



(10) **DE 10 2014 017 464 B4** 2020.07.30

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 017 464.6**  
 (22) Anmeldetag: **21.11.2014**  
 (43) Offenlegungstag: **25.05.2016**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **30.07.2020**

(51) Int Cl.: **B60T 8/17 (2006.01)**  
**B60L 7/18 (2006.01)**  
**B60T 17/22 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Technische Universität Ilmenau, 98693 Ilmenau, DE**

(72) Erfinder:  
**Ivanov, Valentin, Dsc, PhD, MechEng, 98693 Ilmenau, DE; Savitski, Dzmitry, Dipl.-Ing., 98693 Ilmenau, DE; Augsburg, Klaus, Univ.-Prof. Dr.-Ing., 99310 Arnstadt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

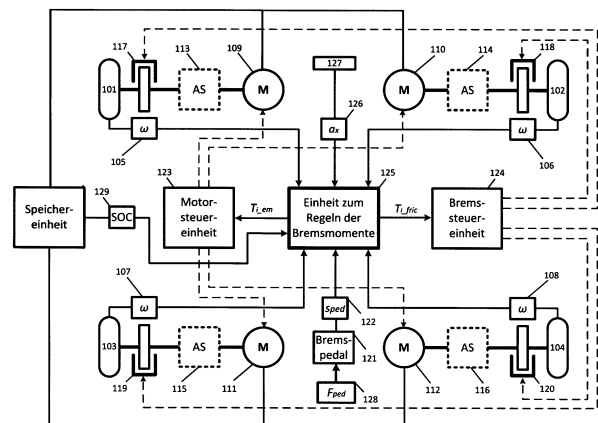
US	6 663 197	B2
US	7 216 943	B2
US	2010 / 0 049 415	A1
US	2013 / 0 085 650	A1
US	4 336 592	A
US	6 086 166	A

**E. Liebemann, T. Führer, P. Kröger: Light Commercial Vehicles - Challenges for Vehicle Stability Control. In: Proceedings of the 20th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), 2007, 1 - 8.**

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur Regelung der Radbremsmomente mit gleichzeitiger Störkompensation in Elektrofahrzeugen**

(57) Hauptanspruch: System zur Regelung der Radbremsmomente mit gleichzeitiger Störkompensation für entkoppelte Bremsysteme von Elektrofahrzeugen, welches

- eine Speichereinheit zum Be- oder Entladen mit elektrischer Energie und
- für jedes anzutreibende Rad (101 - 104) jeweils einen Elektromotor (109 - 112) zur Erzeugung eines elektrischen Antriebs- oder Bremsmomentes sowie eine Reibungsbremse (117 - 120) zur Erzeugung eines Reibbremsmomentes umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das System
- Sensoreinheiten zum Erfassen des Zustandes der Speichereinheit (129), der Position eines Bremspedals (122), der Drehgeschwindigkeiten der einzelnen Räder (105 - 108) sowie der Beschleunigung des Fahrzeugaufbaus (126) in Fahrtrichtung;
- eine Einheit zum Regeln der Bremsmomente (125) für jedes einzelne Rad (101 - 104), mit der externe Störungen im Bremsverhalten des Elektrofahrzeugs kontinuierlich kompensierbar sind und
- eine Bremssteuereinheit (124) zum Ermitteln des Reibbremsmomentes und des elektrischen Bremsmomentes auf das jeweilige Rad (101 - 104) aufweist.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bremsystem in Elektrofahrzeugen, in denen das Bremspedal keine mechanische, hydraulische oder pneumatische Kopplung mit den Radbremsen aufweist, und ein Verfahren zur Regelung der Raddrehmomente mit gleichzeitiger Kompensation externer Störungen.

**[0002]** Während des Fahrbetriebs von Elektrofahrzeugen treten Störungen unterschiedlicher Art, wie beispielsweise eine Fahrbahnsteigung oder der Verschleiß von Reifen und Bremsbelägen usw., auf. Durch diese Störungen werden zusätzliche Kräfte erzeugt, die die Fahrzeugdynamik beeinflussen (z.B. die Fahrzeugverzögerung bei einer Fahrzeugbremsung). Ebenso wird auch die Fahrerwahrnehmung aufgrund eines veränderten Bremspedalgefühls (jede Pedalposition entspricht einem bestimmten Grad der gewünschten Fahrzeugverzögerung) beeinträchtigt. Derartige externe Störungen verursachen eine unerwünschte Belastung des Fahrers, weil das Bremspedal zusätzlich betätigt werden muss, um die gewünschte Verzögerung zu erreichen.

**[0003]** Die aus der Patent- und technischen Literatur bekannten Regelungsansätze hinsichtlich aktiver Fahrsicherheitssysteme berücksichtigen bereits den Einfluss derartiger Störungen. So wird z.B. in der Publikation [E. Liebmann, T. Führer, P. Kröger, „Light commercial vehicles: challenges for vehicle stability control“ in Proceedings of the 20th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Lyon, France, 2007] gezeigt, dass die Lastverteilung zwischen der Vorder- und Hinterachse eine Verzerrung der Bremsregelungen verursacht. Deshalb wurde vorgeschlagen, diese Lastverteilung bei der Radschlupfregelung zu berücksichtigen. Jedoch sind die in der Publikation beschriebenen Maßnahmen keine Störungskompensation, mit der stets gleichartige Bremspedalkennlinien realisiert werden können.

**[0004]** In der US 4 336 592 A wird weiter ein Antiblockier-Steuerungs-system angegeben, welche eine veränderliche Verstärkung umfasst, um Bremsen auszugleichen, welche starke Veränderungen im Reibungskoeffizient des Belages zeigen. Grundsätzlich umfasst die Erfindung einen Druckwandler und einen zugehörigen Verstärker, welcher ein Ausgangssignal entsprechend dem Bremsdruck liefert. Diese zwei Signale werden in einer Summenschaltung summiert und die von dieser Schaltung erhaltene Funktion wird dazu verwendet, das Steuersignal von der Antiblockier-Steuerung zu verändern.

**[0005]** Aus der US 6 663 197 B2 ist bekannt, dass in Elektrofahrzeugen ein konstantes Bremspedalgefühl mit Berücksichtigung von externen Störungen realisiert werden kann. Dazu wird zuerst das tatsächliche

Bremsmoment durch den Fahrzeugbeschleunigungsmesser ermittelt. Das vom Fahrer gewünschte Bremsmoment wird anschließend aus der aufgetragenen Bremskraft und dem Bremspedalweg ermittelt. Schließlich wird die Differenz zwischen dem gewünschten Bremsmoment und dem tatsächlichen Bremsmoment mit der vorgeschlagenen Regelstrategie ausgeglichen, so dass während einer Bremsung gleichartige Bremspedalkennlinien gewährleistet werden können.

**[0006]** In der US 2010 / 0 049 415 A1 wird ein Steuerungssystem für eine Fahrzeugbremse beschrieben, die ein Kompensationsmodul umfasst, das einen kompensierten Bremswert auf der Grundlage einer Fahrzeugmasse und einer Pedalkraft und/oder eines Pedalversatzes ermittelt, und ein Bremssteuerungsmodul, das einen Fluidruck, der an die Fahrzeugbremse geliefert wird, auf der Grundlage des kompensierten Bremswerts selektiv einstellt. Das Kompensationsmodul ermittelt den kompensierten Bremswert auf der Grundlage eines Vergleichs der Fahrzeugmasse und eines vorbestimmten Massenwertes. Ein zugehöriges Verfahren zum Steuern der Fahrzeugbremse auf der Grundlage der Fahrzeugmasse wird ebenfalls beschrieben.

**[0007]** In der US 2013 / 0 085 650 A1 wird ein weiteres Steuerungssystem für die Fahrzeugbremse eines Elektrofahrzeugs dargestellt, welches bei einer Bremsung die Frequenzschwankungen des regenerativen Bremsmoments berücksichtigt und den Bremsbetriebs entsprechend anpasst, um das gewünschte Bremspedalgefühl zu erreichen. Als Regelstörung identifiziert die Erfindung nur die Schwankungen des regenerativen Bremsmoments und verarbeitet diese Schwankungen mittels eines Filters.

**[0008]** Aus dem Stand der Technik sind lediglich Lösungen bekannt, mit denen die externen Störungen unterschiedlicher Art gleichzeitig kompensiert werden können, wobei jedoch das eigentliche Kompensationsverfahren nicht vollständig offenbart wird und die konkrete Auslegung der Bremssysteme und die Fahrzeugart nicht berücksichtigt werden.

**[0009]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, die aufgezeigten Nachteile aus dem Stand der Technik zu überwinden und ein System und ein dazugehöriges Verfahren zur Regelung der Radbremsmomente mit gleichzeitiger Störungskompensation bereitzustellen, die insbesondere für entkoppelte Bremssysteme von Elektrofahrzeugen einsetzbar sind.

**[0010]** Erfindungsgemäß gelingt die Lösung dieser Aufgabe mit den Merkmalen des ersten und vierten Patentanspruchs. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Systems sind in den Patentansprüchen 2 und 3

gekennzeichnet, während bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens in den Patentansprüchen 5 bis 8 angegeben sind.

**[0011]** Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sind dem nachfolgenden Beschreibungsteil zu entnehmen, in dem die Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert wird. Es zeigt:

**Fig. 1** - prinzipieller Aufbau eines erfindungsgemäßen entkoppelten Bremssystems für ein Elektrofahrzeug

**Fig. 2** - ein Blockdiagramm der Einheit zum Regeln der Bremsmomente

**Fig. 3** - ein Blockdiagramm der Einheit zum Regeln der Basisbremsmomente

**[0012]** In **Fig. 1** ist der prinzipielle Aufbau eines erfindungsgemäßen entkoppelten Bremssystems für ein Elektrofahrzeug mit einem elektrischen und einem Reibbremssystem dargestellt. Es umfasst insbesondere eine Einheit zum Regeln der Bremsmomente (125), mit der eine Kompensation externer Störungen realisiert werden kann. Jedes anzutreibende Rad (101 - 104) ist mit einem der Elektromotoren (109 - 112) über Antriebsstrangelemente (113 - 116) gekoppelt. Außerdem sind die Elektromotoren (109 ... 112) mit einer Speichereinheit (128) elektrisch verbunden. In Abhängigkeit vom Betriebsmodus des Fahrzeugs (Antrieb oder Bremsung) wird die elektrische Leistung entweder von der Speichereinheit (128) zu den Elektromotoren (109 - 112) oder von den Elektromotoren (109 - 112) zur Speichereinheit (128) entsprechend übertragen.

**[0013]** Die Einheit zum Regeln der Bremsmomente (125) sendet an die Motorsteuereinheit (123) und die Bremssteuereinheit (124) Signale zur Erzeugung eines Moments auf die jeweiligen Räder (101 - 104). Dabei ermittelt die Bremssteuereinheit (124) aus dem Bremspedalweg die gewünschte Fahrzeugverzögerung und verteilt das für die gewünschte Fahrzeugverzögerung erforderliche Bedarfsmoment für jedes Rad (101-104) zwischen dem jeweiligen Elektromotor und dem jeweiligen Reibbremssystem.

**[0014]** Während dieser Prozedur misst der Sensor (129) den Ladezustand der Speichereinheit (128), um in Abhängigkeit von den vorhandenen batteriebedingten Einschränkungen den für die Elektromotoren festgelegten Anteil des Bedarfsmoments  $T_{i,em}$  zu saturieren. Anschließend wird in der Bremssteuereinheit (124) ein zusätzliches Kompensationsmoment generiert, mit dem während der Bremsung eine konstante Bremspedalkennlinie gewährleistet werden kann.

Mit dem Sensor (122) wird die Position des Bremspedals (121) erfasst. Dabei wird das Bremspedal (121) von einer Betätigungskraft  $F_{ped}$  (128) angesteuert,

um die gewünschte Fahrzeugverzögerung zu erreichen. Die gewünschte Fahrzeugverzögerung wird in der Einheit zum Regeln der Bremsmomente (125) aus dem Verhältnis der Referenzverzögerung und der Position des Bremspedals  $s_{ped}$  berechnet.

Der Beschleunigungssensor (126) generiert für die Einheit zum Regeln der Bremsmomente (125) ein Signal der Beschleunigung des Fahrzeugaufbaus (127) in Fahrtrichtung.

An den Rädern (101 - 104) sind jeweils Sensoren (105 - 108) positioniert, die für die Einheit zum Regeln der Bremsmomente (125) jeweils ein Signal der Drehgeschwindigkeit des entsprechenden Rades (101 - 104) generieren.

**[0015]** **Fig. 2** zeigt ein Blockdiagramm der Einheit zum Regeln der Bremsmomente (125), in welcher die Basisbremsung für das elektrische und hydraulische Bremssystem sowie auch die Störungskompensation funktionalisiert sind.

Die Einheit zum Regeln der Bremsmomente (125) generiert für die Elektromotoren (Subsystem 203) das Bedarfsmoment  $T_{i,em}$  und für die Reibbremse (Subsystem 202) das Bedarfsmoment  $T_{i,fric}$ . Die Energiemanagement-Einheit (205) definiert aus den Signalen der Sensoren (105 - 108, 129) das verfügbare Bedarfsmoment  $T_{i,lim}$  für jeden Elektromotor.

Mit der Einheit zur Ermittlung des Fahrzeugzustands (207) wird aus den Sensorsignalen der Radgeschwindigkeiten  $\omega_i$ , der Beschleunigung des Fahrzeugaufbaus  $a_{x,act}$ , den Motorströmen  $i_i$  und den Reibbremsdrücken  $P_i$  der Fahrzeugzustand ermittelt, wobei die Sensorsignale an die Einheit zum Regeln der Bremsmomente (125) mit Hilfe eines Kommunikationsbusses (201) übermittelt werden.

**[0016]** Die so ermittelten Parameter des Fahrzeugzustands, wie die allgemeinen Widerstandskräfte  $F_{res}$  (Rollwiderstand, aerodynamischer Widerstand), die tatsächliche Fahrzeugmasse  $m_{a,act}$  und die Widerstandskraft bei einer Fahrt mit Fahrbahnsteigung  $F_{grad}$ , werden in der Einheit zum Regeln der Basisbremsmomente (206) weiter verarbeitet. Insbesondere wird daraus das Gesamtbremsmoment  $T_{total}$  ermittelt und die externen Störungen unter Berücksichtigung der Parameter des Fahrzeugzustands und der gewünschten Fahrzeugverzögerung kompensiert. Die gewünschte Fahrzeugverzögerung wird mit einer Datenbank (209), welche die Abhängigkeit der Referenzverzögerung  $a_{x,ref}$  vom Bremspedalweg  $s_{ped}$  beschreibt, berechnet.

Anschließend wird das Gesamtbremsmoment  $T_{total}$  in der Einheit zur Aufteilung des Bremsmoments (204) in die Bremsmomente für die Vorderachse  $T_{front}$  und für die Hinterachse  $T_{rear}$  des Fahrzeugs aufgeteilt. Die Einheit zur Erzeugung eines kombinierten Bremsmoments (208) realisiert die Aufteilung jedes der Bremsmomente  $T_{front}$  und  $T_{rear}$  zwischen dem Subsystem (203) (Elektromotoren) und dem Subsystem (202)

(Bremsystem) und generiert entsprechende individuelle Bremsmomente  $T_{i\_em}$  und  $T_{i\_fric}$  für jedes Rad. Bei der Aufteilung der Bremsmomente berücksichtigt die Einheit zur Erzeugung eines kombinierten Bremsmoments (208) das Signal von der Energiemanagement-Einheit (205) über die limitierenden Momente  $T_{i\_lim}$  der Elektromotoren. In Abhängigkeit von den individuellen Bremsmomenten  $T_{i\_em}$  werden die Elektromotoren (Subsystem 203) durch die Motorsteuereinheit (123) angesteuert. In Abhängigkeit von den individuellen Bremsmomenten  $T_{i\_fric}$  wird die Reibbremse des Bremsystems (Subsystem 202) durch die Bremssteuereinheit (124) angesteuert.

**[0017]** Fig. 3 zeigt das Blockdiagramm der Einheit zum Regeln der Basisbremsmomente (206). Die Einheit zur Generierung des Bedarfsmoments (301) berechnet aus dem Signal der gewünschten Fahrzeugverzögerung  $a_{x\_ref}$  das Bedarfsmoment  $T_{dem}$ . Die Berechnung schließt auch die Kompensationsprozedur basierend auf dem Signal der beobachteten aktuellen Fahrzeugmasse  $m_{a\_act}$  ein:

$$T_{dem} = m_{a\_act} a_{x\_ref} r_w \quad (\text{Gleichung 1})$$

**[0018]** Der Radradius  $r_w$  wird dabei als konstanter Wert betrachtet und das Signal der beobachteten aktuellen Fahrzeugmasse  $m_{a\_act}$  in der Einheit zur Ermittlung des Fahrzeugzustands (207) berechnet. Die gewünschte Fahrzeugverzögerung  $a_{x\_ref}$  wird aus der Datenbank (209) abgeleitet. Die Einheit zur Ermittlung des Fahrzeugzustands (207) ermittelt aus den Sensorsignalen der Radgeschwindigkeiten  $\omega_j$ , der Beschleunigung des Fahrzeugaufbaus  $a_{x\_act}$ , den Motorströmen  $i_j$  und den Reibbremsdrücken  $P_i$  den Fahrzeugzustand.

**[0019]** Der Kompensator 2 (303) dient der Kompensation von momentanen Störungen, wie eine Fahrbahnsteigung  $F_{grad}$ , und / oder eine Änderung der tatsächlichen Fahrzeugmasse  $m_{a\_act}$ . Das entsprechende Kompensationsmoment wird als Reaktionsmoment  $T_{react}$  bezeichnet und wie folgt berechnet:

$$T_{react} = (m_{a\_act} \sin \alpha) r_w \quad (\text{Gleichung 2})$$

**[0020]** Gleichung 2 beschreibt den Einzelfall der Kompensation einer Fahrbahnsteigung. Andere momentan wirkende Kräfte können auf ähnliche Weise kompensiert werden, wobei die Kraft  $F_{grad}$  mit Hilfe der Einheit zur Ermittlung des Fahrzeugzustands (207) ermittelt wird.

**[0021]** Der Kompensator 1 (302) realisiert eine schrittweise Kompensation von permanenten Störungen. Dazu gehören z.B. der Verschleiß von Rei-

fen und Bremsbelägen oder eine thermisch bedingte Reduktion der Bremsreibung. Sie ändern sich zunehmend während eines relativ langen Zeitraums und können deshalb als permanente Störungen betrachtet werden. Um den nicht vorhersehbaren Änderungen im Bremspedalgefühl aufgrund dieser permanenten Störungen vorzubeugen, generiert der Kompensator 1 (302) ein entsprechendes Kompensationsmoment  $T_{long\_term}$  schrittweise. Das Moment  $T_{long\_term}$  wird im Laufe jeder Bremsung mit Hilfe eines Korrekturfaktors  $f_{cor}$  berechnet:

$$m_a a_{x\_ref} f_{cor} = F_{x\_act} - F_{roll} \pm F_{grad} \quad (\text{Gleichung 3})$$

**[0022]** Die aerodynamische Widerstandskraft  $F_{aero}$  und Rollwiderstandskraft  $F_{roll}$  werden in der Einheit zur Ermittlung des Fahrzeugzustands (207) ermittelt und zu der Widerstandskraft  $F_{res}$  summiert. Die tatsächliche Brems- und Schubkraft des Fahrzeugs  $F_{x\_act}$  wird ebenfalls in der Einheit zur Ermittlung des Fahrzeugzustands (207) ermittelt.

**[0023]** Zur Bestimmung des Korrekturfaktors  $f_{cor}$  können verschiedene indirekte Verfahren verwendet werden. Um die Robustheit der Korrektur zu gewährleisten, ist die Änderung des Korrekturfaktors durch einen bestimmten Wert  $f_{up}$  begrenzt:

$$f_{cor\_lim} \begin{cases} 1, & f_{cor} \\ f_{cor}, & 1 \leq f_{cor} \leq f_{up} \\ f_{up}, & f_{cor} > f_{up} \end{cases} \quad (\text{Gleichung 4})$$

**[0024]** Der begrenzte Korrekturfaktor  $f_{cor\_lim}$  wird weiter verwendet, um den Momentanteil  $T_{long\_term}$  des Kompensators 1 (302) zu definieren:

$$T_{long\_term} = (f_{cor\_lim} - 1) T_{dem}, \quad (\text{Gleichung 5})$$

wobei der Wert des Bedarfsmoments  $T_{dem}$  aus der Einheit zur Generierung des Bedarfsmoments (301) übernommen wird.

**[0025]** Das finale Moment  $T_{total}$ , welches für die Einheit zur Aufteilung des Bremsmoments (204) erforderlich ist, wird schließlich wie folgt berechnet:

$$T_{total} = T_{dem} + T_{react} + T_{long\_term} \quad (\text{Gleichung 6})$$

## Bezugszeichenliste

## Patentansprüche

101 - 104	Rad	<p>1. System zur Regelung der Radbremssmomente mit gleichzeitiger Störungskompensation für entkoppelte Bremssysteme von Elektrofahrzeugen, welches</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eine Speichereinheit zum Be- oder Entladen mit elektrischer Energie und</li> <li>• für jedes anzutreibende Rad (101 - 104) jeweils einen Elektromotor (109 - 112) zur Erzeugung eines elektrischen Antriebs- oder Bremsmomentes sowie eine Reibungsbremse (117 - 120) zur Erzeugung eines Reibbremsmomentes umfasst, <b>dadurch gekennzeichnet</b>, dass das System</li> <li>• Sensoreinheiten zum Erfassen des Zustandes der Speichereinheit (129), der Position eines Bremspedals (122), der Drehgeschwindigkeiten der einzelnen Räder (105 - 108) sowie der Beschleunigung des Fahrzeugaufbaus (126) in Fahrtrichtung;</li> <li>• eine Einheit zum Regeln der Bremsmomente (125) für jedes einzelne Rad (101 - 104), mit der externe Störungen im Bremsverhalten des Elektrofahrzeugs kontinuierlich kompensierbar sind und</li> <li>• eine Bremssteuereinheit (124) zum Ermitteln des Reibbremsmomentes und des elektrischen Bremsmoments auf das jeweilige Rad (101 - 104) aufweist.</li> </ul>
105 - 108	Sensor zum Erfassen der Drehgeschwindigkeiten der Räder	
109 - 112	Elektromotoren	
113 - 116	Antriebsstrangelemente	
117 - 120	Reibungsbremsen	<p>2. System nach Anspruch 1 <b>dadurch gekennzeichnet</b>, dass die Einheit zum Regeln der Bremsmomente (125) eine Einheit zur Ermittlung des Fahrzeugzustands (207), eine Datenbank (209), eine Energiemanagement-Einheit (205), eine Einheit zur Regelung der Basisbremsmomente (206), eine Einheit zur Aufteilung des Bremsmomentes (204) und eine Einheit zur Erzeugung eines kombinierten Bremsmomentes (208) aufweist.</p>
121	Bremspedal	
122	Sensor zum Erfassen der Position des Bremspedals	<p>3. System nach Anspruch 2 <b>dadurch gekennzeichnet</b>, dass die Einheit zur Regelung der Basisbremsmomente (206) eine Einheit zur Generierung des Bedarfsmomentes (301), eine Einheit zur Kompensation momentaner Störungen des Bremsverhaltens (303) und eine Einheit zur Kompensation permanenter Störungen des Bremsverhaltens (302) aufweist.</p>
123	Motorsteuereinheit	
124	Bremssteuereinheit	<p>4. Verfahren zur Regelung der Radbremssmomente mit gleichzeitiger Störungskompensation für entkoppelte Bremssysteme von Elektrofahrzeugen mit einem System nach einem der Ansprüche 1 bis 3 umfassend die Schritte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung der Bedarfsmomente <math>T_{dem}</math>, die von den Elektromotoren (109 - 112) und den Reibungsbremsen (117 - 120) an jedem Rad (101 - 104) generiert werden sollen;</li> <li>• Ermittlung von Störungen im Bremsverhalten des Elektrofahrzeugs;</li> <li>• Sortieren der ermittelten Störungen im Bremsverhalten des Elektrofahrzeugs nach momentanen und permanenten Störungen;</li> </ul>
125	Einheit zum Regeln der Bremsmomente	
126	Sensor zum Erfassen der Beschleunigung des Fahrzeugaufbaus	
127	Fahrzeugaufbau	
128	Betätigungskraft	
129	Sensor zur Erfassung des Zustandes der Speichereinheit	
201	Kommunikationsbus	
202	Subsystem (Bremssystem)	
203	Subsystem (Elektromotoren)	
204	Einheit zur Aufteilung des Bremsmoments	
205	Energiemanagement-Einheit	
206	Einheit zum Regeln der Basisbremsmomente	
207	Einheit zur Ermittlung des Fahrzeugzustands	
208	Einheit zur Erzeugung eines kombinierten Bremsmoments	
209	Datenbank	
301	Einheit zur Generierung des Bedarfsmomentes	
302	Kompensator 1	
303	Kompensator 2	
304	Sensoren zum Erfassen des Bremsdrucks	
305	Sensoren zum Erfassen des Stroms	

- Berechnung des Kompensationsbremsmomentes  $T_{\text{react}}$  für die momentanen Störungen und des Kompensationsbremsmomentes  $T_{\text{long\_term}}$  für die permanenten Störungen;
- Ermittlung eines korrigierten Bremsmomentes  $T_{\text{total}}$  für jedes Rad (101 - 104) durch Summierung des jeweiligen Bedarfsmomentes  $T_{\text{dem}}$  und der jeweiligen Kompensationsmomente  $T_{\text{react}}$  und  $T_{\text{long\_term}}$ .
- Aufteilung des korrigierten Bremsmomentes  $T_{\text{total}}$  in die Bremsmomente für die Vorderachse  $T_{\text{front}}$  und für die Hinterachse  $T_{\text{rear}}$  des Elektrofahrzeugs und in die radindividuellen elektrischen Bremsmomente  $T_{\text{i\_em}}$  und radindividuellen Reibbremsmomente  $T_{\text{i\_em}}$  und  $T_{\text{j\_fric}}$ .

5. Verfahren nach Anspruch 4 **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Berechnung der Kompensationsmomente die Widerstandskraft  $F_{\text{grad}}$  bei einer Fahrt mit Fahrbahnsteigung, die tatsächliche Fahrzeugmasse  $m_{\text{a\_act}}$ , der Rollwiderstandskraft  $F_{\text{roll}}$  und der aerodynamischen Widerstandskraft  $F_{\text{aero}}$  ermittelt werden.

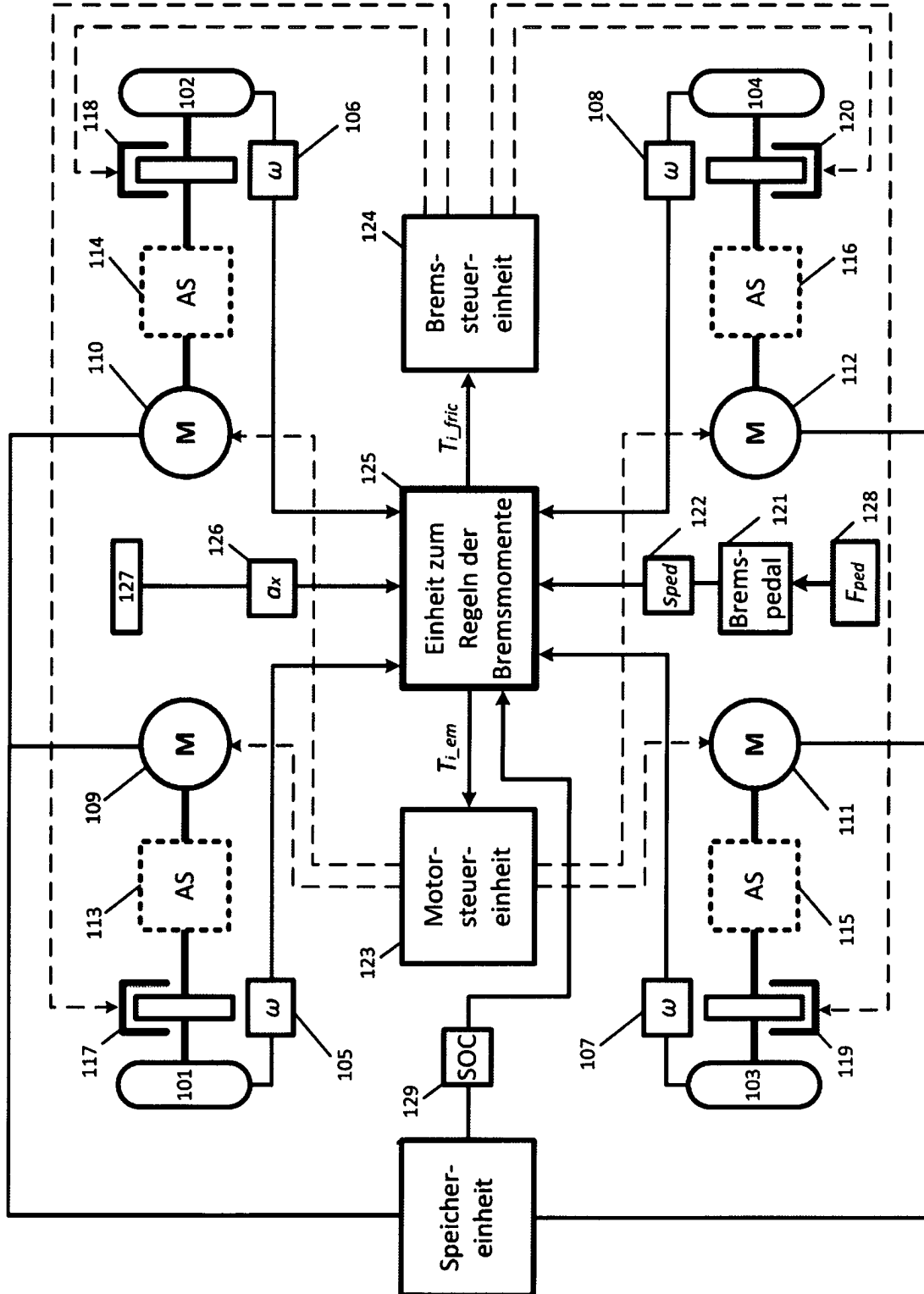
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5 **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Berechnung des Kompensationsbremsmomentes  $T_{\text{long\_term}}$  für die permanenten Störungen ein Korrekturfaktor  $f_{\text{cor}}$  verwendet wird, der durch einen vorbestimmten Wert  $f_{\text{up}}$  begrenzt ist.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kompensationsbremsmoment  $T_{\text{react}}$  für die momentanen Störungen bei der Ermittlung des korrigierten Bremsmomentes  $T_{\text{total}}$  kontinuierlich berücksichtigt wird.

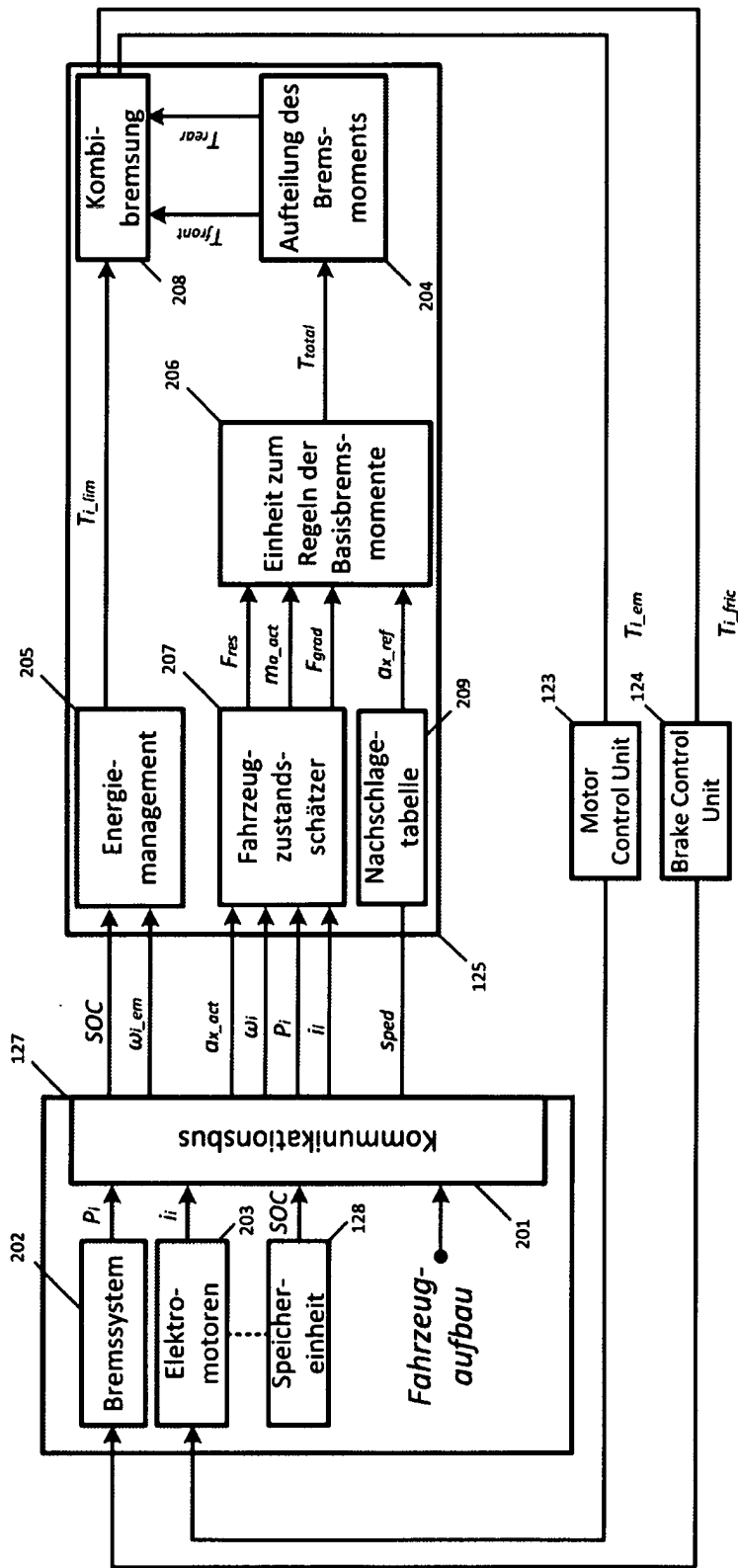
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kompensationsbremsmoment  $T_{\text{long\_term}}$  für die permanenten Störungen schrittweise berücksichtigt wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

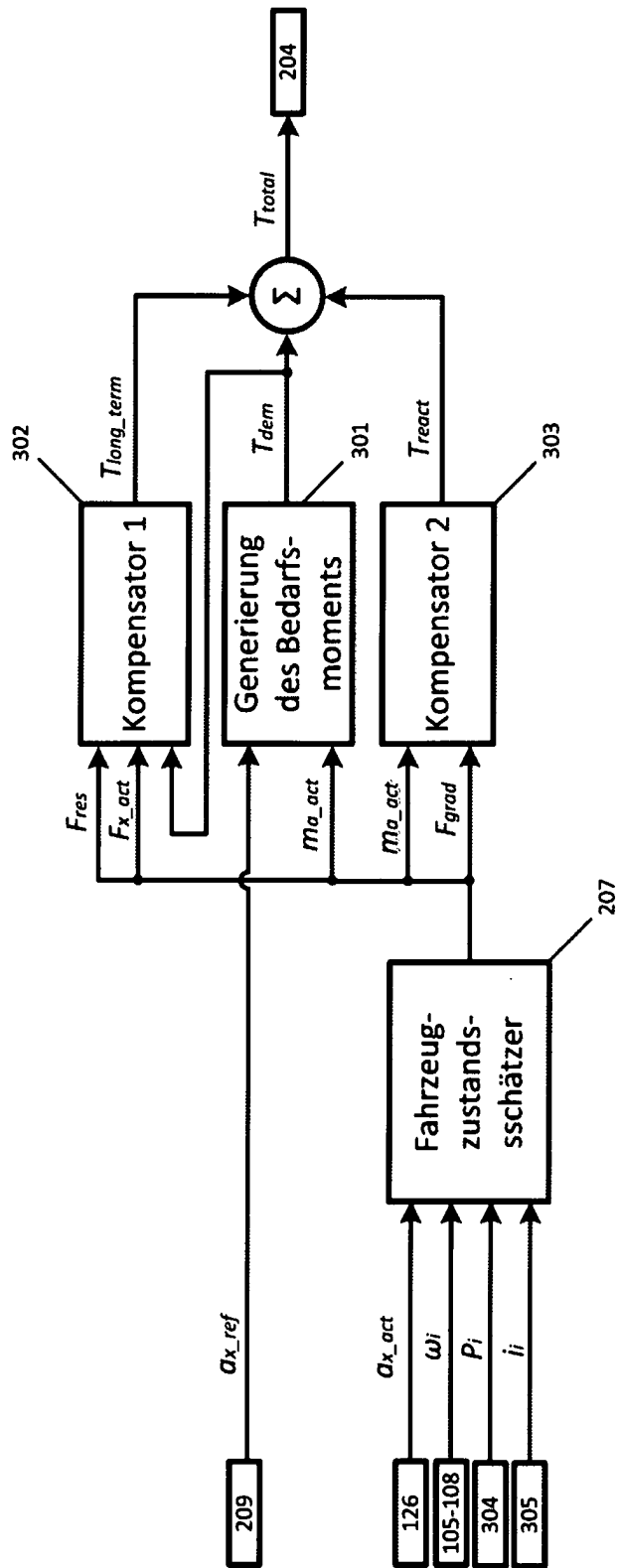


Figur 1



Figur 2





Figur 3