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 33 gemäß der Ausführungsform 4, ob ein Rutschen auftritt, basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsenbeschleunigung von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d im Fahrzeug 100 und der Beschleunigung des Fahrzeugs 100 zusätzlich dazu, dass es auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Referenzachsengeschwindigkeit basiert, die basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 24a, 24b, 24c und 24d im Fahrzeug 200 bestimmt wird.

[0094] Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 33 bestimmt, dass ein Rutschen auftritt, wenn irgendeine der Beschleunigungsdifferenzen größer oder gleich der zweiten Schwelle ist oder wenn irgendeine der Geschwindigkeitsdifferenzen größer oder gleich der ersten Schwelle ist. Dies ermöglicht eine genauere und schnellere Bestimmung des Auftretens eines Rutschens als bei den Ausführungsformen 1 bis 3.

Ausführungsform 5

[0095] Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen, die oben beschrieben sind, können das Auftreten eines Schlupfes zusätzlich zu einem Rutschen bestimmen. Eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform 5 bestimmt das Auftreten eines Rutschens und eines Schlupfes und wird fokussierend auf Unterschiede gegenüber der Ausführungsform 1 beschrieben.

[0096] Das Fahrzeug 100 umfasst einen Leistungswandler 83, der in **Fig. 16** veranschaulicht ist, als Antriebsvorrichtung für das Schienenfahrzeug 1, einen Elektromotor 87, der mit einer Leistung betrieben wird, die vom Leistungswandler 83 eingespeist wird, um eine Antriebskraft für das Schienenfahrzeug 1 zu erzeugen, und eine Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35, die das Auftreten eines Schlupfes oder eines Rutschens bestimmt.

[0097] Der Leistungswandler 83 ist zum Beispiel ein dreiphasiger Gleichstrom-(DC-)Wandler, der an dem Schienenfahrzeug 1 unter Verwendung einer DC-Einspeiseeinrichtung montiert ist und der eine DC-Leistung, die von einer Leistungsversorgung geliefert wird, die nicht veranschaulicht ist, in eine dreiphasige Wechselstrom-(AC-)Leistung wandelt, um die dreiphasige AC-Leistung an eine Last zu liefern bzw. zu speisen. Der Leistungswandler 83 umfasst einen Eingangsanschluss 83a, der mit der Leistungsversorgung zu verbinden ist, und einen Eingangsanschluss 83b, der zu erden ist. Der Leistungswandler 83 umfasst ferner eine Leistungsumwandlungsschaltung 84, die eine DC-Leistung, die von der Leistungsversorgung eingespeist wird, in eine dreiphasige AC-Leistung wandelt und die die dreiphasige AC-Leistung an den Elektromotor 87 speist, eine Stromerfassungsschaltung 85, die den Phasenstrom misst, der aus der Leistungsumwandlungsschaltung 84 ausgegeben wird, und eine Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86, die die Leistungsumwandlungsschaltung 84 steuert. Der Leistungswandler 83 umfasst ferner eine Drosselspule L1 und einen Kondensator C1. Die Drosselspule L1 und der Kondensator C1 sind seriell zwischen den Eingangsanschlüssen 83a und 83b verbunden. Der Leistungswandler 83 mit der Struktur oben befindet sich unter dem Boden des Fahrzeugs 100 als Triebwagen.

[0098] Der Eingangsanschluss 83a ist elektrisch mit der Leistungsversorgung, oder spezifischer mit einem Stromabnehmer, durch ein Schütz oder einen Leistungsschalter verbunden, die nicht veranschaulicht sind. Der Stromabnehmer erlangt eine Leistung, die von einem Umspannwerk eingespeist wird, über eine Leistungsversorgungsleitung. Beispiele des Stromabnehmers umfassen einen Storchenschnabel zum Erlangen der Leistung durch eine Überkopfleitung als Beispiel einer Leistungsversorgungsleitung und einen Stromsammelschuh zum Erlangen der Leistung durch eine dritte Schiene als Beispiel einer Leistungsversorgungsleitung. Der Eingangsanschluss 83b wird zum Beispiel mit einem Erdungsring, einer Erdungsbürste oder den Rädern geerdet, die nicht veranschaulicht sind.

[0099] Die Leistungsumwandlungsschaltung 84 ist zum Beispiel ein Wechselrichter, der die effektive Spannung und die Frequenz der ausgegebenen AC-Leistung ändert. Die Leistungsumwandlungsschaltung 84 umfasst mehrere Schaltelemente. Jedes Schaltelement schaltet unter einer Steuerung der Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86. Jedes Schaltelement ist zum Beispiel ein Bipolartransistor mit isoliertem Gate (IGBT).

[0100] Die Stromerfassungsschaltung 85 umfasst einen Stromtransformator (CT), der an einer Sammelschiene angebracht ist, die die Leistungsumwandlungsschaltung 84 und den Elektromotor 87 elektrisch verbindet. Die Stromerfassungsschaltung 85 misst den Phasenstrom, oder konkreter einen U-Phasenstrom, einen V-Phasenstrom und einen W-Phasenstrom, die aus der Leistungsumwandlungsschaltung 84 ausgegeben werden. Die Stromerfassungsschaltung 85 überträgt den Messwert jedes Phasenstroms an die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86.

[0101] Die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 erlangt einen Betriebsbefehl von der Hauptsteuereinrichtung 5. Die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 erzeugt ein Leistungsumwandlungs-Steuersignal zum Steuern jedes Schaltelements in der Leistungsumwandlungsschaltung 84 in Übereinstimmung mit dem Betriebsbefehl und dem Bestimmungsergebnis von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 und gibt das Leistungsumwandlungs-Steuersignal an die Leistungsumwandlungsschaltung 84 aus. Das Leistungsumwandlungs-Steuersignal ist zum Beispiel ein Impulsweitenmodulations-(PWM-) Signal.

[0102] Die Drosselspule L1 weist ein Ende auf, das mit dem Eingangsanschluss 83a verbunden ist. Die Drosselspule L1 weist das andere Ende auf, das mit einem Primäranschluss der Leistungsumwandlungsschaltung 84 verbunden ist. Der Kondensator C1

weist ein Ende auf, das mit dem Verbindungspunkt zwischen dem anderen Ende der Drosselspule L1 und dem Primäranschluss der Leistungsumwandlungsschaltung 84 verbunden ist. Der Kondensator C1 weist das andere Ende auf, das mit dem Verbindungspunkt zwischen dem Eingangsanschluss 83b und dem Primäranschluss der Leistungsumwandlungsschaltung 84 verbunden ist. Die Drosselspule L1 und der Kondensator C1 sind von einem LC-Filter zum Schwächen harmonischer Komponenten umfasst, die aus dem Schaltbetrieb resultieren, der durch die Leistungsumwandlungsschaltung 84 durchgeführt wird.

[0103] Der Elektromotor 87 ist an dem Drehgestell montiert, das den Fahrzeugkörper des Fahrzeugs 100 trägt. Wenn der Elektromotor 87 mit einer Leistung betrieben wird, die von dem Leistungswandler 83 geliefert wird, dreht sich die Welle des Elektromotors 87. Die Drehkraft bzw. Rotationskraft der Welle wird an die Achsen 14a, 14b, 14c und 14d durch ein Gelenk und eine Zahnradvorrichtung übertragen. Dies bedeutet konkreter, dass das Fahrzeug 100 zwei Drehgestelle umfasst, um den Fahrzeugkörper zu tragen. Jedes Drehgestell umfasst zwei Elektromotoren 87. Die Drehkraft der Wellen in den Elektromotoren 87 an einem Drehgestell wird an die Achsen 14a und 14b übertragen, und die Drehkraft der Wellen in den Elektromotoren 87 an dem anderen Drehgestell wird an die Achsen 14c und 14d übertragen. In Reaktion auf die Drehung der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d drehen sich auch die Räder 15a, 15b, 15c und 15d, die jeweils an beiden Enden der entsprechenden Achse 14a, 14b, 14c oder 14d angebracht sind. Dies erzeugt die Antriebskraft des Schienenfahrzeugs 1.

[0104] Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 in **Fig. 17** erlangt die Referenzachsengeschwindigkeit von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 36 in dem Fahrzeug 200. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 35 und 36 weisen die gleiche Struktur auf. Somit wird die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 beschrieben, die bestimmt, ob ein Schlupf oder Rutschen eines Rads auftritt. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 umfasst eine Referenzachsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung („reference axle decider“) 60 bzw. eine Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 60 und eine Bestimmungseinrichtung 61. Die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 60 entscheidet bzw. bestimmt, in Reaktion auf einen Betriebsbefehl, die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf jeder Achsengeschwindigkeit, die durch die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 bestimmt wird, und die Referenzachsengeschwindigkeit, die von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 36 erlangt wird. Die Bestimmungseinrichtung 61 bestimmt, ob ein

Schlupf oder Rutschen auftritt, basierend auf einem Vergleich zwischen jeder Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 35 und 36 mit der Struktur oben weisen die gleiche Hardware-Konfiguration wie bei der Ausführungsform 1 auf.

[0105] Die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 60 in **Fig. 18** umfasst die Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 70, die ein Maximalwert der Achsengeschwindigkeit ausgibt, eine Minimalwert-Ausgabeeinrichtung 74, die einen Minimalwert der Achsengeschwindigkeit ausgibt, und einen Schalter 75, der den Wert, der aus der Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 70 ausgegeben wird, oder den Wert, der aus der Minimalwert-Ausgabeeinrichtung 74 ausgegeben wird, in Reaktion auf einen Betriebsbefehl ausgibt.

[0106] Die Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 70 erlangt die Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d von der Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 und gibt den Maximalwert der erlangten Achsengeschwindigkeit an den Schalter 75 aus.

[0107] Die Minimalwert-Ausgabeeinrichtung 74 erlangt die Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d von der Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 und gibt den Minimalwert der erlangten Achsengeschwindigkeit an den Schalter 75 aus.

[0108] Wenn der Betriebsbefehl, der von der Hauptsteuereinrichtung 5 erlangt wird, einen Bremsbefehl umfasst, gibt der Schalter 75 als die Referenzachsengeschwindigkeit den Wert, der aus der Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 70 ausgegeben wird, an die Bestimmungseinrichtung 61 und an die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 36 aus. Wenn der Betriebsbefehl keinen Bremsbefehl umfasst, oder mit anderen Worten, wenn der Betriebsbefehl einen Leistungsfahrbefehl oder einen Ausrollbefehl umfasst, gibt der Schalter 75 als die Referenzachsengeschwindigkeit den Wert, der aus der Minimalwert-Ausgabeeinrichtung 74 ausgegeben wird, an die Bestimmungseinrichtung 61 und die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 36 aus.

[0109] Wenn der Betriebsbefehl einen Bremsbefehl umfasst, berechnet die Bestimmungseinrichtung 61 eine Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit, die von der Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 erlangt wird, und der Referenzachsengeschwindigkeit, die von der Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 60 erlangt wird, und bestimmt, ob jede Geschwindigkeitsdifferenz größer oder gleich der ersten Schwelle ist. Jede Geschwindigkeitsdifferenz

gibt einen Absolutwert der Differenz zwischen der entsprechenden Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit an. Wenn eine der Geschwindigkeitsdifferenzen größer oder gleich der ersten Schwelle ist, ist die entsprechende Achsengeschwindigkeit ausreichend kleiner als die Referenzachsengeschwindigkeit. In diesem Zustand kann ein Auftreten eines Rutschens bestimmt werden. Wenn jede Geschwindigkeitsdifferenz kleiner als die erste Schwelle ist, wird kein Auftreten eines Rutschens der Räder 15a, 15b, 15c und 15d bestimmt. Die Bestimmungseinrichtung 61 überträgt das Bestimmungsergebnis oben an die Bremssteuervorrichtung 12.

[0110] Wenn der Betriebsbefehl keinen Bremsbefehl umfasst, berechnet die Bestimmungseinrichtung 61 die Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit, die von der Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 erlangt wird, und der Referenzachsengeschwindigkeit, die von der Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 60 erlangt wird, und bestimmt, ob jede Geschwindigkeitsdifferenz größer oder gleich einer dritten Schwelle ist. Jede Geschwindigkeitsdifferenz gibt einen Absolutwert der Differenz zwischen der entsprechenden Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit an. Die dritte Schwelle ist basierend auf einer Differenz zwischen der Referenzachsengeschwindigkeit und jeder Achsengeschwindigkeit definiert, die erzeugt wird, wenn ein Schlupf zum Beispiel bei der Testfahrt oder bei der Simulation des Schienenfahrzeugs 1 erzeugt wird. Wenn eine der Geschwindigkeitsdifferenzen größer oder gleich der dritten Schwelle ist, ist die entsprechende Achsengeschwindigkeit ausreichend größer als die Referenzachsengeschwindigkeit. In diesem Zustand kann ein Auftreten eines Schlupfes bestimmt werden. Wenn jede Geschwindigkeitsdifferenz kleiner als die dritte Schwelle ist, wird kein Auftreten eines Schlupfes der Räder 15a, 15b, 15c und 15d bestimmt.

[0111] Die Bestimmungseinrichtung 61 überträgt das Bestimmungsergebnis oben an die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86. Wenn eine der Geschwindigkeitsdifferenzen zum Beispiel größer oder gleich der dritten Schwelle ist, überträgt die Bestimmungseinrichtung 61 eine Nachricht über einen Schlupf an die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86.

[0112] Unten wird ein Leistungsumwandlungsvorgang beschrieben, der durch den Leistungswandler 83 mit der Struktur oben in **Fig. 16** durchgeführt wird. Wenn der Betriebsbefehl einen Leistungsfahrbefehl umfasst, wandelt der Leistungswandler 83 die von der Leistungsversorgung eingespeiste DC-Leistung in die dreiphasige AC-Leistung und liefert die dreiphasige AC-Leistung an den Elektromotor 87. Der

Elektromotor 87 wird mit der gelieferten dreiphasigen AC-Leistung betrieben, um die Antriebskraft des Schienenfahrzeugs 1 zu erzeugen.

[0113] Dies bedeutet konkreter, dass, wenn der Betriebsbefehl einen Leistungsfahrbefehl umfasst, die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 einen Drehmomentbefehlswert τ^* als Zieldrehmoment für den Elektromotor 87 in Übereinstimmung mit der Zielbeschleunigung, die durch den Leistungsfahrbefehl als ein Zielwert für die Beschleunigung des Schienenfahrzeugs 1 angegeben ist, und dem Messwert der Drehgeschwindigkeit des Elektromotors 87 bestimmt, der von einem Geschwindigkeitsdetektor erlangt wird, der nicht veranschaulicht ist. Die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 bestimmt einen Erregerstrom-Befehlswert i_d^* und einen Drehmomentstrom-Befehlswert i_q^* in Übereinstimmung mit dem Drehmomentbefehlswert τ^* . Um einen Erregerstromwert i_d und einen Drehmomentstromwert i_q zu entscheiden, wandelt die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 für den Messwert des Phasenstroms, der von der Stromerfassungsschaltung 85 erlangt wird, eine Dreiphasenkoordinate in eine dq-Rotationskoordinate basierend auf einer geschätzten Position θ , die aus dem Messwert für die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors 87 geschätzt wird.

[0114] Die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 bestimmt einen Erregerspannungs-Befehlswert V_d^* basierend auf einer Differenz zwischen dem Erregerstromwert i_d und dem Erregerstrom-Befehlswert i_d^* und bestimmt einen Drehmomentspannungs-Befehlswert V_q^* basierend auf einer Differenz zwischen dem Drehmomentstromwert i_q und dem Drehmomentstrom-Befehlswert i_q^* . Um einen U-Phasenspannungs-Befehlswert V_u^* , einen V-Phasenspannungs-Befehlswert V_v^* und einen W-Phasenspannungs-Befehlswert V_w^* zu bestimmen, wandelt die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 für den Erregerspannungs-Befehlswert V_d^* und den Drehmomentspannungs-Befehlswert V_q^* die dq-Rotationskoordinaten in die Dreiphasenkoordinaten basierend auf der geschätzten Position θ . Die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 erzeugt und gibt dann das Leistungsumwandlungs-Steuersignal und die entsprechende Trägerwelle zum Steuern des Schaltens von jedem Schaltelement in der Leistungsumwandlungsschaltung 84 basierend auf jedem von dem U-Phasenspannungs-Befehlswert V_u^* , dem V-Phasenspannungs-Befehlswert V_v^* und dem W-Phasenspannungs-Befehlswert V_w^* aus.

[0115] Beim Empfangen der Nachricht über einen Schlupf von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 stellt die Leistungsumwandlungs-

schaltungs-Steuereinrichtung 86 den Drehmomentbefehlswert τ^* auf einen kleineren Wert als den obigen Drehmomentbefehlswert τ^* ein, der bestimmt wird in Übereinstimmung mit der Zielbeschleunigung des Schienenfahrzeugs 1, die durch den Leistungsfahrbehl angegeben wird, und mit dem Messwert der Drehgeschwindigkeit des Elektromotors 87, wie oben beschrieben. Die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 führt den Vorgang oben basierend auf dem Drehmomentbefehlswert τ^* durch, der auf den kleineren Wert eingestellt ist, und erzeugt das Leistungsumwandlungs-Steuersignal.

[0116] Wenn das Leistungsumwandlungs-Steuersignal an ein Gate-Signal für jedes Schaltelement in der Leistungsumwandlungsschaltung 84 geliefert wird, führt das entsprechende Schaltelement einen Schaltbetrieb durch. Dies ermöglicht es der Leistungsumwandlungsschaltung 84, die DC-Leistung in die dreiphasige AC-Leistung zu wandeln und die dreiphasige AC-Leistung an den Elektromotor 87 zu liefern bzw. speisen.

[0117] Wenn der Betriebsbefehl einen Bremsbefehl umfasst, liefert der Elektromotor 87, der als ein Leistungsgenerator arbeitet, die dreiphasige AC-Leistung an den Leistungswandler 83. Der Leistungswandler 83 wandelt die dreiphasige AC-Leistung, die vom Elektromotor 87 gespeist wird, in die DC-Leistung und liefert die DC-Leistung durch den Stromabnehmer und die Leistungsversorgungsleitung an andere Schienenfahrzeuge, die nahe dem Schienenfahrzeug 1 fahren, das den Leistungswandler 83 umfasst. Die dreiphasige AC-Leistung, die durch den Elektromotor 87 erzeugt wird, wird an die anderen Schienenfahrzeuge geliefert und in ihnen verbraucht. Dies erzeugt eine regenerative Bremskraft zum Verzögern des Schienenfahrzeugs 1.

[0118] Dies bedeutet konkreter, dass, wenn der Betriebsbefehl einen Bremsbefehl umfasst, die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 den Messwert der Spannung zwischen Anschlüssen des Kondensators C1 von einem Spannungssensor erlangt, der nicht veranschaulicht ist, und von der Stromerfassungsschaltung 85 den Messwert von jedem Phasenstrom erlangt, der von dem Elektromotor 87 zu der Leistungsumwandlungsschaltung 84 fließt. Basierend auf dem Messwert der Spannung zwischen Anschlüssen im Kondensator C1 und dem gemessenen Phasenstrom, der vom Elektromotor 87 zur Leistungsumwandlungsschaltung 84 fließt, bestimmt die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 einen Spannungsbefehlswert als Zielwert für die Spannungsausgabe aus der Leistungsumwandlungsschaltung 84.

[0119] Der Zielwert der Spannungsausgabe aus der Leistungsumwandlungsschaltung 84 ist innerhalb

eines Zielbereichs von Spannungen umfasst, die zum Beispiel größer als die Überkopfspannung und die Spannungen sind, mit der die regenerative Bremse versehen werden kann. Die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 erzeugt dann, in Übereinstimmung mit dem Spannungsbefehlswert, das Leistungsumwandlungs-Steuersignal zum Steuern des Schaltens von jedem Schaltelement in der Leistungsumwandlungsschaltung 84 und gibt das Leistungsumwandlungs-Steuersignal aus.

[0120] Wenn das Leistungsumwandlungs-Steuersignal an ein Gate-Signal für jedes Schaltelement in der Leistungsumwandlungsschaltung 84 geliefert wird, führt ein entsprechendes Schaltelement einen Schaltbetrieb durch. Dies ermöglicht es der Leistungsumwandlungsschaltung 84, die dreiphasige AC-Leistung, die von dem Elektromotor 87 eingespeist wird, in die DC-Leistung zu wandeln und den Kondensator C1 mit der DC-Leistung zu laden.

[0121] Wie oben beschrieben, wenn die anderen Schienenfahrzeuge nahe dem Schienenfahrzeug 1 beschleunigen, das den Leistungswandler 83 umfasst, wird die durch den Elektromotor 87 erzeugte Leistung an die anderen Schienenfahrzeuge geliefert und von ihnen verbraucht. Dies erzeugt eine regenerative Bremskraft zum Verzögern des Schienenfahrzeugs 1.

[0122] Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 35 und 36 führen einen Schlupf- und Rutschbestimmungsvorgang auf die gleiche Weise durch. Somit wird der Rutschbestimmungsvorgang, der durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 durchgeführt wird, unter Bezugnahme auf **Fig. 19** beschrieben. Beim Empfangen eines Betriebsbefehls von der Hauptsteuereinrichtung 5 beginnt die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 den Vorgang in **Fig. 19**.

[0123] Die Verarbeitung im Schritt S12 ist die gleiche wie die Verarbeitung im Schritt S12, die durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 gemäß der Ausführungsform 1 in **Fig. 5** durchgeführt wird. Wenn der empfangene Betriebsbefehl einen Bremsbefehl umfasst (Ja im Schritt S41), wird die Verarbeitung in den Schritten S13 bis S16 durchgeführt. Die Verarbeitung in den Schritten S13 bis S16 ist die gleiche wie die Verarbeitung in den Schritten S13 bis S16, die durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 gemäß der Ausführungsform 1 in **Fig. 5** durchgeführt wird. Wenn die Geschwindigkeitsdifferenzen, die im Schritt S14 berechnet werden, kleiner als die erste Schwelle sind (Nein im Schritt S15), werden die Verarbeitung im Schritt S12 und in nachfolgenden Schritten wiederholt, die oben beschrieben sind. Wenn eine der Geschwindigkeitsdifferenzen, die im Schritt S14

berechnet werden, größer oder gleich der ersten Schwelle ist (Ja im Schritt S15), gibt die Bestimmungseinrichtung 61 an die Bremssteuervorrichtung 12 eine Information über die Achse 14a, 14b, 14c oder 14d aus, die eine Achsengeschwindigkeit aufweist, die eine Differenz gegenüber der Referenzachsengeschwindigkeit aufweist, die größer oder gleich der ersten Schwelle ist (Schritt S16). Wenn die Verarbeitung im Schritt S16 endet, werden die Verarbeitung im Schritt S12 und in nachfolgenden Schritten wiederholt, die oben beschrieben sind.

[0124] Wenn der empfangene Betriebsbefehl keinen Bremsbefehl umfasst (Nein im Schritt S41), bestimmt die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 60 als die Referenzachsengeschwindigkeit den Minimalwert von Geschwindigkeiten, die jede Achsengeschwindigkeit, die im Schritt S12 entschieden wird, und die Referenzachsengeschwindigkeit sind, die von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 36 erlangt wird (Schritt S42).

[0125] Die Bestimmungseinrichtung 61 berechnet die Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit, die im Schritt S12 bestimmt wird, und der Referenzachsengeschwindigkeit, die im Schritt S42 bestimmt wird (Schritt S43). Wenn die Geschwindigkeitsdifferenzen, die im Schritt S43 berechnet werden, kleiner als die dritte Schwelle sind (Nein im Schritt S44), wird die Verarbeitung im Schritt S12 und in den oben beschriebenen nachfolgenden Schritten wiederholt.

[0126] Wenn zumindest eine der Geschwindigkeitsdifferenzen, die im Schritt S43 berechnet werden, größer oder gleich der dritten Schwelle ist (Ja im Schritt S44), überträgt die Bestimmungseinrichtung 61 eine Nachricht über einen Schlupf an die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 (Schritt S45).

[0127] Wenn zum Beispiel alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d einen Schlupf aufweisen und keines der Räder 25a, 25b, 25c und 25d einen Schlupf aufweist, ändert sich die Achsengeschwindigkeit und die Referenzachsengeschwindigkeit im Fahrzeug 100, wie in **Fig. 20** veranschaulicht. In **Fig. 20** gibt die durchgezogene Linie Änderungen der Achsengeschwindigkeit an und die gepunktete Linie gibt Änderungen der Referenzachsengeschwindigkeit an. In **Fig. 20** gibt die horizontale Achse die Zeit an und die vertikale Achse gibt eine Geschwindigkeit an. Ein Leistungsfahren wird zur Zeit T11 gestartet. Zur Zeit T11 wird die Hauptsteuereinrichtung 5 gesteuert, um einen Betriebsbefehl, der einen Leistungsfahrbehl umfasst, an die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 35 und 36 zu übertragen. Zur Zeit T11 und zu nachfolgenden Zeiten nehmen die Achsengeschwindigkeit und die Referenzachsenge-

schwindigkeit mit einer konstanten Rate basierend auf der Zielbeschleunigung zu.

[0128] Alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d weisen zur Zeit T12 einen Schlupf auf. Zur Zeit T12 beginnen die Achsengeschwindigkeit aller Achsen 14a, 14b, 14c und 14d sich rapide zu erhöhen. Keines der Räder 25a, 25b, 25c und 25d weist zur Zeit T12 und zu nachfolgenden Zeiten einen Schlupf auf. Somit erhöht sich die Referenzachsengeschwindigkeit, die durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 36 erlangt wird, mit einer konstanten Rate basierend auf der Zielbeschleunigung. Obwohl sich die Achsengeschwindigkeit aller Achsen 14a, 14b, 14c und 14d rapide erhöht, gibt die Referenzachsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung 60 in der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 somit die Referenzachsengeschwindigkeit aus, die mit einer konstanten Rate ungleich der rapiden Erhöhung einer Achsengeschwindigkeit der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d abnimmt.

[0129] Zum Beispiel erreicht die Differenz zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Referenzachsengeschwindigkeit die dritte Schwelle zur Zeit T13. Zur Zeit T13 ist die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Referenzachsengeschwindigkeit größer oder gleich der dritten Schwelle, was die Bestimmungseinrichtung 61 in der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 eine Nachricht über einen Schlupf an die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 übertragen lässt.

[0130] Beim Empfangen der Nachricht über einen Schlupf von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 stellt die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 den Drehmomentbefehlswert τ^* auf einen kleineren Wert als den Drehmomentbefehlswert τ^* ein, der basierend auf der Zielbeschleunigung des Schienenfahrzeugs 1, die durch den Leistungsfahrbehl angegeben ist, und dem Messwert der Drehgeschwindigkeit des Elektromotors 87 bestimmt wird. Die Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung 86 erzeugt das Leistungsumwandlungs-Steuersignal basierend auf dem Drehmomentbefehlswert τ^* , der auf den kleineren Wert eingestellt ist.

[0131] Wenn das Leistungsumwandlungs-Steuersignal, das wie oben beschrieben erzeugt wird, an das Gate-Signal für jedes Schaltelement in der Leistungsumwandlungsschaltung 84 geliefert wird, nimmt die Leistungsausgabe aus der Leistungsumwandlungsschaltung 84 ab und auch die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors 87 nimmt ab. Wenn die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors

87 abnimmt und die Beschleunigung verringert wird, beginnt sich die Differenz zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Referenzachsengeschwindigkeit zu verringern. Danach erreicht die Differenz zwischen der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Referenzachsengeschwindigkeit null, so dass ein Wiederanhaften der Räder 15a, 15b, 15c und 15d an den Schienen zu einer Zeit T14 erzielt wird.

[0132] Wie oben beschrieben, bestimmt die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 gemäß der Ausführungsform 5 die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d im Fahrzeug 100 und der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 24a, 24b, 24c und 24d im anderen Fahrzeug 200. Dies hindert die Referenzachsengeschwindigkeit daran sich rapide zu ändern ungleich der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d im Fahrzeug 100, obwohl alle Räder 15a, 15b, 15c und 15d, die an den Achsen 14a, 14b, 14c und 14d angebracht sind, rutschen oder einen Schlupf aufweisen, so dass eine Bestimmung des Auftretens eines Rutschens oder eines Schlupfes von einem Rad basierend auf der Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit ermöglicht wird.

[0133] Auf ähnliche Weise bestimmt die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 36 die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 24a, 24b, 24c und 24d im Fahrzeug 200 und der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d im anderen Fahrzeug 100. Dies ermöglicht eine Bestimmung des Auftretens eines Rutschens oder eines Schlupfes von einem der Räder 25a, 25b, 25c und 25d, die an den Achsen 24a, 24b, 24c und 24d im Fahrzeug 200 angebracht sind, basierend auf der Differenz zwischen jeder Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit, obwohl alle Räder 25a, 25b, 25c und 25d rutschen oder einen Schlupf aufweisen.

[0134] Die vorliegende Offenbarung ist nicht auf die Ausführungsformen oben beschränkt. Die Ausführungsformen oben könnten ggf. kombiniert werden. Zum Beispiel könnte das Auftreten eines Schlupfes oder eines Rutschens bei den Ausführungsformen 1 bis 4 auf die gleiche Weise wie bei der Ausführungsform 5 bestimmt werden.

[0135] In einem anderen Beispiel, ähnlich zur Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 56, könnte die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 60 in der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 35 gemäß der

Ausführungsform 5 die Referenzachsengeschwindigkeit bestimmen, die die Änderungsrate der Referenzachsengeschwindigkeit innerhalb des Zielbereichs hält. Dies bedeutet konkreter, dass die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 60 in **Fig. 21** eine Ausgabeeinrichtung 76 für eine verringerte Geschwindigkeit, die einen Grenzwert einer Geschwindigkeitsverringering in einem Berechnungszyklus ausgibt, und eine Ausgabeeinrichtung 77 für eine erhöhte Geschwindigkeit umfasst, die einen Grenzwert einer Geschwindigkeitserhöhung in einem Berechnungszyklus ausgibt. Die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 60 umfasst ferner eine Addiereinrichtung 78, die einen Wert, der aus der Ausgabeeinrichtung 77 für eine erhöhte Geschwindigkeit ausgegeben wird, zur zuletzt entschiedenen Referenzachsengeschwindigkeit addiert, und eine Minimalwert-Ausgabeeinrichtung 79, die einen Minimalwert von Werten ausgibt, die aus der Minimalwert-Ausgabeeinrichtung 74 und aus der Addiereinrichtung 78 ausgegeben werden.

[0136] Die Ausgabeeinrichtung 76 für verringerte Geschwindigkeit gibt als den Grenzwert oben (in km/h) zum Beispiel die verringerte Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 in jedem Berechnungszyklus basierend auf dem Maximalwert der Zielverzögerung aus, die durch den Bremsbefehl angegeben ist.

[0137] Die Addiereinrichtung 72 addiert den Wert (in km/h), der aus der Ausgabeeinrichtung 76 für eine verringerte Geschwindigkeit ausgegeben wird, zur zuletzt entschiedenen Referenzachsengeschwindigkeit (in km/h), die aus dem Schalter 75 ausgegeben wird. Der Wert, der aus der Addiereinrichtung 72 ausgegeben wird, entspricht der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d, die in Übereinstimmung mit dem Maximalwert der Zielverzögerung erhalten wird, wenn kein Rutschen auftritt.

[0138] Die Ausgabeeinrichtung für eine erhöhte Geschwindigkeit 77 gibt als den Grenzwert (in km/h) oben zum Beispiel die erhöhte Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 in jedem Berechnungszyklus in Übereinstimmung mit dem Maximalwert der Zielbeschleunigung aus, die durch den Leistungsfahrbefehl angegeben ist.

[0139] Die Addiereinrichtung 78 addiert den Wert (in km/h), der aus der Ausgabeeinrichtung 77 für eine erhöhte Geschwindigkeit ausgegeben wird, zur zuletzt entschiedenen Referenzachsengeschwindigkeit (in km/h), die aus dem Schalter 75 ausgegeben wird. Der Wert, der aus der Addiereinrichtung 78 ausgegeben wird, entspricht der Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d, die basierend auf dem Maximalwert der Zielbeschleunigung erzielt werden kann, wenn kein Schlupf auftritt.

[0140] Die Minimalwert-Ausgabeeinrichtung 79 gibt den Minimalwert von Werten aus, die aus der Minimalwert-Ausgabeeinrichtung 74 und aus der Addiereinrichtung 78 ausgegeben werden.

[0141] Der Schalter 75 gibt den Wert aus, der aus der Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 73 ausgegeben wird, wenn der Betriebsbefehl einen Bremsbefehl umfasst, und gibt den Wert aus, der aus der Minimalwert-Ausgabeeinrichtung 79 ausgegeben wird, wenn der Betriebsbefehl keinen Bremsbefehl umfasst. Die Referenzachsengeschwindigkeitsausgabe aus dem Schalter 75 ändert sich in jedem Berechnungszyklus basierend auf dem Grenzwert wie der obere Grenzwert, der aus der Ausgabeeinrichtung 76 für eine verringerte Geschwindigkeit ausgegeben wird oder der aus der Ausgabeeinrichtung 77 für eine erhöhte Geschwindigkeit ausgegeben wird.

[0142] In einem noch anderen Beispiel könnte die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13, um die Referenzachsengeschwindigkeit daran zu hindern, sich bei einem Fehler im Geschwindigkeitsdetektor 16a, 16b, 16c oder 16d zu erhöhen, einen oberen Grenzwert für die Referenzachsengeschwindigkeit aufweisen. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 in **Fig. 22** umfasst die Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 70, die den Maximalwert von Geschwindigkeiten ausgibt, die jede Achsengeschwindigkeit, die von der Achsengeschwindigkeits-Entscheidungseinrichtung 51 erlangt wird, und die Referenzachsengeschwindigkeit sind, die von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 erlangt werden, eine Ausgabeeinrichtung für obere Geschwindigkeitsgrenze 80 für eine obere Geschwindigkeitsgrenze, die den oberen Grenzwert der Referenzachsengeschwindigkeit ausgibt, und die Minimalwert-Ausgabeeinrichtung 79, die den Minimalwert von Werten ausgibt, die aus der Maximalwert-Ausgabeeinrichtung 70 und aus der Ausgabeeinrichtung 80 für eine obere Geschwindigkeitsgrenze ausgegeben werden. Der obere Grenzwert der Referenzachsengeschwindigkeit könnte in Übereinstimmung mit zum Beispiel der Maximalgeschwindigkeit bestimmt werden, die durch das Schienenfahrzeug 1 erzielt werden kann.

[0143] Das Schienenfahrzeug 1 könnte irgendeine Anzahl von Fahrzeugen umfassen. Der Beschleunigungsdetektor 82 könnte in einigen Fahrzeugen oder in jedem Fahrzeug lokalisiert sein.

[0144] Die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtungen 52 und 60 könnten anstatt der Referenzachsengeschwindigkeit des anderen Fahrzeugs 200 die Achsengeschwindigkeit von jeder der Achsen 24a, 24b, 24c und 24d im anderen Fahrzeug 200 erlangen.

[0145] Die Fahrzeuggeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 54 könnte die Position des Schienenfahrzeugs 2 basierend auf Funkwellen von einem Globalpositioniersystem-(GPS-)Satelliten bestimmen und könnte die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 basierend auf einer Änderung der Position des Schienenfahrzeugs 2 pro Zeiteinheit bestimmen.

[0146] Jede der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13, 23, 31, 32, 33, 34, 35 und 36 könnte die Drehgeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d als entsprechende Achsengeschwindigkeit verwenden. Zum Beispiel könnte die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Drehgeschwindigkeit von jeder der Achsen 14a, 14b, 14c und 14d und der Drehgeschwindigkeit von jeder der Achsen 24a, 24b, 24c und 24d bestimmen.

[0147] Die Vorgänge, die durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13, 23, 31, 32, 33, 34, 35 und 36 durchgeführt werden, wenn bestimmt wird, dass ein Rutschen aufgetreten ist, sind nicht auf die oben beschriebenen Beispiele beschränkt. Wenn zum Beispiel ein Auftreten eines Rutschens durch die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 bestimmt wird, stellt die Zielbremskraft-Bestimmungseinrichtung 41 in der Bremssteuervorrichtung 12 die Zielbremskraft aus einem kleineren Wert als die Zielbremskraft ein, die basierend auf der Zielverzögerung und der Last auf das Fahrzeug 100 bestimmt wird. Die Zieldruck-Bestimmungseinrichtung 42 bestimmt den Zieldruck basierend auf der Zielbremskraft, die auf den kleineren Wert eingestellt ist. In diesem Zustand übertragen die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13 und 23 aneinander, oder empfangen voneinander, die Bestimmungsergebnisse. Beim Empfangen einer Nachricht über ein Rutschen im Fahrzeug 100 von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 stellt die Bremssteuervorrichtung 12 im Fahrzeug 200 vorzugsweise die Zielbremskraft auf einen größeren Wert als die Zielbremskraft ein, die basierend auf der Zielverzögerung und der Last auf das Fahrzeug 200 bestimmt wird. Ein Anstieg der Bremsentfernung, die aus dem Rutschen resultiert, wird somit unterdrückt.

[0148] Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13, 23, 31, 32, 33, 34, 35 und 36 könnten als eine Funktion des Zuginformations-Verwaltungssystems implementiert sein oder könnten in einem Bodengerät, zum Beispiel in einem Betriebssteuerzentrum, lokalisiert sein.

[0149] Die mechanischen Bremsvorrichtungen in den Fahrzeugen 100 und 200 sind nicht auf die oben beschriebenen Beispiele beschränkt. Die Fahrzeuge 100 und 200 könnten jeweils eine mechani-

sche Bremsvorrichtung umfassen, die eine Bremskraft durch Anpressen eines Bremskissen als Reibglied gegen eine Bremsscheibe als Rotor erzeugt.

[0150] Die Hardware-Konfigurationen der Bremssteuervorrichtungen 12 und 22 und der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13, 23, 31, 32, 33, 34, 35 und 36 sind nicht auf die oben beschriebenen Beispiele beschränkt. Die Bremssteuervorrichtungen 12 und 22 und die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13, 23, 31, 32, 33, 34, 35 und 36 könnten durch eine Verarbeitungsschaltung 94 implementiert sein, die in **Fig. 23** veranschaulicht ist. Die Verarbeitungsschaltung 94 ist mit einer externen Vorrichtung durch eine Schnittstellenschaltung 95 verbunden. Zum Beispiel ist die Bremssteuervorrichtung 12 mit der Hauptsteuereinrichtung 5, dem Lastdetektor 11, der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 und den Antirutschventilen 19a, 19b, 19c und 19d durch die Schnittstellenschaltung 95 verbunden. Die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 ist mit der Hauptsteuereinrichtung 5, der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 23 und den Geschwindigkeitsdetektoren 16a, 16b, 16c und 16d durch die Schnittstellenschaltung 95 verbunden.

[0151] Wenn die Verarbeitungsschaltung 94 eine zweckgebundene Hardware ist, umfasst die Verarbeitungsschaltung 94 zum Beispiel eine einzelne Schaltung, eine komplexe Schaltung, einen Prozessor, eine anwendungsspezifisch integrierte Schaltung (ASIC), eine kundenspezifisch programmierbare Gate-Anordnung (FPGA) oder eine Kombination aus zwei oder mehr von diesen. Jede Komponente der Bremssteuervorrichtungen 12 und 22 und jede Komponente der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13, 23, 31, 32, 33, 34, 35 und 36 könnte durch eine individuelle Verarbeitungsschaltung 94 oder eine geteilte Verarbeitungsschaltung 94 implementiert sein.

[0152] Einige der Funktionen der Bremssteuervorrichtungen 12 und 22 und der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtungen 13, 23, 31, 32, 33, 34, 35 und 36 könnten durch eine zweckgebundene Hardware implementiert sein und andere könnten durch Software oder Firmware implementiert sein. Zum Beispiel könnte in der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung 13 die Verarbeitungsschaltung 94 in **Fig. 23** die Funktionen der Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 51 und der Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung 52 implementieren und der Prozessor 91 in **Fig. 4** liest und führt aus die in dem Speicher 92 gespeicherten Programme, um die Funktionen der Bestimmungseinrichtung 53 zu implementieren.

[0153] Das Vorhergehende beschreibt einige beispielhafte Ausführungsformen zu Erläuterungszwe-

cken. Obwohl die vorhergehende Diskussion spezifische Ausführungsformen präsentiert hat, wird der Fachmann erkennen, dass Änderungen hinsichtlich einer Form und eines Details durchgeführt werden können, ohne vom breiteren Geist und Umfang der Erfindung abzuweichen. Dementsprechend sind die Beschreibung und Zeichnungen eher in einem illustrativen als in einem beschränkenden Sinne anzusehen. Diese detaillierte Beschreibung ist deshalb nicht in einem beschränkenden Sinne zu verstehen und der Umfang der Erfindung ist lediglich durch die umfassten Ansprüche definiert, zusammen mit dem vollen Umfang der Äquivalente, zu denen diese Ansprüche berechtigt sind.

Bezugszeichenliste

1, 2	Schienenfahrzeug
5	Hauptsteuereinrichtung
10, 20	Bremssteuersystem
11, 21	Lastdetektor
12, 22	Bremssteuervorrichtung
13, 23, 31, 32, 33, 34, 35, 36	Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung
14a, 14b, 14c, 14d, 24a, 24b, 24c, 24d	Achse
15a, 15b, 15c, 15d, 25a, 25b, 25c, 25d	Rad
16a, 16b, 16c, 16d, 26a, 26b, 26c, 26d	Geschwindigkeitsdetektor
17a, 17b, 17c, 17d, 27a, 27b, 27c, 27d	Bremsklotz
18a, 18b, 18c, 18d, 28a, 28b, 28c, 28d	Bremszylinder
19a, 19b, 19c, 19d, 29a, 29b, 29c, 29d	Antirutschventil
41	Zielbremskraft-Bestimmungseinrichtung
42	Zieldruck-Bestimmungseinrichtung
43	Ausgabeventil
44	Drucksensor
45	elektropneumatisches Wandlerventil
46	Relaisventil
47	Wiederanhaftungs-Steuereinrichtung

51	Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung	91	Prozessor
		92	Speicher
52, 55, 56, 60	Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung	93	Schnittstelle
		94	Verarbeitungsschaltung
53, 59, 61	Bestimmungseinrichtung	95	Schnittstellenschaltung
		100,200	Fahrzeug
54	Fahrzeuggeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung	C1	Kondensator
		L1	Drosselspule
57	Achsenbeschleunigungs-Bestimmungseinrichtung		
58	Beschleunigungsdifferenz-Berechnungseinrichtung		
70, 73	Maximalwert-Ausgabebeeinrichtung		
71	Beschleunigungswandler		
72, 78	Addiereinrichtung		
74, 79	Minimalwert-Ausgabebeeinrichtung		
75	Schalter		
76	Ausgabeeinrichtung für verringerte Geschwindigkeit		
77	Ausgabeeinrichtung für erhöhte Geschwindigkeit		
80	Ausgabeeinrichtung für obere Geschwindigkeitsgrenze		
81	Fluidquelle		
82	Beschleunigungsdetektor		
83	Leistungswandler		
83a, 83b	Eingangsanschluss		
84	Leistungsumwandlungsschaltung		
85	Stromerfassungsschaltung		
86	Leistungsumwandlungsschaltungs-Steuereinrichtung		
87	Elektromotor		
90	Bus		

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- JP 2008-143365 [0003]

Patentansprüche

1. Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung, die aufweist:

eine Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen für jede aus einer Vielzahl von Achsen in einem Fahrzeug von einem oder mehreren Fahrzeugen, die von einem Schienenfahrzeug umfasst sind, einer Achsengeschwindigkeit, die in Übereinstimmung mit einer Drehgeschwindigkeit eines Rads veränderlich ist, das an jeder aus der Vielzahl von Achsen im Fahrzeug angebracht ist;

eine Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen, basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder aus der Vielzahl von Achsen im Fahrzeug und einer physikalischen Quantität, die während einer Fahrt des Schienenfahrzeugs veränderlich ist, einer Referenzachsengeschwindigkeit im Fahrzeug; und eine Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen, basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit, ob ein Schlupf oder Rutschen des Rads auftritt.

2. Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei

das eine oder die mehreren Fahrzeuge eine Vielzahl der Fahrzeuge ist,

die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder aus der Vielzahl von Achsen in dem Fahrzeug und einer Achsengeschwindigkeit von jeder aus einer Vielzahl von Achsen in einem anderen Fahrzeug der Vielzahl von Fahrzeuge bestimmt.

3. Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei

die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung, als die Referenzachsengeschwindigkeit, einen Maximalwert aus Geschwindigkeiten auswählt, die die Achsengeschwindigkeit von jeder aus der Vielzahl von Achsen in dem Fahrzeug und die Achsengeschwindigkeit von jeder aus der Vielzahl von Achsen in dem anderen Fahrzeug sind, und

die Bestimmungseinrichtung basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit bestimmt, ob ein Schlupf des Rads auftritt.

4. Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei

die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung, als die Referenzachsengeschwindigkeit, einen Minimalwert der Achsengeschwindigkeit von jeder aus der Vielzahl von Achsen in dem Fahrzeug und der Achsengeschwin-

digkeit von jeder aus der Vielzahl von Achsen in dem anderen Fahrzeug auswählt, und die Bestimmungseinrichtung basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit bestimmt, ob ein Schlupf des Rads auftritt.

5. Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei

die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung die Referenzachsengeschwindigkeit basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder aus der Vielzahl von Achsen in dem Fahrzeug und einer Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs bestimmt.

6. Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung nach Anspruch 5, wobei

die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung, als die Referenzachsengeschwindigkeit, einen Maximalwert aus Geschwindigkeiten, die die die Achsengeschwindigkeit von jeder aus der Vielzahl von Achsen in dem Fahrzeug sind, und aus der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs auswählt, und die Bestimmungseinrichtung basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit bestimmt, ob ein Rutschen des Rads auftritt.

7. Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung nach Anspruch 5, wobei

die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung, als die Referenzachsengeschwindigkeit, einen Minimalwert der Achsengeschwindigkeit von jeder aus der Vielzahl von Achsen in dem Fahrzeug und der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs auswählt, und die Bestimmungseinrichtung basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit bestimmt, ob ein Schlupf des Rads auftritt.

8. Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei

die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung die Referenzachsengeschwindigkeit bestimmt, die eine Änderungsrate der Referenzachsengeschwindigkeit innerhalb eines Zielbereichs hält.

9. Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung nach Anspruch 8, wobei

die Referenzachsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung die Referenzachsengeschwindigkeit bestimmt, die die Änderungsrate der Referenzachsengeschwindigkeit innerhalb des Zielbereichs hält, die basierend auf einer Beschleunigung des Schienenfahrzeugs definiert ist.

10. Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, die ferner aufweist:

eine Achsenbeschleunigungs-Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen einer Achsenbeschleunigung basierend auf der Achsengeschwindigkeit, wobei die Bestimmungseinrichtung basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit oder einem Vergleich zwischen der Achsenbeschleunigung und einer Beschleunigung des Schienenfahrzeugs bestimmt, ob ein Schlupf oder ein Rutschen des Fahrzeug auftritt.

11. Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Achsengeschwindigkeits-Bestimmungseinrichtung basierend auf der Drehgeschwindigkeit des Rads, das an jeder aus der Vielzahl von Achsen angebracht ist, die Achsengeschwindigkeit entsprechend einer Umfangsgeschwindigkeit des Rads bestimmt.

12. Bremssteuersystem, das aufweist:
eine Bremssteuervorrichtung zum Steuern, in Übereinstimmung mit einem Bremsbefehl, der eine Zielverzögerung angibt, die ein Zielwert für eine Verzögerung des Schienenfahrzeugs ist, einer mechanischen Bremsvorrichtung, die für jedes aus einer Vielzahl von Rädern in einem Fahrzeug aus einem oder mehreren Fahrzeugen vorgesehen ist, die von einem Schienenfahrzeug umfasst sind, wobei die mechanische Bremsvorrichtung eingerichtet ist, einen Bremsbefehl des Fahrzeugs zu verzögern, indem ein Reibglied gegen einen Rotor während einer Fahrt des Schienenfahrzeugs basierend auf einem Druck eines gelieferten Fluids gepresst wird; und
die Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Bremssteuervorrichtung umfasst
eine Zielbremskraft-Bestimmungseinrichtung zum Erlangen des Bremsbefehls und zum Bestimmen einer Zielbremskraft, die eine Bremskraft zum Erzielen der Zielverzögerung ist,
eine Zieldruck-Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen, basierend auf der Zielbremskraft, eines Zieldrucks, der ein Zielwert für den Druck des Fluids ist, das an die mechanische Bremsvorrichtung zu liefern ist,
ein Ausgabeventil zum Komprimieren des Fluids, das von einer Fluidquelle geliefert wird, in Übereinstimmung mit dem Zieldruck und zum Liefern des komprimierten Fluids an die mechanische Bremsvorrichtung, und
eine Wiederanhaftungs-Steuereinrichtung zum Verringern, wenn ein Bestimmungsergebnis von der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung empfangen wird und die Bestimmungseinrichtung in der Schlupf- und Rutschbestimmungsvorrichtung

bestimmt, dass ein Rutschen von zumindest einem Rad der Vielzahl von Rädern auftritt, der Bremskraft, die durch die mechanische Bremsvorrichtung erzeugt wird, entsprechend dem zumindest einen Rad, für das das Auftreten eines Rutschens durch die Bestimmungseinrichtung bestimmt wird.

13. Schlupf- und Schleuderbestimmungsverfahren, das aufweist:

Bestimmen, für jede aus einer Vielzahl von Achsen in einem Fahrzeug aus einem oder mehreren Fahrzeugen, die von einem Schienenfahrzeug umfasst sind, einer Achsengeschwindigkeit, die in Übereinstimmung mit einer Drehgeschwindigkeit eines Rads veränderlich ist, das an jeder aus der Vielzahl von Achsen in dem Fahrzeug angebracht ist;
Bestimmen einer Referenzachsengeschwindigkeit in dem Fahrzeug basierend auf der Achsengeschwindigkeit von jeder der Vielzahl von Achsen in dem Fahrzeug und einer physikalischen Quantität, die während einer Fahrt des Schienenfahrzeugs veränderlich ist; und
Bestimmen, basierend auf einem Vergleich zwischen der Achsengeschwindigkeit und der Referenzachsengeschwindigkeit, ob ein Schlupf oder Rutschen des Rads auftritt.

Es folgen 23 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

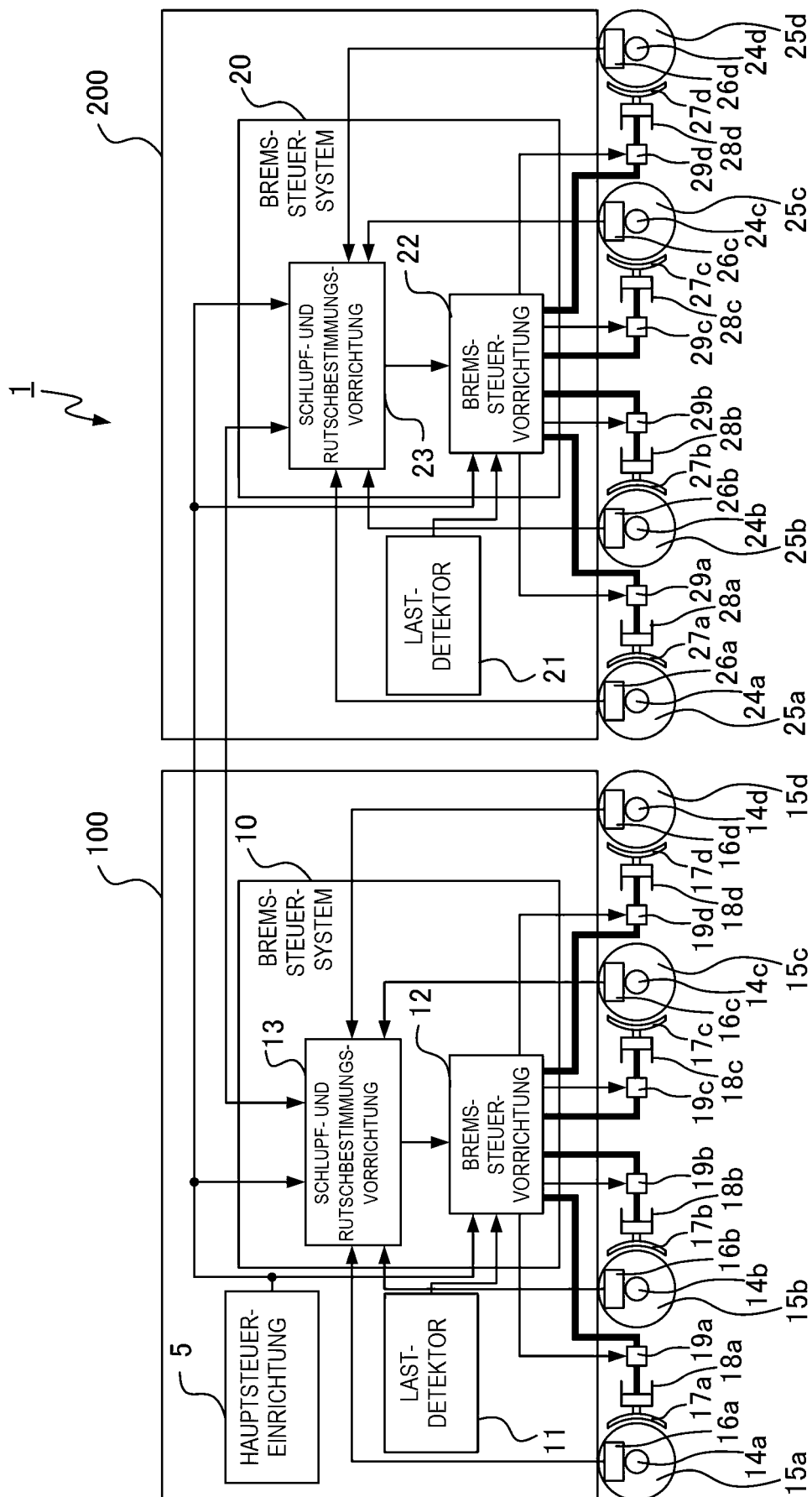


FIG.2

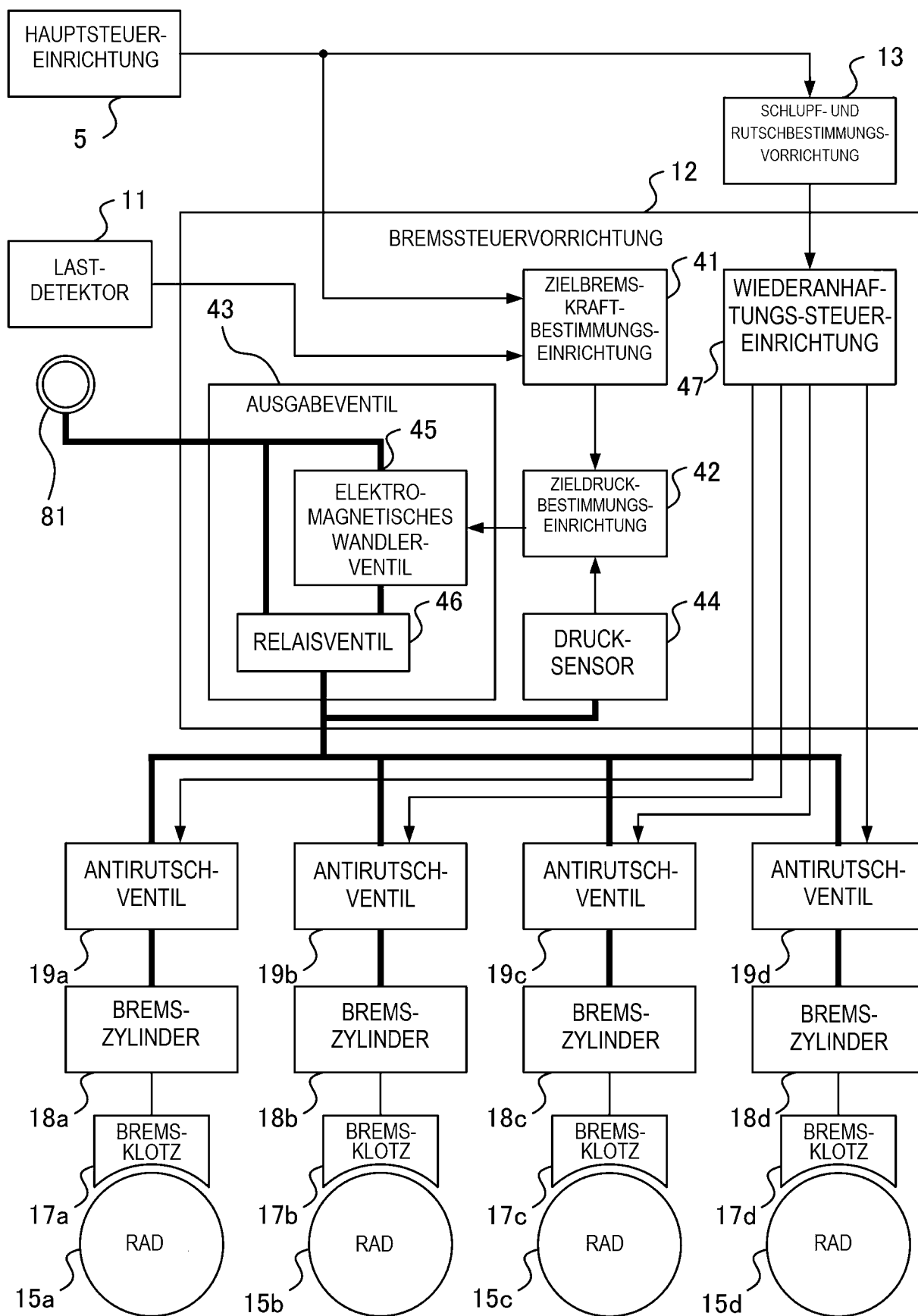


FIG.3

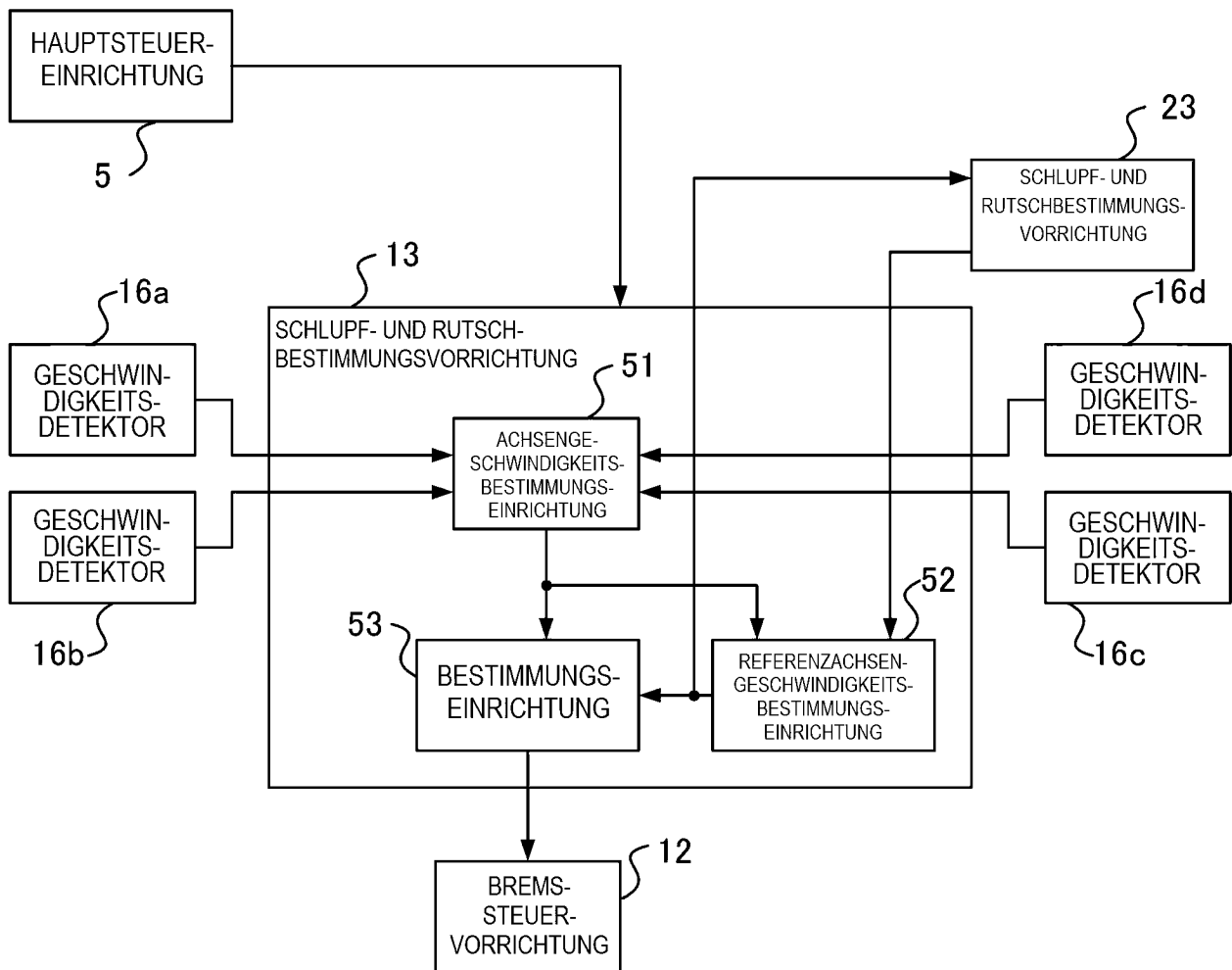


FIG.4

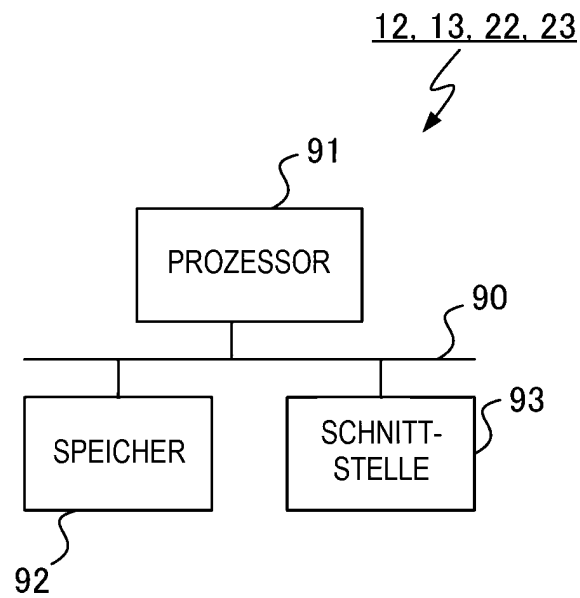


FIG.5

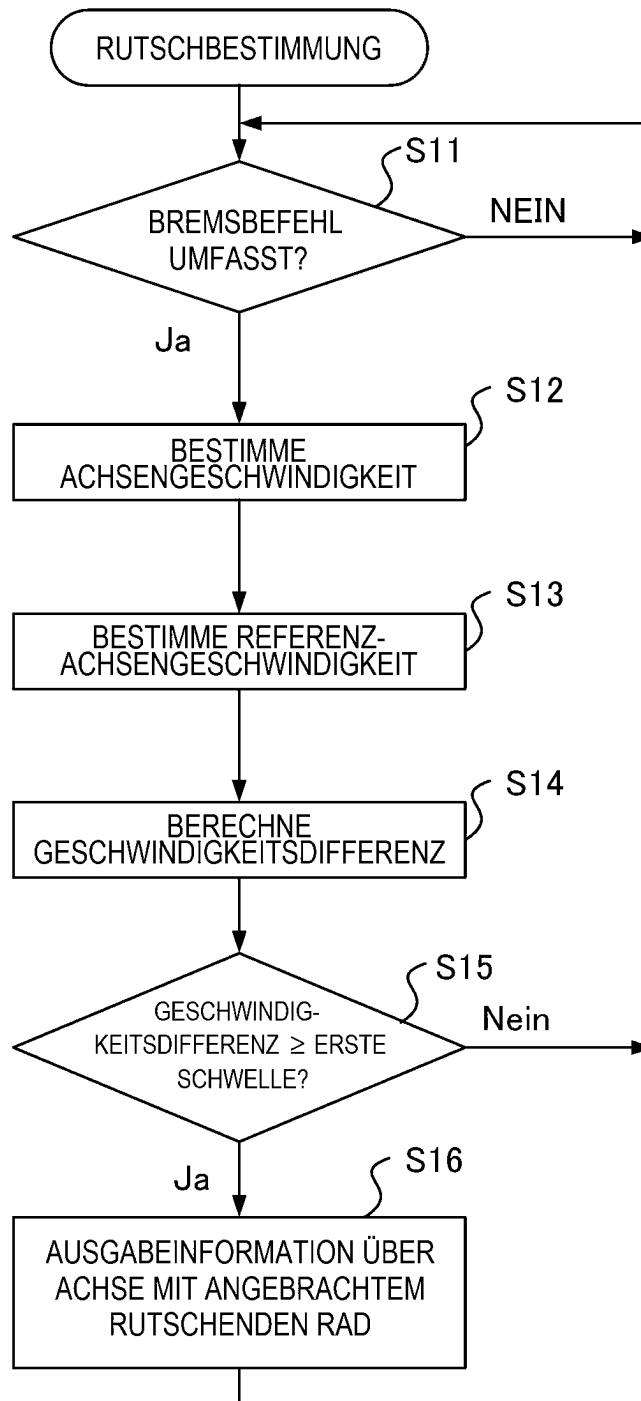


FIG.6

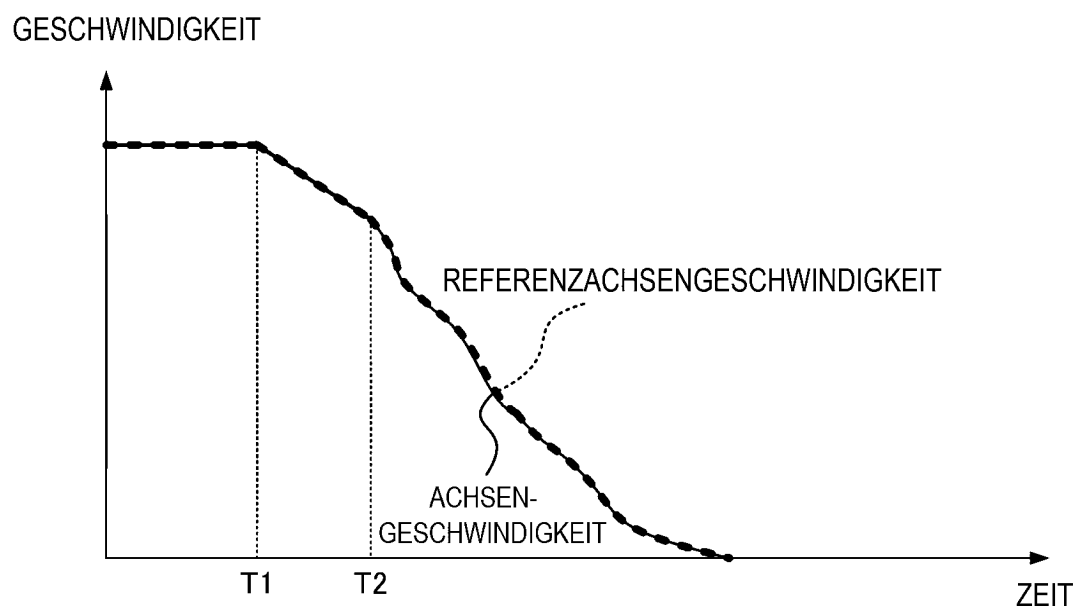


FIG.7

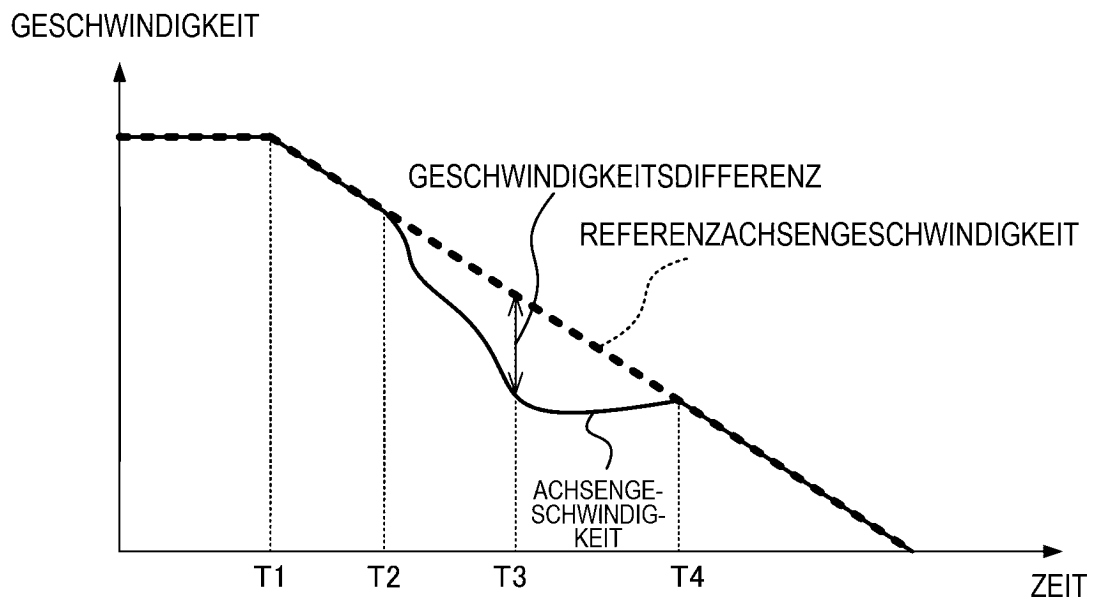


FIG.8

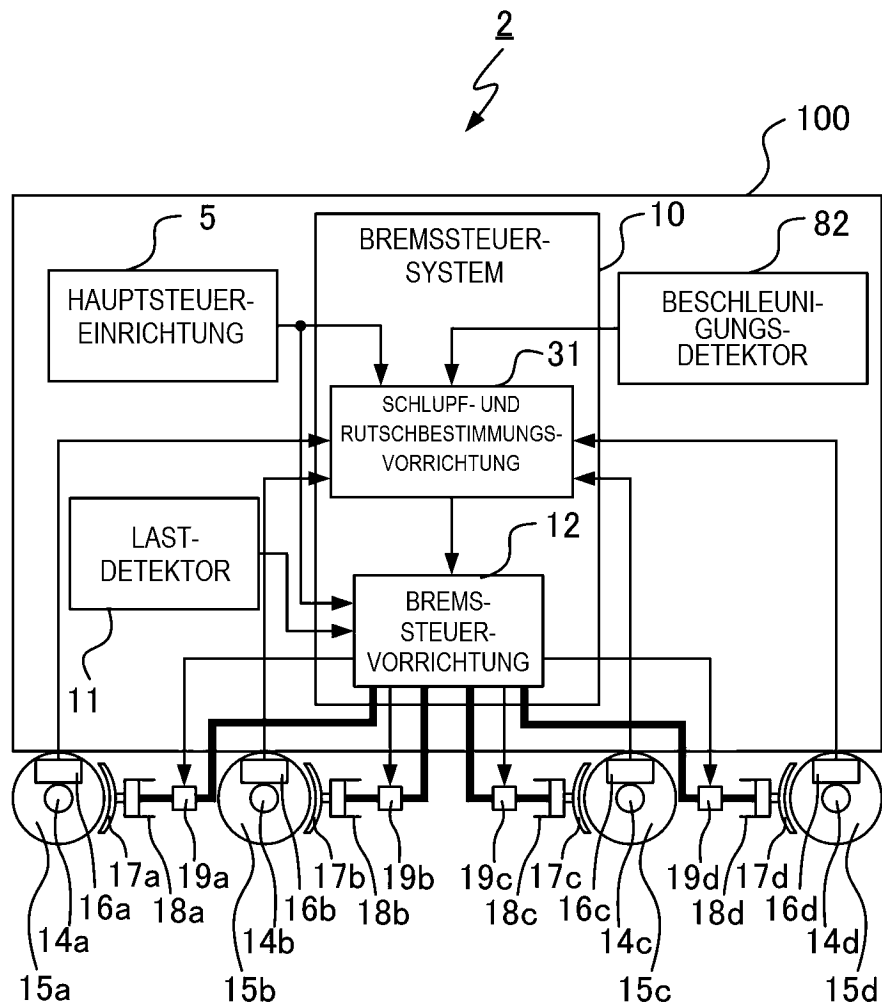


FIG.9

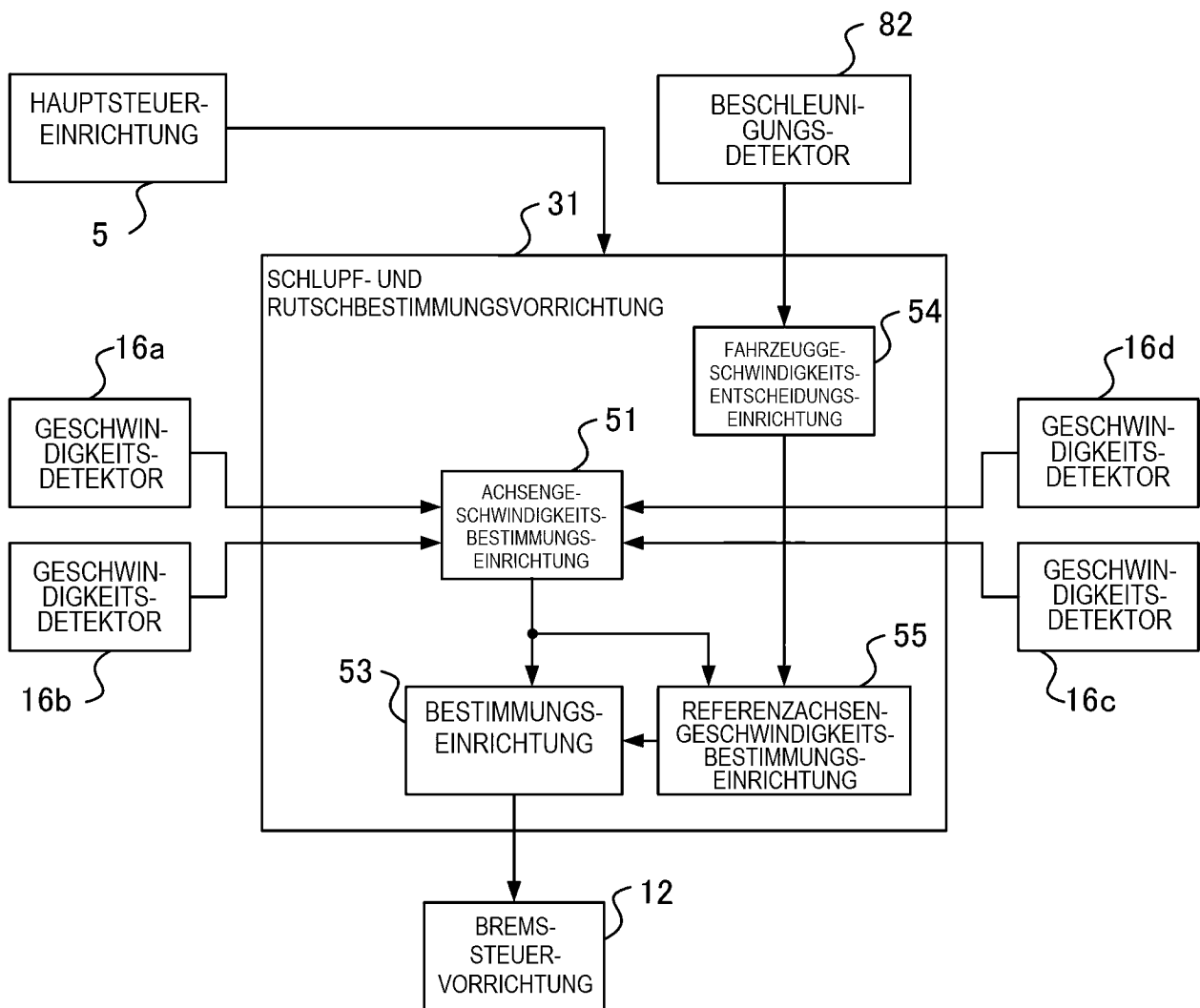


FIG.10

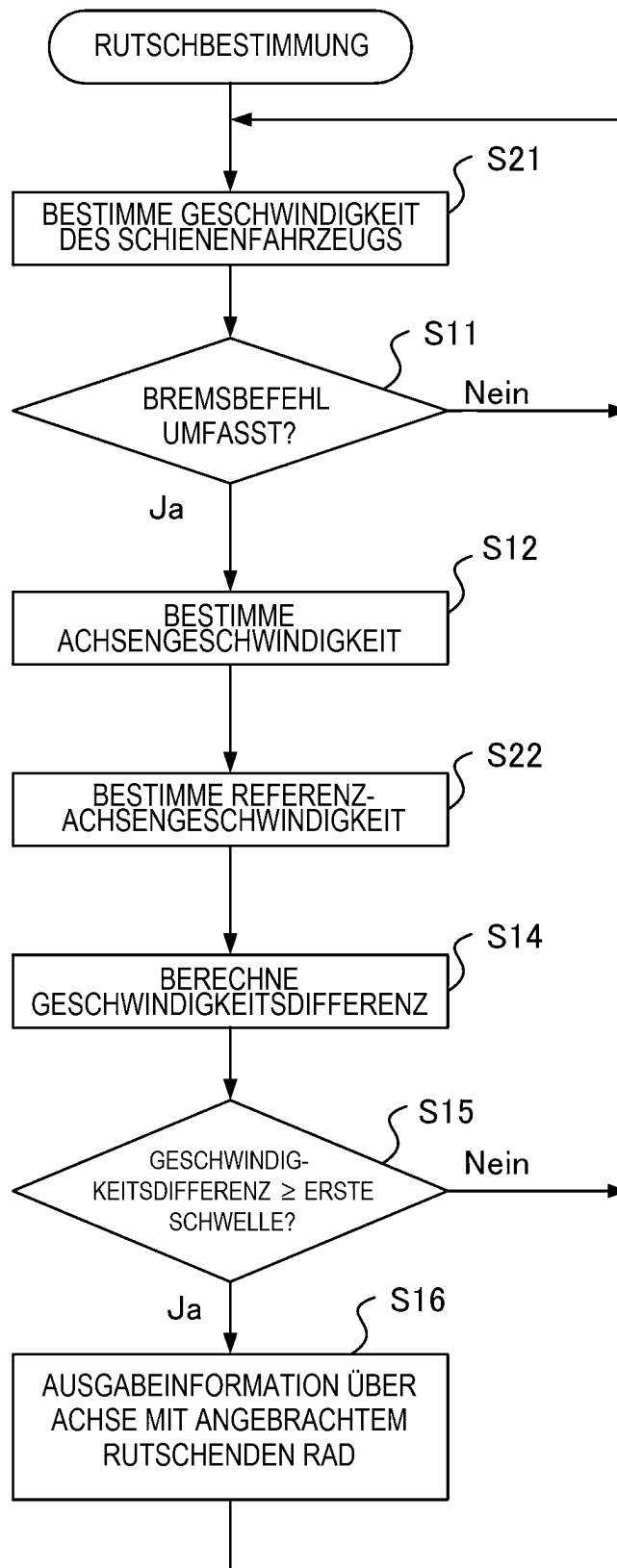


FIG.11

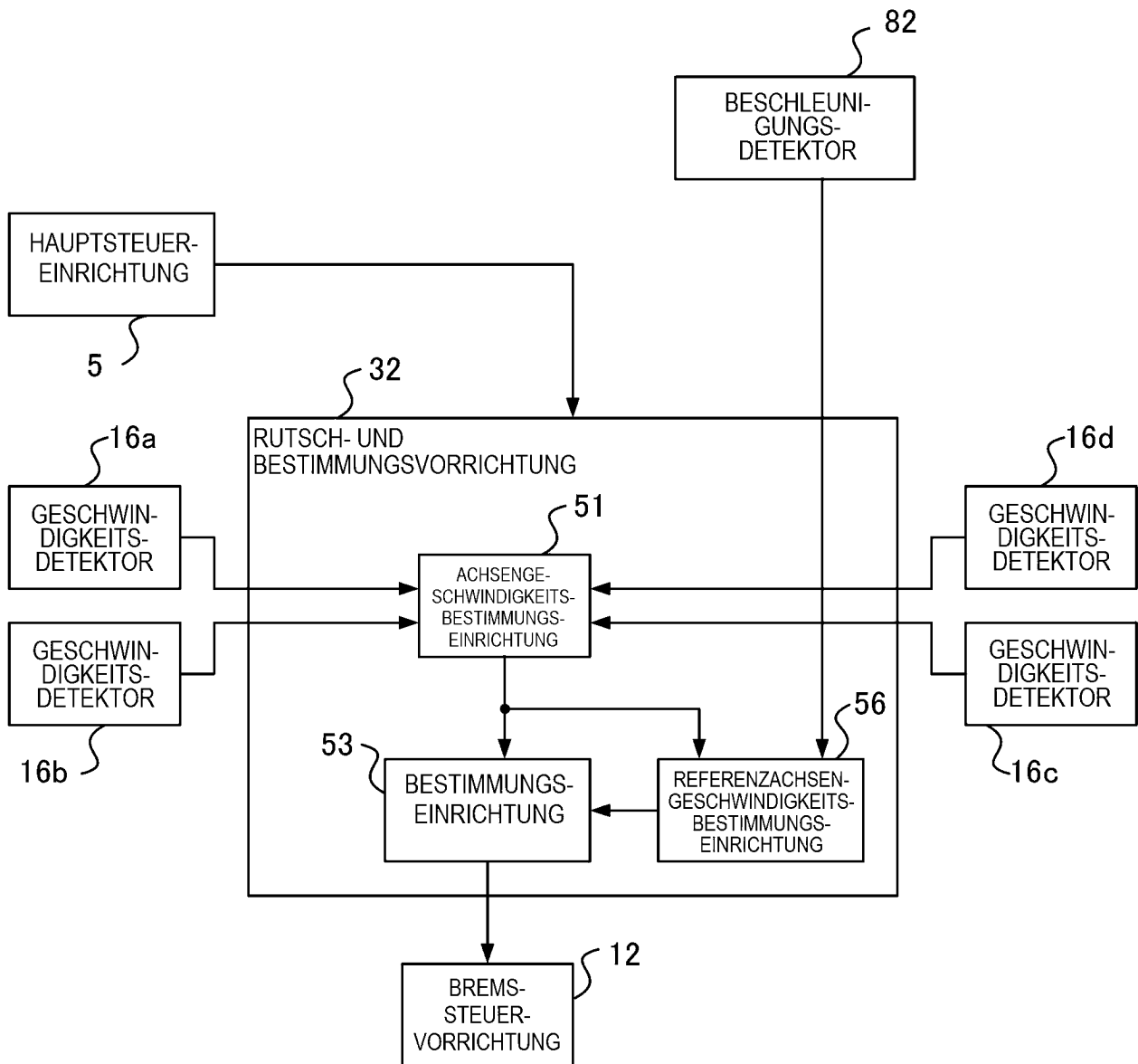


FIG.12

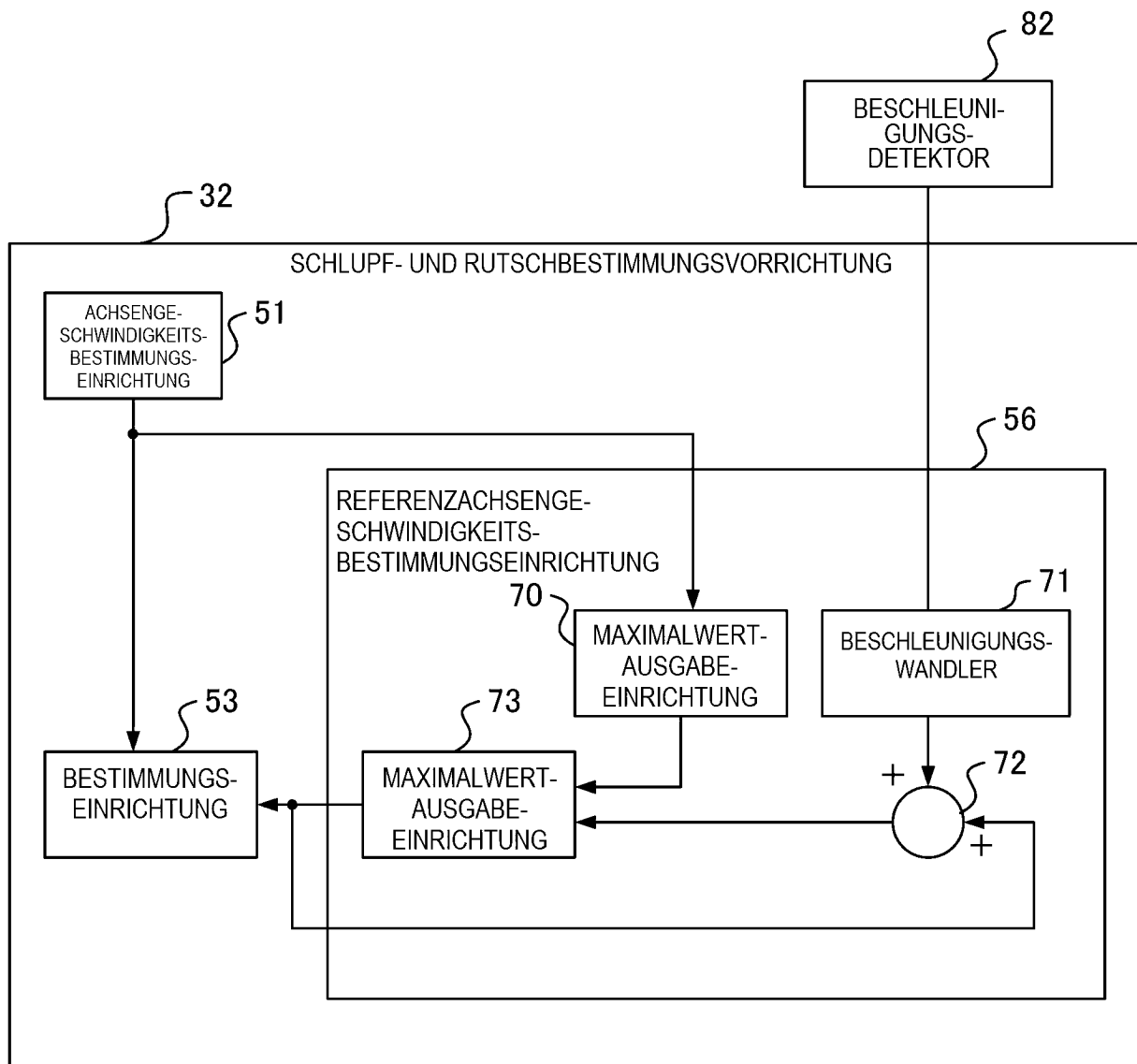


FIG.13

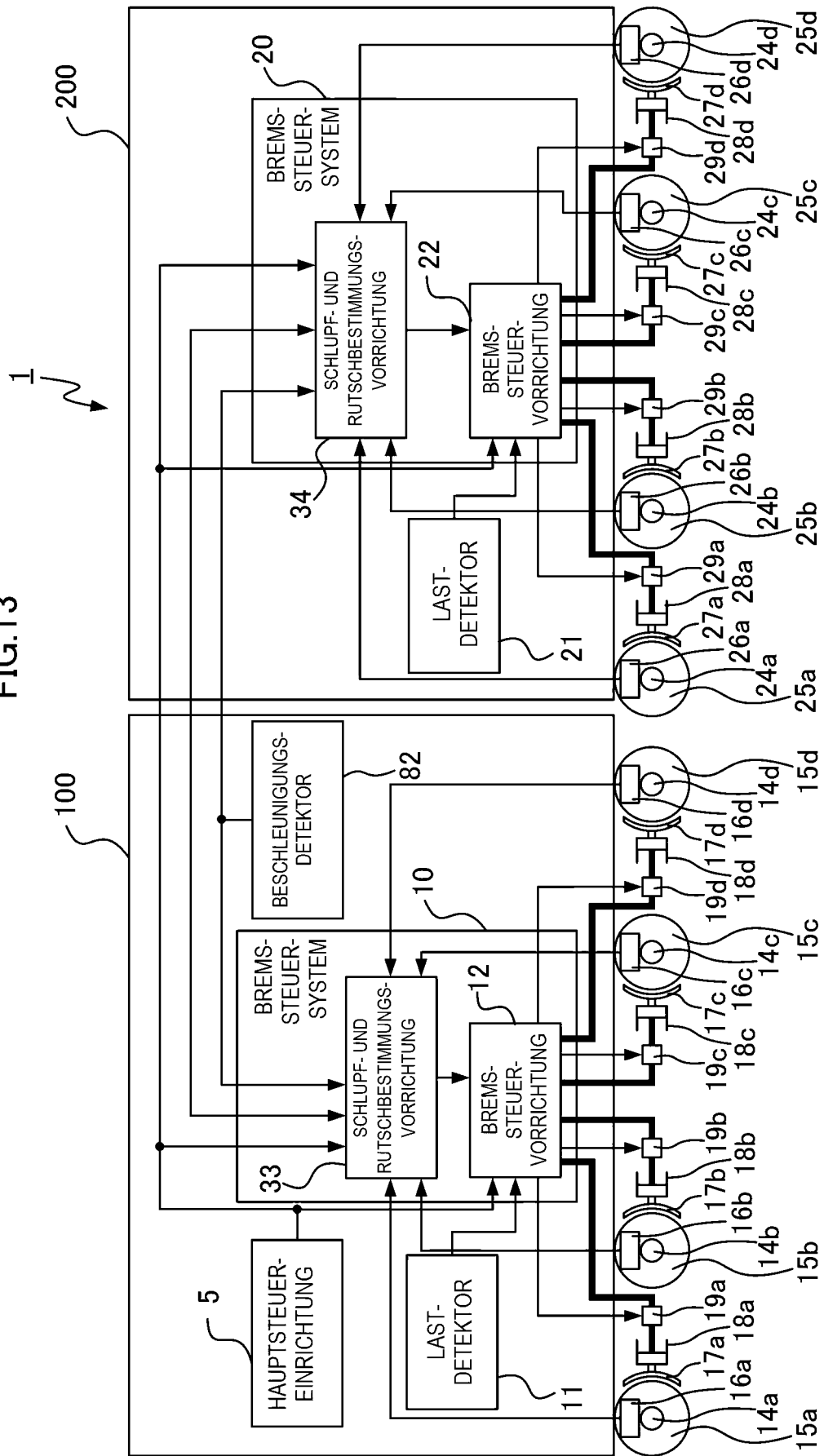


FIG.14

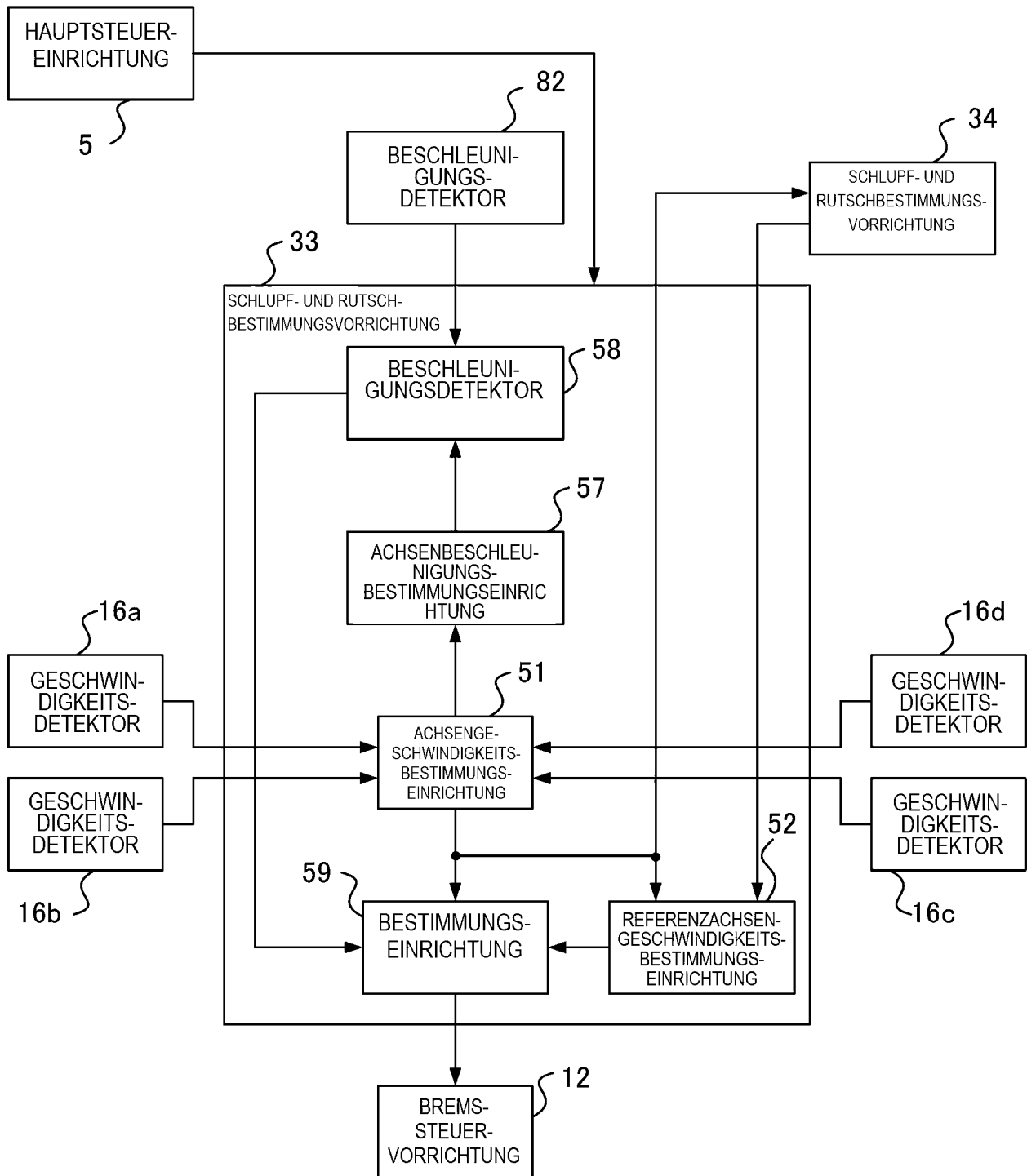


FIG.15

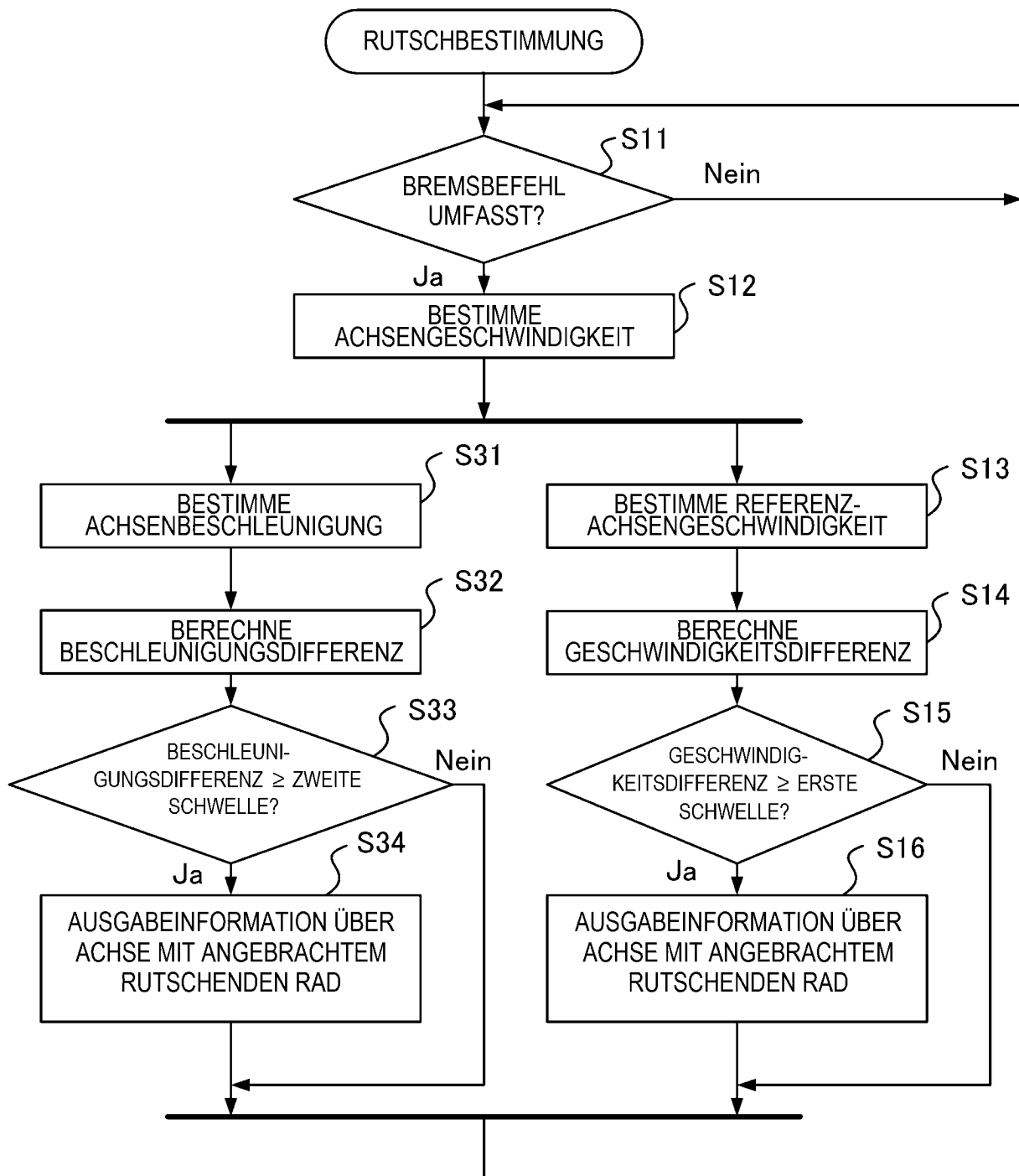


FIG.16

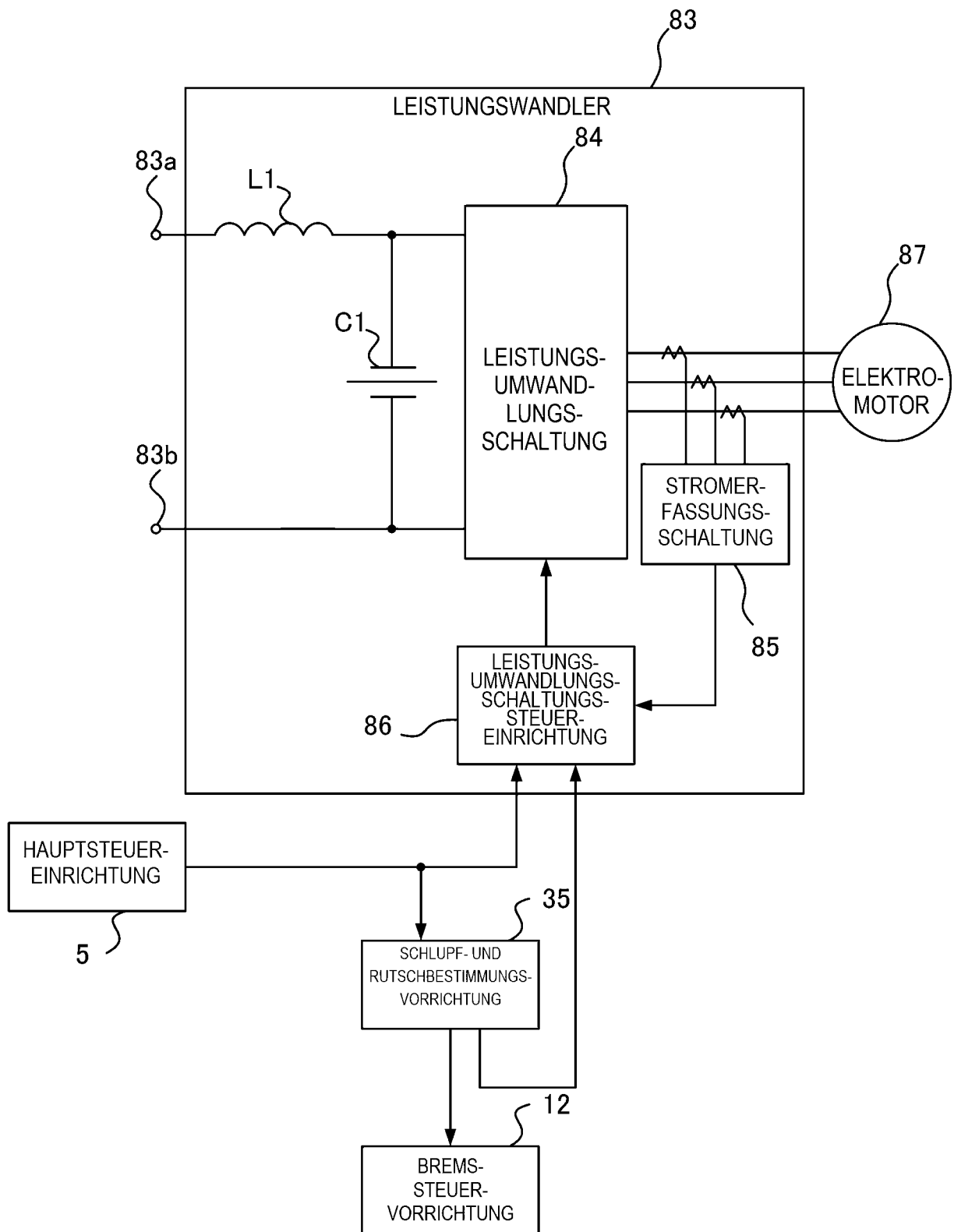


FIG.17

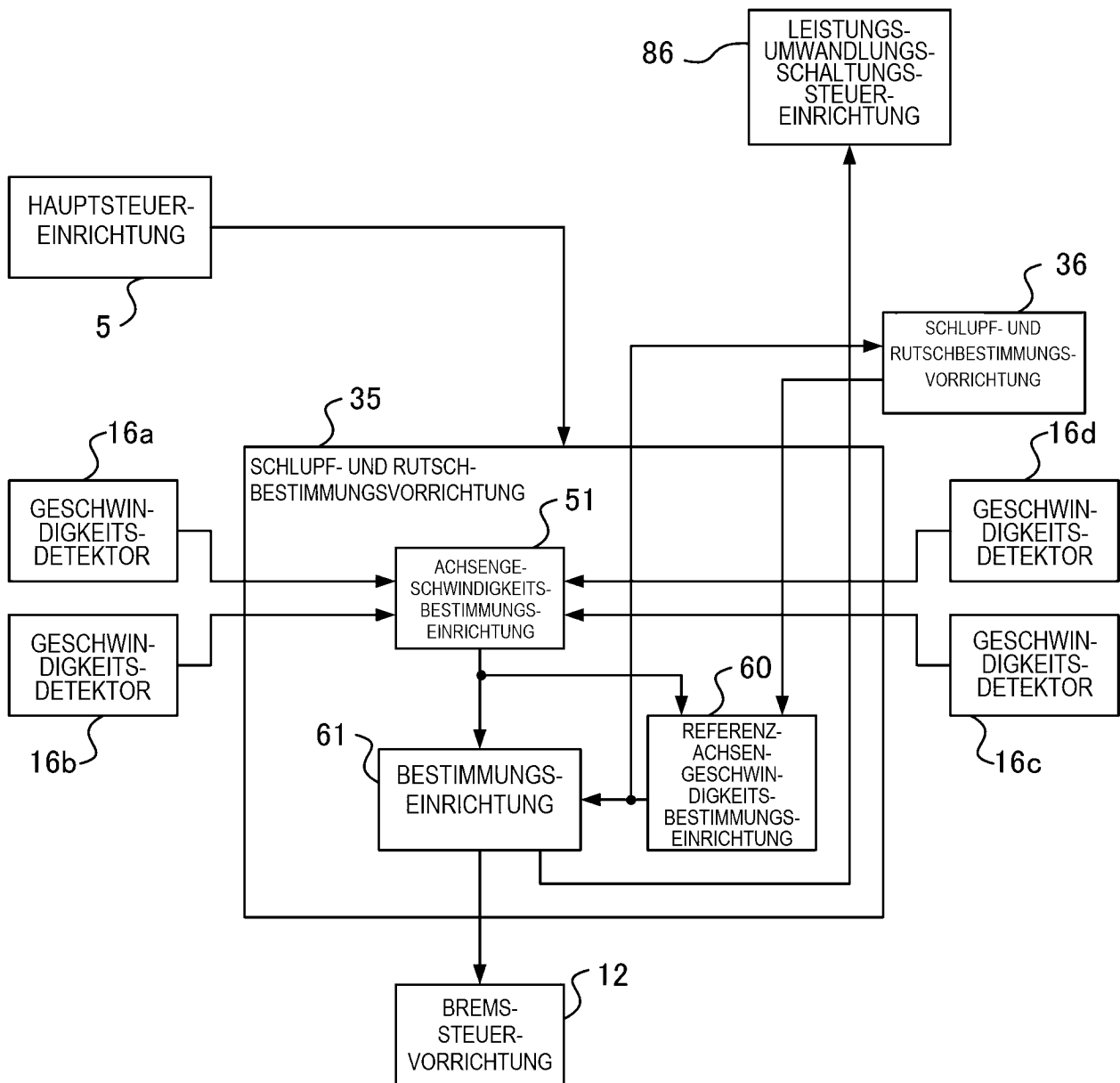


FIG.18

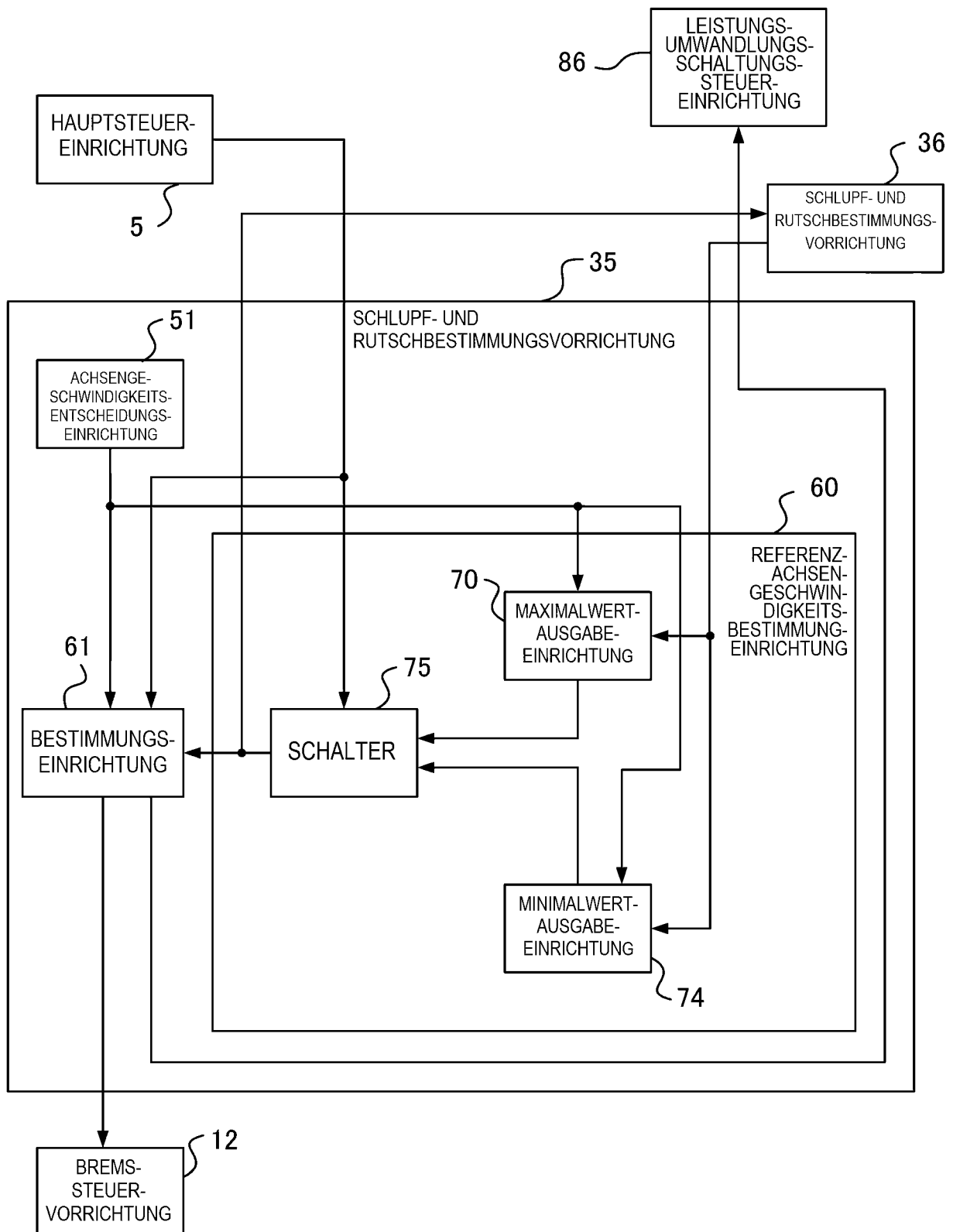


FIG.19

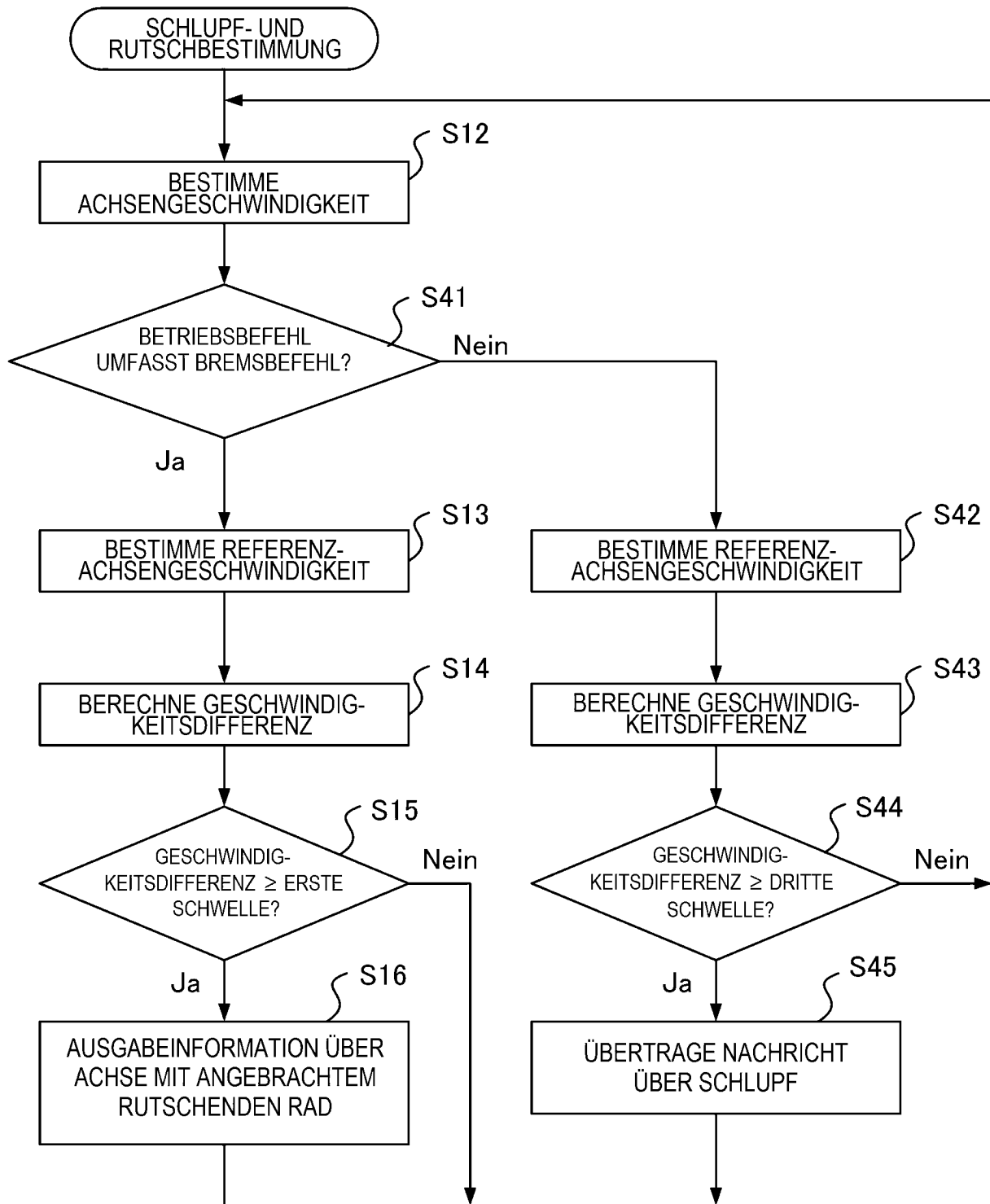


FIG.20

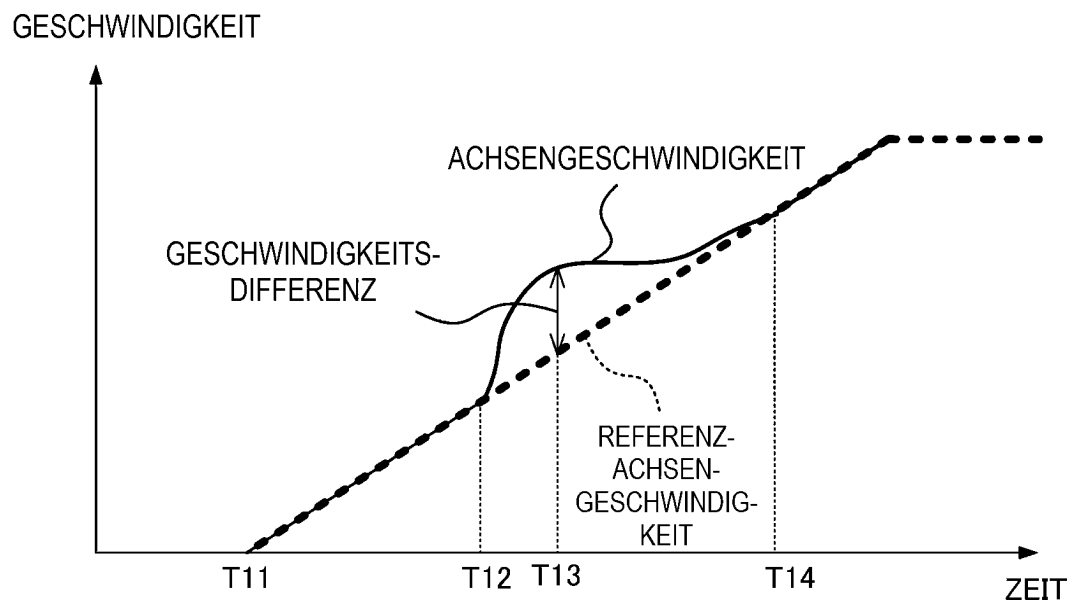


FIG.21

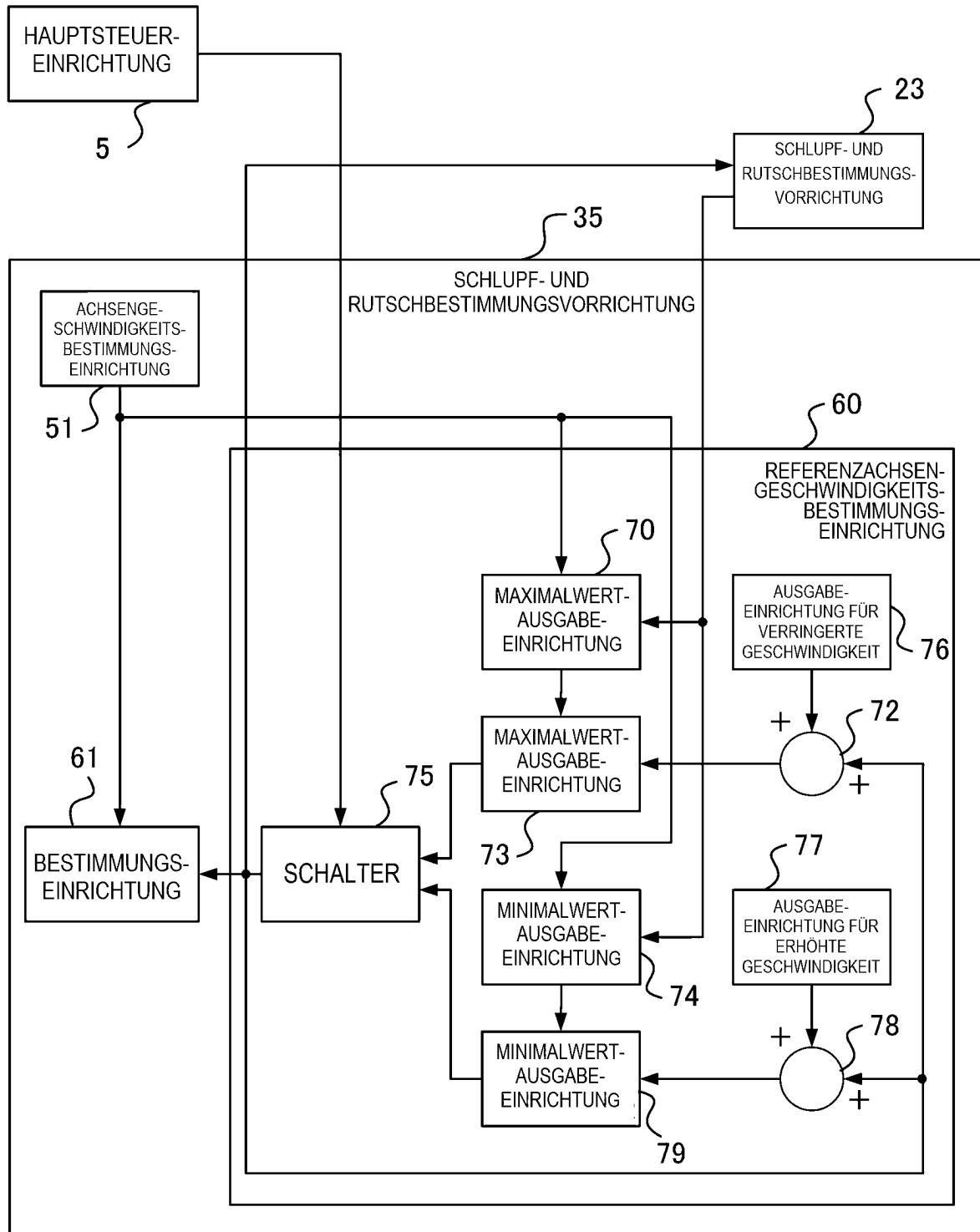


FIG.22

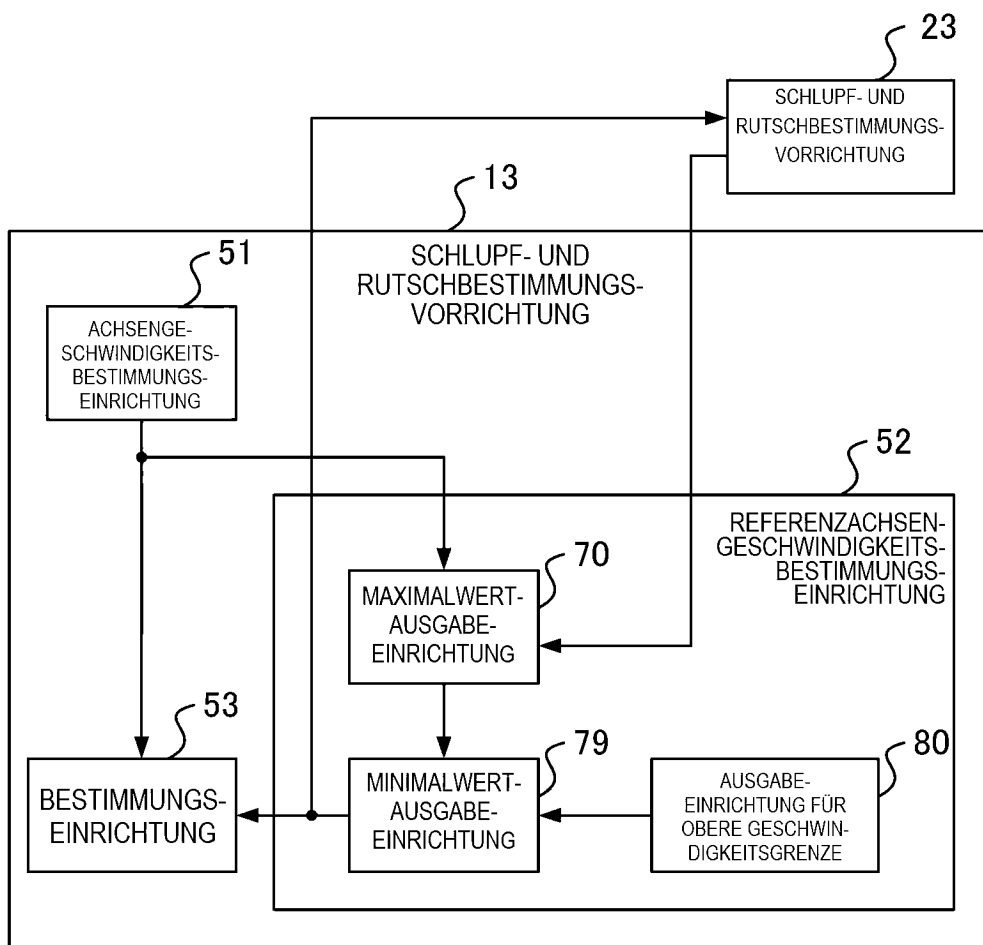


FIG.23

