



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 009 466 A1** 2005.09.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 009 466.7**

(22) Anmeldetag: **27.02.2004**

(43) Offenlegungstag: **15.09.2005**

(51) Int Cl.7: **B60T 13/66**

**B60T 8/00, B60T 8/60, B62D 6/00,
 B62D 37/00**

(71) Anmelder:

DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

**Frey, Gerhard, Dipl.-Ing., 73733 Esslingen, DE;
 Heilmann, Harro, Dr., 73760 Ostfildern, DE;
 Martens, Eilert, Dipl.-Ing., 73630 Remshalden, DE;
 Quinger, Christian, Dipl.-Ing., 73614 Schorndorf,
 DE; Schwarzhaupt, Andreas, Dr., 74420 Oberrot,
 DE; Spiegelberg, Gernot, Dr., 71296 Heimsheim,
 DE; Sulzmann, Armin, Dr., 68723 Oftersheim, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
 ziehende Druckschriften:

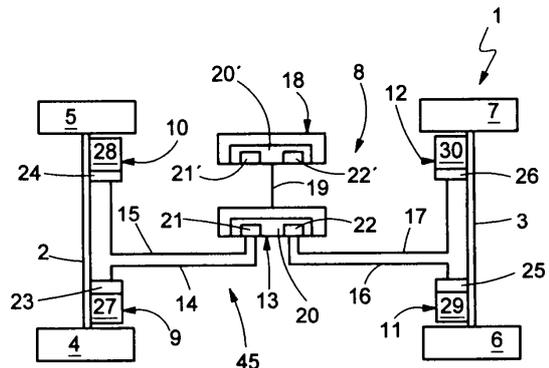
**DE 195 48 392 A1
 DE 101 31 806 A1
 DE 100 65 347 A1
 DE 100 53 604 A1
 DE 41 11 023 A1
 EP 04 67 112 A2
 WO 99/26 822 A1
 WO 95/13 946 A1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Bremsteuerungssystem für ein Fahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bremssteuerungssystem (45) für ein Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, und umfasst eine Betriebsbremse (8) zum Abbremsen der Räder (4 bis 7) des Fahrzeugs (1). Zur Erhöhung der Betriebssicherheit ist die Betriebsbremse (8) für jedes Rad (4 bis 7) mit einem elektronisch ansteuerbaren Bremsaggregat (9 bis 12) zur Bremsbetätigung des jeweiligen Rads (4 bis 7) ausgestattet, wobei eine zentrale Steuereinrichtung (13) vorgesehen ist, die über Steuerleitungen (14 bis 17) mit den Bremsaggregaten (9 bis 12) so verbunden ist, dass sie die Bremsaggregate (9 bis 12) unabhängig voneinander ansteuern kann.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bremssteuerungssystem für ein Fahrzeug, insbesondere ein Nutzfahrzeug, wobei das Fahrzeug wenigstens eine Vorderachse mit zumindest einem linken Vorderrad und zumindest einem rechten Vorderrad sowie wenigstens eine Hinterachse mit zumindest einem linken Hinterrad und zumindest einem rechten Hinterrad aufweist, wobei das Bremssteuerungssystem eine Betriebsbremse zum Abbremsen der Räder des Fahrzeugs umfasst.

Stand der Technik

[0002] Aus der DE 100 32 179 A1 ist ein Fahrzeug mit einem Steuerungssystem bekannt, das mit einem elektronisch ansteuerbaren Antriebsstrang arbeitet, der zumindest eine Lenkungsanlage und ein Antriebsaggregat des Fahrzeugs umfasst. Das bekannte Steuerungssystem besitzt eine Eingabeebene mit Einrichtungen zum Eingeben kontinuierlicher Vorgaben eines Fahrers und zum Umsetzen der Vorgabe in Sollwertsignale. Das Steuerungssystem umfasst außerdem eine Koordinationsebene zum Umsetzen der Sollwertsignale in Ansteuersignale, die von Aktuatoren des Antriebsstrangs umgesetzt werden. Mit anderen Worten, das Steuerungssystem besitzt eine Steuereinrichtung, die aus einem eingangsseitigen Bewegungsvektor Ausgangsseitig Steuersignale zum Ansteuern des Antriebsstrangs generiert und die zur Übertragung der Steuersignale mit dem Antriebsstrang gekoppelt ist, der dann die Steuersignale zur Umsetzung des Fahrerwunsches abarbeitet, sogenanntes „Drive-by-Wire-System“ oder „X-by-Wire-System“.

[0003] Aus der DE 100 46 832 A1 ist ein anderes Steuerungssystem bekannt, das zum Steuern eines mit einem elektronisch ansteuerbaren Antriebsstrang ausgestatteten Fahrzeugs geeignet ist. In einer Speichereinrichtung werden die Fahrdynamik betreffende Fahrzeugdaten, Zeitdaten, Positionsdaten, fahrerseitige Betätigungssignale und von einer Steuereinrichtung erzeugt, Ansteuersignale für den Antriebsstrang gespeichert. Ein derartiges Steuerungssystem ermöglicht eine verbesserte Unfallanalyse.

[0004] Bei heutigen Fahrzeugen wird die Betriebsbremse mit Hilfe hydraulischer Bremsaktuatoren realisiert, die den einzelnen Fahrzeugrädern zugeordnet sind. Zur Erhöhung der Fahrzeugsicherheit wird dabei in der Regel ein Zwei-Kreis-System ausgebildet, bei dem zwei voneinander unabhängige Hydraulikkreise vorgesehen sind, von denen der eine zur Betätigung der der Hinterachse zugeordneten Bremsaktuatoren dient, während der andere zur Betätigung der der Vorderachse zugeordneten Bremsaktuatoren dient. Bei dieser Bauweise sind die der selben Achse zugeordneten Bremsaktuatoren über den gemeinsa-

men Hydraulikkreis miteinander gekoppelt. Diese Kopplung führt dazu, dass bei einem Ausfall des einen Hydraulikkreises stets alle in diesen Hydraulikkreis eingebundenen Bremsaktuatoren ausfallen.

Aufgabenstellung

[0005] Hier setzt die vorliegende Erfindung an. Die Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für ein Fahrzeug der eingangs genannten Art eine verbesserte Ausführungsform anzugeben, die insbesondere eine erhöhte Sicherheit bietet.

[0006] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, die Betriebsbremse mit den einzelnen Rädern zugeordneten elektronisch ansteuerbaren Bremsaggregaten auszustatten, die von einer zentralen Steuereinrichtung der Betriebsbremse unabhängig voneinander ansteuerbar sind. Auf diese Weise kann zum Beispiel ein Vier-Kreis-System realisiert werden, ohne dass hierzu ein besonders hoher Aufwand erforderlich ist. Insbesondere müssen keine Hydraulikleitungen verlegt werden, da die zur Betätigung der Bremsaggregate verwendeten Steuerleitungen lediglich zur Übertragung elektrischer Steuersignale geeignet sein müssen und somit erheblich preiswerter sind als Hydraulikleitungen. Dabei sind die elektrischen Steuerleitungen nicht nur in der Anschaffung preiswerter als Hydraulikleitungen, sondern benötigen auch einen reduzierten Verlegeaufwand.

[0008] Von besonderem Vorteil ist eine Ausführungsform, bei welcher eine weitere (zweite) zentrale Steuereinrichtung vorgesehen ist, die mit der anderen (ersten) Steuereinrichtung und/oder mit der wenigstens einen Steuerleitung verbunden und redundant zur ersten zentralen Steuereinrichtung geschaltet ist. Mit Hilfe der zweiten zentralen Steuereinrichtung wird ein redundantes Bremssteuerungssystem geschaffen, mit dessen Hilfe die Ausfallsicherheit der Bremsanlage erheblich verbessert werden kann.

[0009] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0010] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiel

[0011] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder funktional gleiche oder ähnliche Bauteile beziehen.

[0012] Es zeigen, jeweils schematisch,

[0013] [Fig. 1](#) bis [Fig. 9](#) stark vereinfachte Prinzipsdarstellungen eines Fahrzeugs mit einem erfindungsgemäßen Bremssteuerungssystem bei verschiedenen Ausführungsformen.

[0014] Entsprechend [Fig. 1](#) umfasst ein nur teilweise dargestelltes Fahrzeug **1** wenigstens eine Vorderachse **2** und wenigstens eine Hinterachse **3**. Die Vorderachse **2** besitzt bezüglich der Fahrtrichtung zumindest ein linkes Vorderrad **4** sowie wenigstens ein rechtes Vorderrad **5**. In entsprechender Weise besitzt auch die Hinterachse **3** bezüglich der Fahrtrichtung zumindest ein linkes Hinterrad **6** sowie wenigstens ein rechtes Hinterrad **7**. Es ist klar, dass bei einer anderen Ausführungsform das Fahrzeug **1** auch mehrere Hinterachsen **3** und insbesondere auch mehrere Vorderachsen **2** aufweisen kann. Des Weiteren können zum Beispiel bei einer Hinterachse **3** die einzelnen Hinterräder **6**, **7** als Doppelräder oder Zwillingräder ausgebildet sein.

[0015] Des Weiteren ist das Fahrzeug **1** mit einer Betriebsbremse **8** ausgestattet, mit deren Hilfe das Fahrzeug **1** abgebremst werden kann, wobei die Betriebsbremse **8** zum Abbremsen der einzelnen Räder **4** bis **7** des Fahrzeugs **1** dient. Die Betriebsbremse **8** umfasst für jedes bremsbare Rad **4** bis **7** ein eigenes Bremsaggregat, nämlich ein vorderes linkes Bremsaggregat **9**, ein vorderes rechtes Bremsaggregat **10**, ein hinteres linkes Bremsaggregat **11** und ein hinteres rechtes Bremsaggregat **12**. Die Bremsaggregate **9** bis **12** sind jeweils so ausgestaltet, dass sie elektronisch ansteuerbar sind. Beispielsweise handelt es sich bei den Bremsaggregaten **9** bis **12** um elektromechanische Bremsaggregate, die elektrische Energie in mechanische Bremsarbeit umsetzen. Beispielsweise besitzt eine derartige elektromechanische Bremse einen Elektromotor als Aktuator, der bei seiner Betätigung herkömmliche Bremsbacken mit einer herkömmlichen Brems Scheibe verpresst.

[0016] Die Betriebsbremse **8** bildet einen wesentlichen Bestandteil eines Bremssteuerungssystems **45**, das außerdem mit einer ersten zentralen Steuereinrichtung **13** ausgestattet ist, die über wenigstens eine Steuerleitung mit den Bremsaggregaten **9** bis **12** verbunden ist. Die Anbindung bzw. Kopplung mit den Bremsaggregaten **9** bis **12** erfolgt dabei so, dass die erste zentrale Steuereinrichtung **13** die einzelnen

Bremsaggregate **9** bis **12** unabhängig voneinander ansteuern kann. Bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 1](#) sind vier derartige Steuerleitungen **14**, **15**, **16**, **17** vorgesehen.

[0017] Des Weiteren umfasst das Bremssteuerungssystem **45** eine zweite zentrale Steuereinrichtung **18**, die redundant zur ersten zentralen Steuereinrichtung **13** geschaltet ist. Auf diese Weise kann die Betriebs- und Funktionssicherheit der Betriebsbremse **8** bzw. des Bremssteuerungssystems **45** verbessert werden, da bei einem Ausfall der ersten zentralen Steuereinrichtung **13** die zweite zentrale Steuereinrichtung **18** die erste zentrale Steuereinrichtung **13** hinreichend ersetzen kann. Das Fahrzeug **1** ist somit mit einem redundanten Bremssteuerungssystem **45** ausgestattet.

[0018] Bei den hier gezeigten Ausführungsformen ist die Betriebsbremse **8** als drahtgebundenes System ausgestaltet, also ohne mechanische oder hydraulische Zwangskopplung zwischen einem Bremskraftsollwertgeber, wie zum Beispiel ein Bremspedal, und den einzelnen Bremsaggregaten **9** bis **12**. Vorzugweise handelt es sich hier also um ein sogenanntes „Break-by-Wire-System“, bei dem ein Bremsbefehl auf elektrischem Weg an die einzelnen Bremsaggregate **9** bis **12** weitergeleitet und dort umgesetzt wird. Dementsprechend handelt es sich bei den Steuerleitungen **14** bis **17** um elektrische Leitungen zur Übertragung elektrischer Signale, die zur Ansteuerung der einzelnen Bremsaggregate **9** bis **12** dienen.

[0019] Bei den Ausführungsformen der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) ist die erste zentrale Steuereinrichtung **13** mit den einzelnen Bremsaggregaten **9** bis **12** jeweils über eine eigene, separate Steuerleitung **14** bis **17** verbunden. Die zweite zentrale Steuereinrichtung **18** ist bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 1](#) mit der ersten Steuereinrichtung **13** und somit indirekt über die erste Steuereinrichtung **13** mit den Bremsaggregaten **9** bis **12** verbunden. Eine entsprechende Verbindungsleitung ist dabei mit **19** bezeichnet. Im Unterschied dazu ist bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 2](#) die zweite Steuereinrichtung **18** über zusätzliche Verbindungsleitungen **31** bis **34** direkt mit den Steuerleitungen **14** bis **17** verbunden, die jeweils die erste Steuereinrichtung **13** umgehen. Optional kann die zweite Steuereinrichtung **18** zusätzlich noch über die Verbindungsleitung **19** mit der ersten Steuereinrichtung **13** verbunden sein.

[0020] Die Ausführungsformen der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) ermöglichen es, bei einem ordnungsgemäßen Betrieb der ersten Steuereinrichtung **13** die zweite Steuereinrichtung **18** auszuschalten bzw. in einem Bereitschaftsmodus („Stand-by“) zu betreiben, der möglichst wenig Energie verbraucht. Bei Ausfall der ersten Steuereinrichtung **13** kann dann die zweite Steuereinrichtung **18** vergleichsweise rasch eingreifen

und die Funktionen der ersten Steuereinrichtung **13** übernehmen.

[0021] Die elektronische Kopplung zwischen einer Eingangsebene des Bremssteuerungssystems **45**, die durch einen Bremskraftsollwertgeber, zum Beispiel ein Bremspedal, gebildet ist, und einer Ausgangsebene des Bremssteuerungssystems **45**, die durch die mit den Rädern **4** bis **7** zusammenwirkenden Bremsaggregate **9** bis **12** gebildet ist, ist bei der Erfindung vorzugsweise hierarchisch strukturiert. Hierzu ist zunächst ein Bremsmodulator **20** vorgesehen, der in Abhängigkeit von fahrdynamischen Vorgabewerten für jede Achse **2**, **3** einen Achsbremsbefehl ermittelt. Die hierbei berücksichtigten fahrdynamischen Vorgabewerte können neben einem Sollwert für eine vom Fahrzeugführer gewünschte Fahrzeugverzögerung auch aktuelle Zustandsgrößen eines Stabilisierungssystems sein, wie zum Beispiel Lenkwinkel und/oder Querbewegung, die sich auf den jeweiligen Bremsvorgang auswirken können. Dem Bremsmodulator **20** ist dann für jede Achse **2**, **3** ein Achsmodulator **21** bzw. **22** nachgeschaltet. Jeder Achsmodulator **21**, **22** ermittelt aus dem zugehörigen Achsbremsbefehl für jedes zugeordnete Rad **4** bis **7** einen Radbremsbefehl. Während sich die Achsbremsbefehle dadurch voneinander unterscheiden können, dass der Bremsmodulator **20** den einzelnen Achsen **2**, **3** unterschiedliche Bremsmomente zuordnet, können sich die Radbremsbefehle innerhalb der jeweiligen Achse **2**, **3** durch eine unterschiedliche Links-Rechts-Verteilung der erwünschten Bremskräfte voneinander unterscheiden.

[0022] Den einzelnen Achsmodulatoren **21**, **22** sind nun für jedes Rad **4** bis **7** ein eigener Radmodulator **23** bis **26** nachgeordnet. Die Radmodulatoren **23** bis **26** ermitteln in Abhängigkeit der zugehörigen Radbremsbefehle Betätigungssignale zur Betätigung von Bremsaktuatoren **27** bis **30**, die dem jeweiligen Bremsaggregat **9** bis **12** zugeordnet sind. Die Bremsaktuatoren **27** bis **30** setzen dann individuell den jeweiligen Radbremsbefehl um. Die verwendete Strukturierung ermöglicht es unter anderem, die einzelnen benötigten Modulatoren **20** bis **26** dezentral anzuordnen. Bei den Ausführungsformen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) sind beispielsweise die Radmodulatoren **23** bis **26** an den einzelnen Bremsaggregaten **9** bis **12** angeordnet bzw. in diese integriert. Im Unterschied dazu sind bei diesen Ausführungsformen die Achsmodulatoren **21**, **22** in die erste Steuereinrichtung **13** bzw. in den Bremsmodulator **20** integriert. Ebenso ist der Bremsmodulator **20** in die erste Steuereinrichtung **13** integriert.

[0023] Zweckmäßig ist das Bremssteuerungssystem **45** mit einem dynamischen System zur Fahrzeugstabilisierung ausgestattet. Ein derartiges Stabilisierungssystem ist beispielsweise ein Antiblockiersystem (ABS), eine Antischlupfregelung (ASR) oder

ein sogenanntes ESP-System. Ebenso kann ein elektronisches Allrad-System zur Fahrzeugstabilisierung beitragen.

[0024] Die hierarchische Struktur des Bremssteuerungssystems **45** ermöglicht es nun, radspezifische Komponenten eines derartigen Stabilisierungssystems in den Achsmodulatoren **21**, **22** anzuordnen oder zu realisieren. In entsprechender Weise können dann achsspezifische und/oder fahrzeugspezifische Komponenten dieser Stabilisierungssysteme im Bremsmodulator **20** angeordnet bzw. realisiert sein. Des Weiteren können die Radmodulatoren **23** bis **26** lokale Regelkreise aufweisen, die sich in der Ebene des jeweiligen Rads **4** bis **7** abspielen.

[0025] Grundsätzlich kann die zweite Steuereinrichtung **18** identisch zur ersten Steuereinrichtung **13** aufgebaut sein, um diese im Notfall vollständig ersetzen zu können. Der Betrieb des Fahrzeugs **1** erfährt dann bei Ausfall der ersten Steuereinrichtung **13** keinerlei Einschränkungen. Dementsprechend enthält auch die zweite Steuereinrichtung **18** einen Bremsmodulator **20'** und zwei Achsmodulatoren **21'** bzw. **22'**. Im Unterschied dazu ist es auch möglich, der zweiten Steuereinrichtung **18** eine im Vergleich zur ersten Steuereinrichtung **13** reduzierte Funktionalität zuzuordnen, wodurch die in der Regel nicht benötigte, zweite Steuereinrichtung **18** preiswerter hergestellt werden kann.

[0026] Bei den Ausführungsformen der [Fig. 3](#) bis [Fig. 9](#) wird die Betriebssicherheit des redundanten Bremssteuerungssystems **45** dadurch erhöht, dass von den beiden vorderen Steuerleitungen **14**, **15** die zur Betätigung derjenigen Bremsaggregate **9**, **10** vorgesehen sind, die der Vorderachse **2** zugeordnet sind, zumindest die eine oder erste, hier die linke Steuerleitung **14** mit der ersten zentralen Steuereinrichtung **13** verbunden ist. Im Unterschied dazu ist von den beiden hinteren Steuerleitungen **16**, **17**, die zur Betätigung derjenigen Bremsaggregate **11**, **12** dienen, die der Hinterachse **3** zugeordnet sind, zumindest die eine oder erste, hier die rechte Steuerleitung **17** mit der zweiten zentralen Steuereinrichtung **18** verbunden. Des Weiteren ist bei den Ausführungsformen der [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) von den vorderen Steuerleitungen **14**, **15** die andere oder zweite, also hier die rechte Steuerleitung **15**, mit der zweiten Steuereinrichtung **18** verbunden, während von den beiden hinteren Steuerleitungen **16**, **17** die andere oder zweite, also hier die linke Steuerleitung **16** mit der ersten Steuereinrichtung **13** verbunden ist. Auf diese Weise sind automatisch die Bremsaggregate **9**, **10** der Vorderachse **2** und die Bremsaggregate **11**, **12** der Hinterachse **3** mit beiden Steuereinrichtungen **13**, **18** über separate Steuerleitungen **14** bis **17** verbunden.

[0027] Im Bereich der einzelnen Achsen **2**, **3** wird

dann eine redundante Verschaltung realisiert. Bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 3](#) sind dazu die beiden vorderen Steuerleitungen **14**, **15** jeweils mit beiden Radmodulatoren **23**, **24** verbunden, wozu von der jeweiligen Steuerleitung **14**, **15** eine entsprechende Hilfsleitung **14'** bzw. **15'** abzweigt. Entsprechendes erfolgt hier auch an der Hinterachse **3**, so dass die linke hintere Steuerleitung **16** mit dem hinteren linken Radmodulator **25** und über eine Hilfssteuerleitung **16'** mit dem hinteren rechten Radmodulator **26** verbunden ist. Ebenso ist die hintere rechte Steuerleitung **17** direkt mit dem hinteren rechten Radmodulator **26** und indirekt über eine Hilfssteuerleitung **17'** mit dem hinteren linken Radmodulator **25** verbunden. Dabei ist klar, dass die jeweilige Steuereinrichtung **13**, **18** letztlich codierte Radbremsbefehle für alle Fahrzeigräder **4** bis **7** aussendet, so dass bei Ausfall einer der Steuereinrichtungen **13**, **18** über die gebildete Vernetzung die von der verbleibenden Steuereinrichtung **13** bzw. **18** erzeugten Radbremsbefehle stets den jeweiligen Radmodulator **23** bis **26** erreichen.

[0028] Bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 4](#) wird die redundante Verschaltung im Bereich der Achsen **2**, **3** dadurch erzielt, dass zum einen bei jeder Achse **2**, **3** die beiden Steuerleitungen **14**, **15** bzw. **16**, **17** den einen Radmodulator **23** oder **25** mit der ersten Steuereinrichtung **13** und den anderen Radmodulator **24** oder **26** mit der zweiten Steuereinrichtung **18** verbinden. Zum anderen ist an jeder Achse **2**, **3** eine Kopplungsleitung **35** bzw. **36** vorgesehen, welche die beiden Radmodulatoren **23** und **24** bzw. **25** und **26** der jeweiligen Achse **2**, **3** miteinander verbindet. Diese Kopplungsleitungen **35**, **36** sind dabei so ausgestaltet bzw. geschaltet, dass sie die über die eine Steuerleitung **14** oder **15** bzw. **16** oder **17** dem einen Radmodulator **23** oder **24** bzw. **25** oder **26** zugeführten Signale an den jeweils anderen Radmodulator **24** oder **23** bzw. **26** oder **25** derselben Achse **2**, **3** durchleiten. Somit wird auch hier eine Vernetzung geschaffen, die es ermöglicht, bei Ausfall einer der Steuereinrichtungen **13**, **18** über die Vernetzung im Bereich der Achsen **2**, **3** die Bremsaggregate **9** bis **12** mit der verbleibenden Steuereinrichtung **13**, **18** zu erreichen. Mit Hilfe einer derartigen Vernetzung im Bereich der Achsen **2**, **3** ist es grundsätzlich auch möglich, die erste, zum Beispiel die linke vordere Steuerleitung **14** mit der ersten Steuereinrichtung **13** und die erste bzw. rechte hintere Steuerleitung **17** mit der zweiten Steuereinrichtung **18** zu verbinden und im übrigen die zweite bzw. rechte vordere Steuerleitung **15** mit der zweiten bzw. linken hinteren Steuerleitung **16** zu verbinden. Auf diese Weise wird auch hier eine Vernetzung geschaffen, die es bei Ausfall einer der beiden Steuereinrichtungen **13**, **18** ermöglicht, alle Radmodulatoren **23** bis **26** mit den Steuerbefehlen der verbleibenden Steuereinrichtung **13**, **18** einzeln zu erreichen.

[0029] Bei den Ausführungsformen der [Fig. 5](#) bis

[Fig. 9](#) sind die Achsmodulatoren **21** und **22** jeweils an oder nahe an der zugehörigen Achse **2** bzw. **3** angeordnet. Die Achsmodulatoren **21**, **22** sind bei diesen Varianten somit bezüglich der Steuereinrichtungen **13**, **18** dezentral angeordnet. Auf diese Weise kann ein vollständiges mechatronisches Achsmodul realisiert werden, das beispielsweise eine lokale ABS-Regelung der jeweiligen Achse **2**, **3** ermöglicht.

[0030] Bei den Ausführungsformen der [Fig. 5](#) bis [Fig. 7](#) sind die Radmodulatoren **23** bis **26**, die den Rädern **4** bis **7** derselben Achse **2** bzw. **3** zugeordnet sind, jeweils in den dieser Achse **2**, **3** zugeordneten Achsmodulator **21** bzw. **22** integriert. Auf diese Weise können beispielsweise gemeinsam nutzbare Komponenten, wie zum Beispiel Netzgeräte, für beide Radmodulatoren **23** bis **26** derselben Achse **2**, **3** verwendet werden. Demnach ermöglicht die Integration der Radmodulatoren **23** bis **26** in die Achsmodulatoren **21**, **22** eine Einsparung an Hardware-Komponenten.

[0031] Neben der Anordnung bzw. Integration der Radmodulatoren **23** bis **26** an bzw. in den Bremsaggregaten **9** bis **12** bzw. in den Achsmodulatoren **21**, **22**, ist es grundsätzlich auch möglich, die Radmodulatoren **23**, **26** in der jeweiligen zentralen Steuereinrichtung **13** bzw. **18** unterzubringen bzw. darin zu integrieren.

[0032] Bei den Ausführungsformen der [Fig. 5](#) bis [Fig. 9](#) sind beide vorderen Steuerleitungen **14**, **15** mit dem vorderen Achsmodulator **21** verbunden, welcher der Vorderachse **2** zugeordnet ist. In entsprechender Weise sind auch die beiden hinteren Steuerleitungen **16**, **17** mit dem hinteren Achsmodulator **22** verbunden, welcher der Hinterachse **3** zugeordnet ist. Dabei unterscheiden sich die Varianten der [Fig. 5](#) bis [Fig. 7](#) durch eine unterschiedliche Vernetzung der Achsmodulatoren **21**, **22** mit den beiden Steuereinrichtungen **13**, **18**.

[0033] Bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 5](#) ist die erste oder linke vordere Steuerleitung **14** mit der ersten Steuereinrichtung **13** verbunden, während die zweite oder rechte vordere Steuerleitung **15** mit der zweiten Steuereinrichtung **18** verbunden ist. In entsprechender Weise ist die erste bzw. rechte hintere Steuerleitung **17** mit der zweiten Steuereinrichtung **18** verbunden, während die zweite bzw. linke hintere Steuerleitung **16** mit der ersten Steuereinrichtung **13** verbunden ist. Mit anderen Worten, beide Steuereinrichtungen **13**, **18** steuern beide Achsmodulatoren **21**, **22** direkt an.

[0034] Bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 6](#) ist die erste, linke vordere Steuerleitung **14** wieder mit der ersten Steuereinrichtung **13** verbunden, während die erste, rechte hintere Steuerleitung **17** wieder mit der zweiten Steuereinrichtung **18** verbunden ist. Dagegen sind die zweiten Steuerleitungen, also die

rechte vordere Steuerleitung **15** und die linke hintere Steuerleitung **16** direkt miteinander verbunden. Die beiden Achsmodulatoren **21**, **22** sind dabei so ausgestaltet, dass sie die über die jeweils erste Steuerleitung **14**, **17** von der jeweiligen Steuereinrichtung **13**, **18** zugeführten Signale über die zweiten Steuerleitungen **15**, **16** an den jeweils anderen Achsmodulator **21**, **22** durchleiten. Hierdurch wird bei einem reduzierten Verkabelungsaufwand ebenfalls eine Vernetzung geschaffen, die bei Ausfall einer der beiden Steuereinrichtungen **13**, **18** die Ansteuerung aller Radmodulatoren **23** bis **26** bzw. aller Bremsaggregate **9** bis **12** ermöglicht.

[0035] [Fig. 7](#) zeigt eine weitere alternative Ausgestaltungsform für die Vernetzung der Achsmodulatoren **21**, **22** mit den Steuereinrichtungen **13**, **18**. Bei dieser Ausführungsform ist wieder die erste bzw. linke vordere Steuerleitung **14** mit der ersten Steuereinrichtung **13** verbunden, während die erste bzw. rechte hintere Steuerleitung **17** mit der zweiten Steuereinrichtung verbunden ist. Darüber hinaus ist die erste vordere Steuerleitung **14** außerdem mit der zweiten, linken hinteren Steuerleitung **16** verbunden. In entsprechender Weise ist die erste hintere Steuerleitung **17** mit der zweiten, rechten vorderen Steuerleitung **15** verbunden. Auch hierdurch wird eine Vernetzung geschaffen, die es bei Ausfall einer der Steuereinrichtungen **13**, **18** ermöglicht, mit der verbleibenden Steuereinrichtung **13**, **18** sämtliche Bremsaggregate **9** bis **12** anzusteuern.

[0036] Die [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) zeigen nun Beispiele für eine zusätzliche Vernetzung im Bereich der jeweiligen Achsen **2**, **3** für den Fall, dass die einzelnen Radmodulatoren **23** bis **26** nicht in die Achsmodulatoren **21**, **22** integriert sind, sondern an bzw. in den Bremsaggregaten **9** bis **12** angeordnet sind. Bei diesen Ausführungsformen sind die Achsmodulatoren **21**, **22** jeweils über zwei Achssteuerleitungen **37** bis **40** mit den beiden Radmodulatoren **23** bis **26** der zugehörigen Achse **2**, **3** verbunden. Um nun im Bereich der jeweiligen Achse **2**, **3** eine zusätzliche Vernetzung der Radmodulatoren **23** bis **26** zu schaffen, sind bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 8](#) beide Achssteuerleitungen **37**, **38** bzw. **39**, **40** jeweils mit beiden Radmodulatoren **23**, **24** bzw. **25**, **26** der zugehörigen Achse **2**, **3** verbunden, was über entsprechende Hilfs- oder Abzweigungsleitungen **37'** bis **40'** realisiert wird.

[0037] Alternativ kann die Vernetzung der Radmodulatoren **23** bis **26** entsprechend der in [Fig. 9](#) gezeigten Ausführungsform auch dadurch realisiert werden, dass einerseits die Achssteuerleitungen **37** bis **40** der Achsmodulatoren **21**, **22** jeweils nur mit einem der Radmodulatoren **23** bis **26** verbunden sind. Zusätzlich sind andererseits die beiden Radmodulatoren **23**, **24** bzw. **25**, **26** der jeweiligen Achse **2**, **3** über eine Kopplungsleitung **41** bzw. **42** miteinander

verbunden. Die einzelnen Radmodulatoren **23** bis **26** sind dann so ausgestaltet, dass sie Signale, die ihnen über die zugehörige Ansteuerleitung **37** bis **40** zugeführt werden, über die jeweilige Kopplungsleitung **41**, **42** dem jeweiligen anderen Radmodulator **23** bis **26** derselben Achse **2**, **3** durchleiten.

[0038] Bei den Ausführungsformen der [Fig. 5](#) bis [Fig. 9](#) sind die Achsmodulatoren **21**, **22** jeweils in einem Achssteuergerät **43** bzw. **44** untergebracht, das jeweils an oder nahe an der jeweiligen Achse **2** bzw. **3** angeordnet ist. Bei den Ausführungsformen der [Fig. 5](#) bis [Fig. 7](#) sind die Radmodulatoren **23** bis **26** in das der zugehörigen Achse **2**, **3** zugeordnete Achssteuergerät **43** bzw. **44** integriert.

[0039] Um die hier dargestellten Vernetzungen ausbilden zu können, sind die einzelnen Steuerleitungen **14** bis **17** bzw. die einzelnen Achssteuerleitungen **37** bis **40** bzw. die einzelnen Kopplungsleitungen **35**, **36** bzw. **41**, **42** vorzugsweise jeweils als Bus ausgestaltet, so dass die einzelnen Steuerbefehle in dem so geschaffenen Netz als codierte Signale verschickt werden können.

[0040] Die in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 9](#) gezeigten Varianten zur Vernetzung der Bremsaggregate **9** bis **12** mit den Steuereinrichtungen **13**, **18** sind – soweit sinnvoll – beliebig kombinierbar, insbesondere sind die Vernetzungen in der Ebene der Achsen **2**, **3** gemäß den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) auch mit der Vernetzung in der Ebene der Steuereinrichtungen **13**, **18** gemäß den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) bzw. [Fig. 3](#) bis [Fig. 7](#) kombinierbar.

[0041] Die erste Steuereinrichtung **13** und soweit vorhanden auch die zweite Steuereinrichtung **18** umfasst vorzugsweise radspezifische Komponenten eines Steer-by-Wire-Systems und kann außerdem so ausgestaltet sein, dass sie bei einem Bremsvorgang die einzelnen Bremsaggregate **9** bis **12** in Abhängigkeit eines Bremsalgorithmus betätigt, der so ausgestaltet ist, dass er bei Vorliegen vorbestimmter Randbedingungen einen Eingriff in die Lenkung des Fahrzeugs ermöglicht. Ein derartiger Lenkeingriff ist beispielsweise bei einem dynamischen Fahrzeugstabilisierungssystem beabsichtigt, das in Fachkreisen mit ESP III bezeichnet wird. Bei dieser Ausgestaltung werden somit Teile eines derartigen Stabilisierungssystems bereits innerhalb der Steuereinrichtung **13**, **18** mit geeigneten Komponenten des Steer-by-Wire-Systems verknüpft, was die Leistungsfähigkeit des Stabilisierungssystems erhöht und dessen Systempreis reduziert.

[0042] Besonders vorteilhaft ist auch eine Ausgestaltung, bei welcher die erste Steuereinrichtung **13** und insbesondere auch die zweite Steuereinrichtung **18** bei einem Bremsvorgang einen Koordinationsalgorithmus abarbeitet, um eine zum Abbremsen des Fahrzeugs erforderliche Bremskraft in Abhängigkeit

dieses Koordinationsalgorithmus auf die Betriebsbremse **8** und soweit vorhanden auf eine Motorbremse des Fahrzeugs **1** und soweit vorhanden auf einen Retarder des Fahrzeugs **1** zu verteilen. Zusätzlich kann auch vorgesehen sein, zur Verstärkung der Motorbremse ein ansteuerbares Getriebe zum Zurückschalten anzusteuern. Eine optimale Verteilung der Bremskraft auf die unterschiedlichen Bremssysteme des Fahrzeugs **1** reduziert den Verschleiß und den Energieverbrauch des Fahrzeugs **1**. Beispielsweise können kleinere Bremsvorgänge ausschließlich mit dem Retarder oder ausschließlich mit der Motorbremse durchgeführt werden, die beide im Vergleich zur Betriebsbremse **8** verschleißfrei arbeiten.

[0043] Die erste Steuereinrichtung **13** und vorzugsweise auch die zweite Steuereinrichtung **18** arbeitet im Normalbetrieb mit einem Hauptbremsalgorithmus, der bei einem Bremsvorgang dafür sorgt, dass die über die Betriebsbremse **8** zu erzielende Bremskraft in Abhängigkeit dieses Hauptbremsalgorithmus auf die einzelnen Bremsaggregate **9** bis **12** verteilt wird. Neben dem Hauptbremsalgorithmus kann die erste Steuereinrichtung **13** und insbesondere auch die zweite Steuereinrichtung **18** mit wenigstens einem Notbremsalgorithmus ausgestattet sein, der in einem Notbetrieb an die Stelle des Hauptbremsalgorithmus tritt. Dabei können für verschiedene Notbetriebsfälle verschiedene Notbremsalgorithmen vorgesehen sein. Ein derartiger Notbetrieb charakterisiert sich dabei durch den Ausfall wenigstens eines Bremsaggregats **9** bis **12**. Für den jeweiligen Notbetriebsfall kann nun ein geeigneter Notbremsalgorithmus ermittelt oder ausgewählt werden, der dann zum Abbremsen des Fahrzeugs **1** die übrigen funktionsfähigen Bremsaggregate **9** bis **12** in Abhängigkeit des jeweiligen Notbremsalgorithmus ansteuert, wobei dieser Notbremsalgorithmus das jeweils ausgefallene Bremsaggregat **9** bis **12** bei der Verteilung der Bremskraft auf die übrigen funktionsfähigen Bremsaggregate **9** bis **12** berücksichtigt. Auf diese Weise kann in gewissen Grenzen auch bei Ausfall eines oder mehrerer Bremsaggregate **9** bis **12** ein vergleichsweise sicheres Abbremsen des Fahrzeugs **1** erreicht werden. Wesentlich für die Realisierung eines derartigen Sicherheitskonzepts ist bei vier Bremsaggregaten **9** bis **12** die Bereitstellung eines Vier-Kreis-Systems, was bei der Erfindung durch die separate Ansteuerbarkeit der einzelnen Bremsaggregate **9** bis **12** realisiert wird.

Patentansprüche

1. Bremssteuerungssystem für ein Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug,
 – wobei das Fahrzeug (**1**) wenigstens eine Vorderachse (**2**) mit zumindest einem linken Vorderrad (**4**) und zumindest einem rechten Vorderrad (**5**) aufweist,
 – wobei das Fahrzeug (**1**) wenigstens eine Hinterachse (**3**) mit zumindest einem linken Hinterrad (**6**) und

zumindest einem rechten Hinterrad (**7**) aufweist,
 – wobei eine Betriebsbremse (**8**) zum Abbremsen der Räder (**4** bis **7**) des Fahrzeugs (**1**) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Betriebsbremse (**8**) ausgestattet ist
 – mit wenigstens einem elektronisch ansteuerbaren vorderen linken Bremsaggregat (**9**) zur Bremsbetätigung des wenigstens einen linken Vorderrads (**4**),
 – mit wenigstens einem elektronisch ansteuerbaren vorderen rechten Bremsaggregat (**10**) zur Bremsbetätigung des wenigstens einen rechten Vorderrads (**5**),
 – mit wenigstens einem elektronisch ansteuerbaren hinteren linken Bremsaggregat (**11**) zur Bremsbetätigung des wenigstens einen linken Hinterrads (**6**),
 – mit wenigstens einem elektronisch ansteuerbaren hinteren rechten Bremsaggregat (**12**) zur Bremsbetätigung des wenigstens einen rechten Hinterrads (**7**),
 wobei eine erste zentrale Steuereinrichtung (**13**) vorgesehen ist, die über wenigstens eine Steuerleitung (**14** bis **17**) mit den Bremsaggregaten (**9** bis **12**) so verbunden ist, dass sie die Bremsaggregate (**9** bis **12**) unabhängig voneinander ansteuern kann.

2. Bremssteuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
 – dass ein Bremsmodulator (**20**) vorgesehen ist, der aus fahrdynamischen Vorgabewerten für jede Achse (**2**, **3**) einen Achsbremsbefehl ermittelt,
 – dass für jede Achse (**2**, **3**) ein Achsmodulator (**21**, **22**) vorgesehen ist, der aus dem zugehörigen Achsbremsbefehl für jedes Rad (**4** bis **7**) einen Radbremsbefehl ermittelt,
 – dass für jedes Rad (**4** bis **7**) ein Radmodulator (**23** bis **26**) vorgesehen ist, der aus dem zugehörigen Radbremsbefehl für einen Bremsaktuator (**27** bis **30**) des zugeordneten Bremsaggregats (**9** bis **12**) ein Betätigungssignal ermittelt.

3. Bremssteuerungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein dynamisches System zur Fahrzeugstabilisierung vorgesehen ist, dessen radspezifische Komponenten in den Achsmodulatoren (**21**, **22**) angeordnet sind und dessen achsspezifische und/oder fahrzeugspezifische Komponenten im Bremsmodulator (**20**) angeordnet sind.

4. Bremssteuerungssystem nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
 – dass die Radmodulatoren (**23** bis **26**) in das zugehörige Bremsaggregat (**9** bis **12**) integriert sind, oder
 – dass die den Rädern (**4** bis **7**) derselben Achse (**2**, **3**) zugeordneten Radmodulatoren (**23** bis **26**) jeweils in den dieser Achse (**2**, **3**) zugeordneten Achsmodulator (**21**, **22**) integriert sind, oder
 – dass die Radmodulatoren (**23** bis **26**) in den Bremsmodulator (**20**) integriert sind.

5. Bremssteuerungssystem nach einem der An-

sprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
 – dass der Bremsmodulator (**20**) in die erste zentrale Steuereinrichtung (**13**) integriert ist, und/oder
 – dass die Achsmodulatoren (**21**, **22**) jeweils an oder nahe an der zugehörigen Achse (**2**, **3**) angeordnet sind.

6. Bremssteuerungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite zentrale Steuereinrichtung (**18**) vorgesehen ist, die mit der ersten Steuereinrichtung (**13**) und/oder mit der wenigstens einen Steuerleitung (**14** bis **17**) verbunden und redundant zur ersten Steuereinrichtung (**13**) geschaltet ist.

7. Bremssteuerungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Steuereinrichtung (**13**) und die zweite Steuereinrichtung (**18**) identisch aufgebaut sind.

8. Bremssteuerungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste zentrale Steuereinrichtung (**13**) mit den Bremsaggregaten (**9** bis **12**) jeweils über eine separate Steuerleitung (**14** bis **17**) verbunden ist.

9. Bremssteuerungssystem zumindest nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Achsen (**2**, **3**) ein Achssteuengerät (**43**, **44**) zugeordnet ist, das an oder nahe an der jeweiligen Achse (**2**, **3**) angeordnet ist und den zugehörigen Achsmodulator (**21**, **22**) enthält.

10. Bremssteuerungssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Radmodulatoren (**23**, **26**) dieser Achse (**2**, **3**) in das jeweilige Achssteuengerät (**43**, **44**) und/oder in den zugehörigen Achsmodulator (**21**, **22**) integriert sind.

11. Bremssteuerungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass jede Steuerleitung (**14**, **17**) und/oder jede Achssteuerverleitung (**37** bis **40**) und/oder jede Kopplungsleitung (**35**, **36**, **41**, **42**) als Bus ausgestaltet ist.

12. Bremssteuerungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die erste Steuereinrichtung (**13**) radspezifische Komponenten eines Steer-by-Wire-Systems umfasst und die Bremsaggregate (**9** bis **12**) in Abhängigkeit eines Bremsalgorithmus betätigt, der bei Vorliegen vorbestimmter Randbedingungen einen Eingriff in die Lenkung des Fahrzeugs (**1**) ermöglicht.

13. Bremssteuerungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die erste Steuereinrichtung (**13**) bei einem Bremsvorgang die zum Abbremsen des Fahrzeugs (**1**) erforderliche Bremskraft in Abhängigkeit eines Koordinationsalgorithmus auf die Betriebsbremse (**8**)

und/oder eine Motorbremse und/oder einen Retarder des Fahrzeugs (**1**) verteilt.

14. Bremssteuerungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet,
 – dass zumindest die erste Steuereinrichtung (**13**) im Normalbetrieb die Bremsaggregate (**9** bis **12**) in Abhängigkeit eines Hauptbremsalgorithmus ansteuert,
 – dass zumindest die erste Steuereinrichtung (**13**) in einem Notbetrieb bei Ausfall wenigstens eines Bremsaggregats (**9** bis **12**) die übrigen Bremsaggregate (**9** bis **12**) in Abhängigkeit eines das jeweils ausgefallene Bremsaggregat (**9** bis **12**) berücksichtigenden Notbremsalgorithmus ansteuert.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

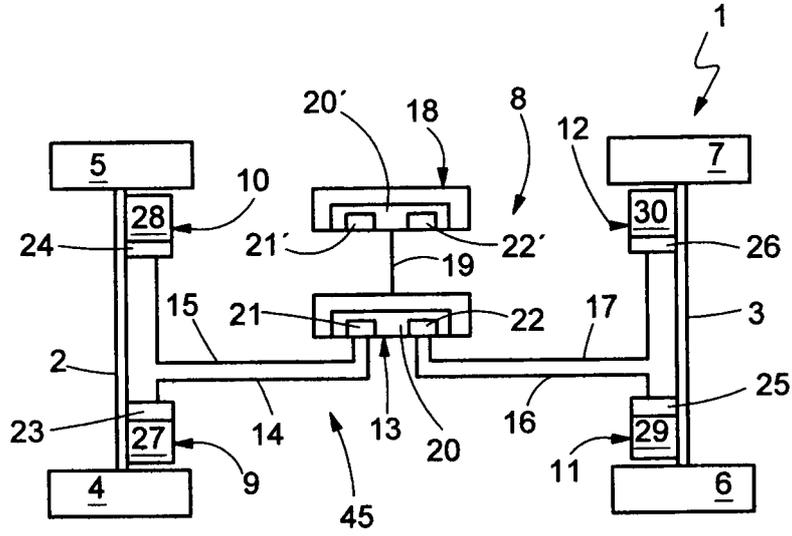


Fig.1

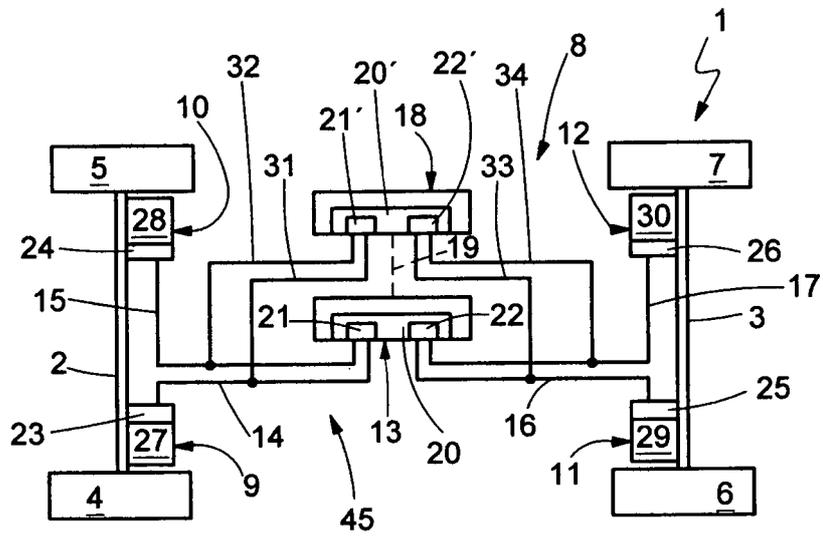


Fig.2

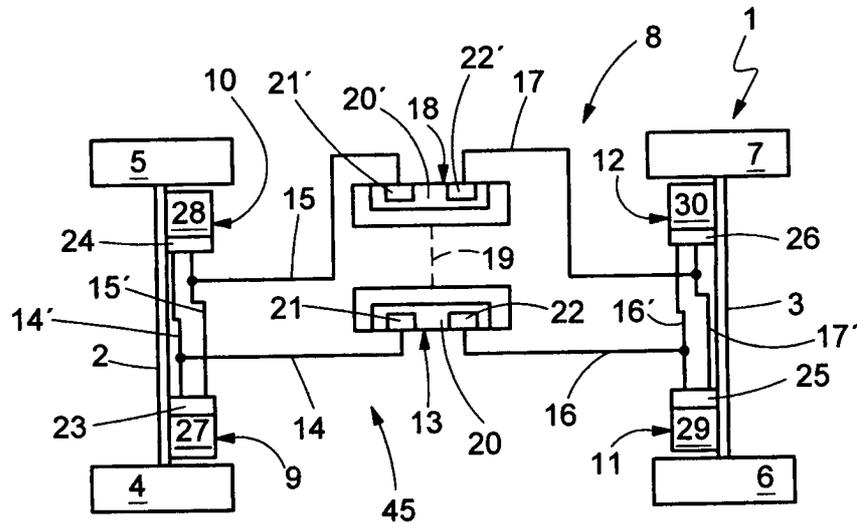


Fig.3

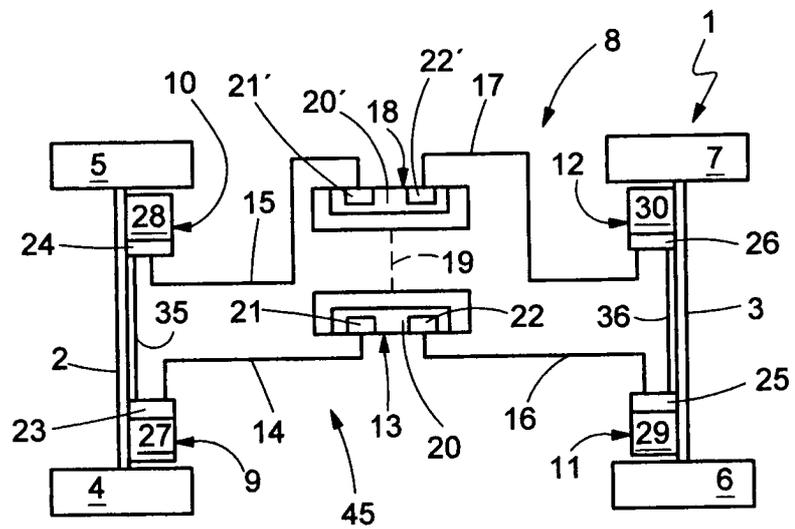


Fig.4

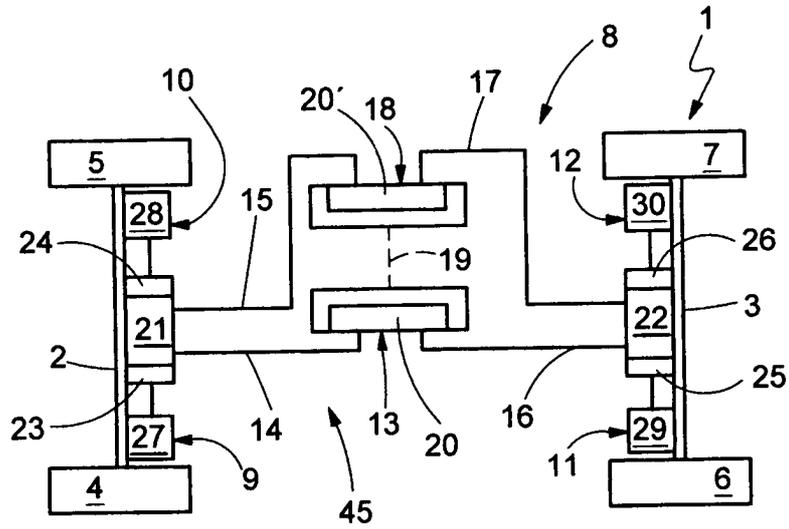


Fig.5

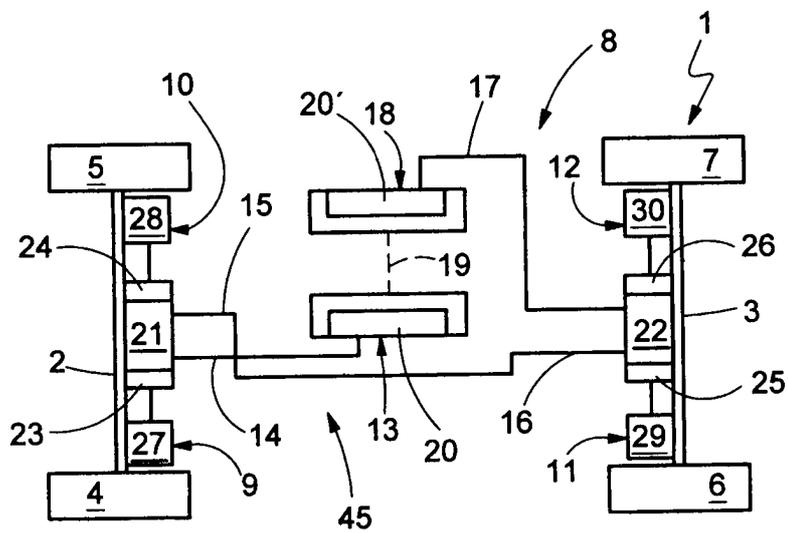


Fig.6

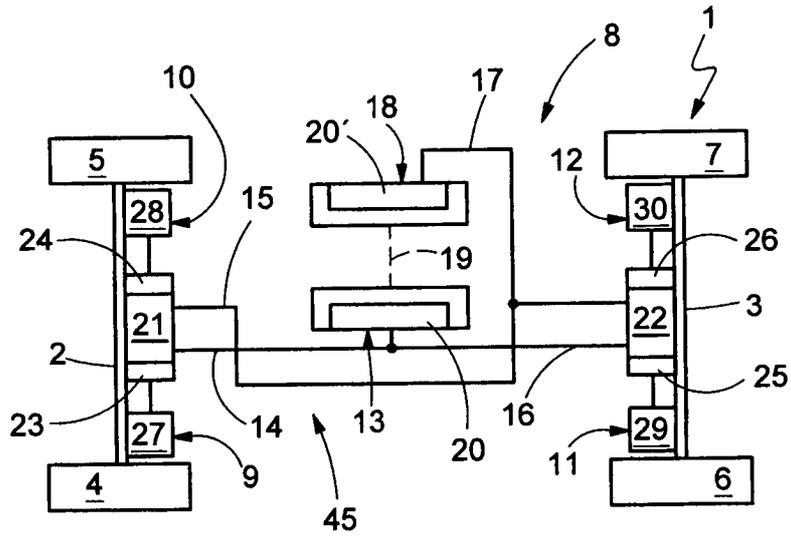


Fig.7

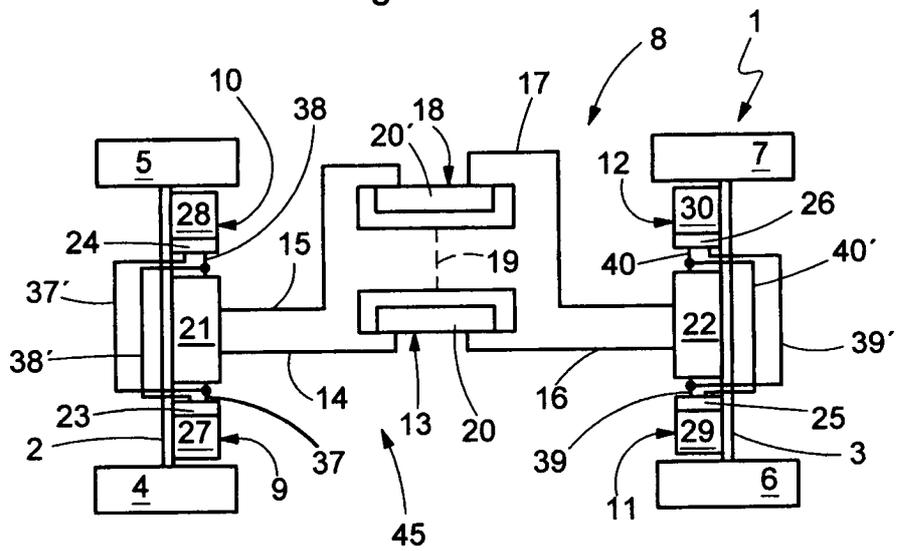


Fig.8

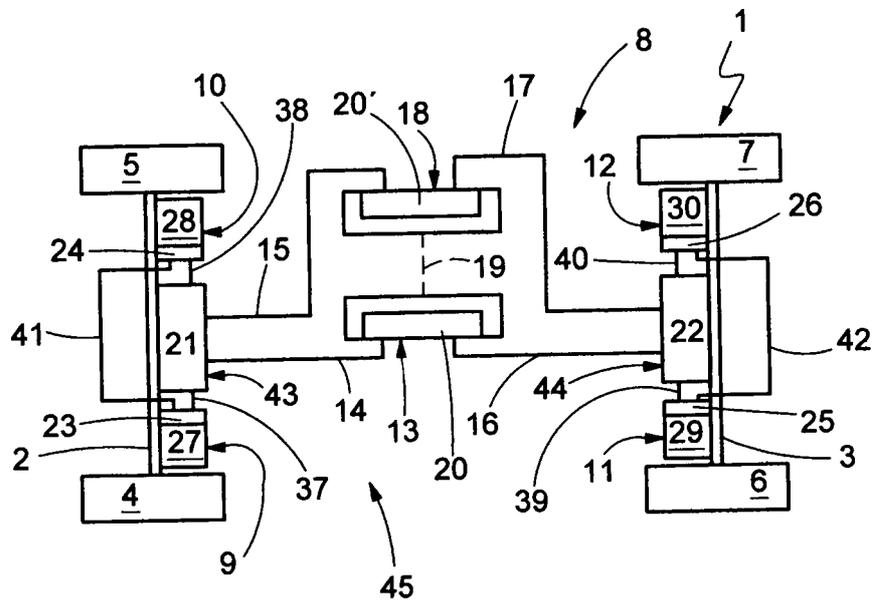


Fig.9