

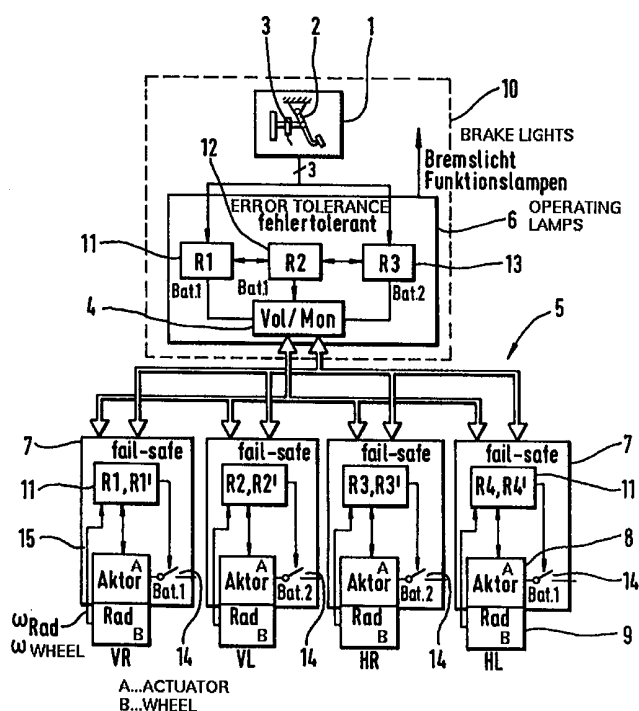
(51) Internationale Patentklassifikation⁶ : B60T 8/00, 7/04, 13/74, B60R 16/02, G05B 9/03, B60T 13/66	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/26821 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. Juni 1999 (03.06.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/07470 (22) Internationales Anmeldedatum: 20. November 1998 (20.11.98) (30) Prioritätsdaten: 197 51 902.4 22. November 1997 (22.11.97) DE 198 29 126.4 30. Juni 1998 (30.06.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG [DE/DE]; Guerickestrasse 7, D-60488 Frankfurt am Main (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BÖHM, Jürgen [DE/DE]; Kaltenbachstrasse 2, D-65558 Oberneisen (DE). STÖLZL, Stefan [DE/DE]; Schafackerweg 3, D-69469 Weinheim (DE). WILLIMOWSKI, Peter [DE/DE]; Eichenweg 41, D-63486 Bruchköbel (DE). NELL, Joachim [DE/DE]; Humboldtweg 1, D-63454 Hanau (DE). OEHLER, Rainer [DE/DE]; Jahnstrasse 25, D-64285 Darmstadt (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG; Guerickestrasse 7, D-60488 Frankfurt am Main (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> <i>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	

(54) Title: ELECTROMECHANICAL BRAKE SYSTEM**(54) Bezeichnung:** ELEKTROMECHANISCHES BREMSYSTEM**(57) Abstract**

The invention relates to an electromechanical brake system, especially for motor vehicles, comprising a pedal simulator (1) and brake modules (7). A central module (6) is also provided. The connection between the above-mentioned modules can be made through a redundant data bus (5). The central module (6) evaluates the desired braking signals from a sensor device (3) and detects errors. Furthermore, the central module (6) emits a corresponding set brake value on the basis of the desired braking operation and eventually higher functions such as ABS, ASR, etc. The set brake value is then transmitted to the brake modules (7). The brake modules (7) determine the corresponding control signals for the actuators (8) which interact with the wheels (9) in order to implement the desired braking operation.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein elektromechanisches Bremssystem, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einem Pedalsimulator (1) und Bremsmodulen (7). Weiterhin ist ein Zentralmodul (6) vorgesehen. Die Verbindung zwischen den vorgenannten Modulen kann durch einen redundanten Datenbus (5) erfolgen. Das Zentralmodul (6) wertet Bremswunschnsignale einer Sensorik (3) aus und überprüft, ob Fehler vorliegen. Weiterhin gibt das Zentralmodul (6) einen entsprechenden Bremssollwert aus, basierend auf dem Bremswunsch und eventuell höheren Funktionen wie ABS, ASR, usw. Der Bremssollwert wird dann an die Bremsmodule (7) weitergeleitet. Die Bremsmodule (7) ermitteln daraufhin entsprechende Ansteuersignale für die Aktoren (8), die in eine Wirkverbindung mit den Rädern (9) treten, um den Bremswunsch des Fahrers umzusetzen.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Elektromechanisches Bremssystem

Die Erfindung betrifft ein elektromechanisches Bremssystem und ein Verfahren zur Steuerung eines elektromechanischen Bremssystems, die durch den Einsatz eines redundanten Bussystems und durch redundante bzw. fehlererkennende Module die Systemsicherheit bei einer gleichzeitigen kostengünstigen Realisierung erhöhen.

In der derzeitigen Bremsentechnik gehen neuere Entwicklungen dahin, daß elektrische Bremssysteme untersucht werden. Die Hydraulikzylinder, die heute die Bremsbeläge gegen die Bremsscheibe pressen, werden an jeder Scheibe durch einen leistungsfähigen Elektromotor ersetzt. Die elektrische Bremse benötigt keine mechanischen oder hydraulischen Teile, wie Vakuumbremskraftverstärker oder Tandemhauptzylinder. Weiterhin kann die elektrische Bremse heutige und auch zukünftige Funktionen einer Bremse übernehmen, wie die Funktionen eines Antiblockiersystems (ABS), einer Traktionshilfe oder einer Antriebsschlupfregelung (ASR), ein Electronic Stability Program (ESP) sowie einen automatischen Bremseneingriff, wie er beispielsweise bei Abstandsregelsystemen vorgesehen sein kann.

Ein Beispiel für ein solches System ist in der WO 95/13946 gezeigt. Dieses sog. elektronische Bremssystem weist ein

- 2 -

Zentralmodul und den Bremskreisen oder Radbaugruppen zugeordnete Bremsmodule auf. Das Zentralmodul kann hierbei ABS-/ ASR-Berechnungen durchführen, kann die Bremskraftverteilung einstellen und radspezifische Bremsdruck-Sollwerte ermitteln.

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, ein elektromechanisches Bremssystem und ein Verfahren zum Steuern eines elektromechanischen Bremssystems, insbesondere für Kraftfahrzeuge, zu realisieren, die sicher und dabei kostengünstig aufgebaut sind sowie einen geringen Installationsaufwand benötigen.

Die Aufgabe wird gemäß den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Die abhängigen Patentansprüche zeigen vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterentwicklungen der Erfindung auf.

Erfindungsgemäß kann ein elektromechanisches Bremssystem, insbesondere für Kraftfahrzeuge, einen Pedalsimulator zum redundanten Erfassen einer Fahrerbetätigung eines Bremspedals mittels einer geeigneten Sensorik enthalten. Weiterhin kann ein Zentralmodul vorgesehen sein, das einen Bremssollwert basierend auf den Ausgangssignalen der Sensorik ermittelt. Darüber hinaus kann zumindest ein Bremsmodul zum Ansteuern von zumindest einer Radbremse vorgesehen sein, wobei die Ansteuerung basierend auf dem Bremssollwert erfolgen kann. Weiterhin kann eine Datenübertragungseinheit vorgesehen sein, die zumindest teilweise redundant ausgeführt sein kann und eine Datenverbindung zwischen dem Zentralmodul und dem Bremsmodul herstellt, wobei das Zentralmodul eine Fehlererkennungsschaltung aufweisen kann, die einen Fehler

- 3 -

bei der Ermittlung des Bremssollwerts erkennen kann.

Das Zentralmodul kann zur Ermittlung des Bremssollwerts höhere Funktionen des Bremssystems berücksichtigen und kann weiterhin zumindest drei redundante Rechner aufweisen, die den Bremssollwert basierend auf den Ausgangssignalen der Sensorik ermitteln. Weiterhin können auf zumindest zwei dieser redundanten Rechner des Zentralmoduls höhere Funktionen (ABS, ASR, ESP...) des Bremssystems implementiert sein.

Gemäß der Erfindung lassen sich sowohl die Radbremsmodule bzw. die Radbremsen als Einzelsysteme mit einer hochwertigen Fail-safe-Schnittstelle, als auch ein kostengünstiges Gesamtsystem anbieten. Das gilt insbesondere, wenn das Zentralmodul im Pedalsimulator integriert ist. Weiterhin kann mit der erfindungsgemäßen Systemarchitektur ohne weitere Nachteile, wie einem erhöhten Verkabelungsaufwand oder einer mangelnden Störsicherheit eine Diagonal- oder eine TT-Kreisaufteilung realisiert werden. Der Installationsaufwand für den Kfz-Hersteller ist minimal und der Verkabelungsaufwand nur sehr gering. Weiterhin sind klare und einfache Schnittstellen beim Zentralmodul und bei den Radmodulen vorgesehen, so daß eine einfache Testbarkeit des Gesamtsystems ermöglicht wird und der Kommunikationsaufwand zwischen den einzelnen Modulen reduziert werden kann. Durch kurze Analogleitungen und einem Leistungsverstärker, der nahe dem Aktor vorgesehen ist, ergibt sich eine hohe aktive und passive Störsicherheit. Weiterhin kann erfindungsgemäß eine sehr geringe Degradation (Funktionsverlust) im Fehlerfall erzielt werden. Zudem ist ein sicherheitskritisches Zuspinnen einer Bremse - mit und ohne Vorliegen eines

- 4 -

Bremswunsches - infolge eines Fehlers in einem Rechner, der Leistungselektronik oder des Aktors mit Sensoren nicht möglich.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beiliegenden schematischen Zeichnung näher erläutert.

Die Figur zeigt ein schematisches Blockschaltbild gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Die Figur zeigt einen Pedalsimulator 1 mit einem schematisch angedeuteten Bremspedal 2. Das Bremspedal 2 bzw. die Bewegung des Bremspedals 2 kann beispielsweise über eine Sensorik 3, die mindestens drei Sensoren aufweist, erfaßt werden. Es können z. B. zwei Wegsensoren und ein Kraftsensor verwendet werden. Die Ausgangssignale dieser Sensorik 3 können analoge Ausgangssignale sein. Es ist jedoch auch denkbar, daß die Sensorik insgesamt oder teilweise Digitalausgaben oder andere Ausgaben oder andere Meßgrößen erzeugt.

Diese Ausgangssignale werden pro Signal zweifach (z. B. über getrennte Leitungen) zu einem Zentralmodul 6 geführt und dort in zwei getrennten Meßkanälen erfaßt. Diese Meßkanäle können nicht dargestellte Analog-/Digital-Wandler aufweisen, die Analogsignale in Digitalsignale umwandeln können.

- 5 -

Es ist jedoch auch denkbar, daß die redundanten Signale des Pedalsimulators 1 lediglich einfach zum Zentralmodul 6 übertragen werden und dort jeweils auf zumindest zwei Meßkanäle aufgeteilt werden. Wenn beispielsweise drei Pedalsensoren verwendet werden, ist es günstig, die Signale auf drei getrennte Meßkanäle bzw. drei getrennte Analog-/Digital-Wandler zu führen (sofern die Pedalsensoren Analogsignale ausgeben), wobei mindestens zwei Rechner 11, 13 des Zentralmoduls 6 die gewandelten Daten erhalten. Dadurch erhalten die Rechner 11, 13 des Zentralmoduls 6 identische Eingangsdaten.

An dieser Stelle soll angemerkt werden, daß die vom Pedalsimulator 1 übertragenen Daten fehlerhaft sein können. Die Datenkonsolidierung, d.h. die Erkennung defekter Sensoren oder Hardware (z.B. des Verstärkers oder der A/D-Wandler) und die Ermittlung des Bremssollwerts erfolgt im Zentralmodul 6.

Weiterhin ist ein Datenbus 5 vorgesehen, welcher das Zentralmodul 6 mit Bremsmodulen 7 verbindet, wobei die Bremsmodule 7 jeweils ein Aktor/Rad-Paar 8, 9 enthalten. Jedes Aktor/Rad-Paar 8, 9 ist hierbei einem Fahrzeuggrad zugeordnet (VR-vorne rechts, VL-vorne links, HR-hinten rechts und HL-hinten links).

Im folgenden soll nun beispielhaft eine Funktionsbeschreibung der Systemarchitektur gemäß der Figur gegeben werden.

- 6 -

Zusammenfassend betrifft die Erfindung Architektur-Redundanz- und Sicherheitskonzepte für elektromechanische Bremssysteme (brake by wire). Das Bremssystem enthält den Pedalsimulator 1 mit redundanter Sensorik 3, ein dreifach-redundantes Zentralmodul 6 und vier Radbremsmodule 7. Die Radbremsmodule 7 bestehen aus redundanten Rechnern (R1, R1', R2, R2', R3, R3', R4, R4') 11 einer Leistungselektronik, einem Aktor 8, aktorspezifischen Sensoren und einem zugeordneten Rad 9. Das Zentralmodul 6 und die Radmodule 7 sind mit einem doppelten Datenbus 5 verbunden. Weiterhin ist das Zentralmodul 6 in einem Gehäuse 10 des Pedalsimulators 1 integriert.

Der Fahrerbremswunsch wird im Pedalsimulator 1 mit den beispielsweise oben angeführten Sensoren ermittelt, wobei die Sensoren bevorzugt redundant und dissimilar aufgebaut sind (z.B. Pedalweg und Fußkraft). Wie ebenso oben schon angeführt ist, können nur diese Sensorsignale einfach oder doppelt zum Zentralmodul 6 übertragen werden. Die Signale werden hierbei auf mindestens zwei Meßkanäle aufgeteilt, so daß eine Redundanz auch hier erzielt werden kann.

Das Zentralmodul 6 kann zunächst derart ausgebildet sein, daß alle Funktionen (Grundbremsfunktionen, Überwachung des Pedalsimulators 1 und höhere Bremsfunktionen) auf allen Rechnern 11, 12, 13 des Zentralmoduls 6 gleich sind (diese Ausführungsform ist nicht dargestellt). Aus drei Rechenergebnissen wird über eine fehlertolerante Voter/Monitor-Struktur ein fehlerfreier Ausgangswert ermittelt. Damit ergibt sich eine fehlertolerante Struktur für diese Funktionen.

- 7 -

Wie in der Figur dargestellt ist, kann auch eine dissimilare Aufteilung im Zentralmodul 6 realisiert werden. Hierbei sind die höheren Funktionen (ABS, ASR, ESP usw.) nur auf zwei Rechnern 11, 13 implementiert. Die Ermittlung der Grundbremsfunktionen und die Überwachung des Pedalsimulators 1 kann auf allen drei Rechnern 11, 12, 13 implementiert sein. Alle drei Rechner 11, 12, 13 haben Zugriff auf zumindest zwei getrennte Meßkanäle (nicht dargestellt).

Die höheren Funktionen werden durch einen nicht dargestellten Vergleicher überwacht und im Fehlerfall werden diese Funktionen in den Rechnern 11, 13 abgeschaltet, wodurch eine Fail-Silent-Funktion realisiert wird. Insbesondere sei angemerkt, daß bei einem Fehlerfall bei der Ermittlung der höheren Funktionen natürlich nicht notwendigerweise der gesamte Rechner 11, 13 abgeschaltet werden muß, sondern daß es genügen kann, nur den entsprechenden Programmteil zu deaktivieren. Die Ergebnisse der Pedalfunktionen, d.h. die Ermittlung der Grundbremsfunktionen ohne Überlagerung mit den höheren Funktionen werden durch den Voter/Monitor 4 konsolidiert und überwacht. Bei Ausfall der höheren Funktionen wird der Bremssollwert ohne eine Überlagerung durch die höheren Funktionen direkt an die Bremsmodule 7 ausgegeben.

Wenn ein Fehler nur im Bereich der höheren Funktionen auftaucht, sind nach wie vor noch drei Rechner 11, 12, 13 für eine Grundbremsfunktion zur Verfügung, wobei nach wie vor ein fehlerhafter Rechner 11, 12, 13 über den Voter/Monitor 4 isoliert und abgeschaltet werden kann. Der Voter würde beispielsweise aus den drei Ausgängen der Rechner 11, 12, 13 einen Bremssollwert auswählen. Der

- 8 -

Monitor würde dann überprüfen, ob das ausgewählte Signals im Vergleich zu den anderen nicht ausgewählten Signalen abweicht (sich verschlechtert oder falsch ist) und würde ein anderes Signal als ausgewähltes Signal wählen, wenn eine Abweichung ermittelt wird.

Die Notwendigkeit, bei einem Fehler zwei Rechner 11, 12, 13 abzuschalten, besteht nicht, außer bei Ausfall einer Energieversorgung Bat1, Bat2. Die Zuverlässigkeit des Bremssystems ist damit gleich oder höher als mit der Rechnerstruktur mit gleicher Aufteilung, siehe oben. Dies gilt natürlich in Verbindung mit dem Vorsehen von zwei Energieversorgungen Bat1, Bat2. Würden drei Energieversorgungen verwendet werden, so könnte bei einer gleichen Aufteilung (siehe oben) eine nochmalige Erhöhung der Redundanz erzielt werden.

Die Radmodule 7 können somit auch bei einem Fehler im Zentralmodul 6 aus dem empfangenen Bremssollwert eine Zuspannkraft, ein Bremsmoment oder eine äquivalente Größe ermitteln.

Die Bremsmodule 7 bestehen aus redundanten Bremsmodulrechnern 11 (R1, R1', R2, R2', R3, R3', R4, R4') der Leistungselektronik, dem Aktor 8 mit den aktorspezifischen Sensoren (z.B. zur Erfassung des Aktorstroms, der Aktorspannkraft und der Aktorposition) und einer redundant ausgeführten oder zyklisch testbaren Abschalteinheit 14 für die Spannungsversorgung des Aktors 8.

Die Abschalteinheit 14 ist völlig getrennt von der Leistungselektronik ausgebildet, d.h. ein Fehler in der Leistungselektronik beeinflusst die Funktion der Abschaltung

- 9 -

nicht. Durch die redundante Rechnerstruktur ist sichergestellt, daß ein Abschaltbefehl des Zentralmoduls 6, oder bei einem Fehler im Bremsmodul 7 der Abschaltbefehl lokal korrekt ausgeführt wird. Durch diese Struktur kann eine separate Abschaltleitung vom Zentralmodul 6 eingespart werden.

Die Redundanzschnittstelle des Bremsmoduls 7 ist fail-safe ausgebildet, d.h. das Bremsmodul 7 erfüllt seine spezifizierte Funktion oder schaltet sich im Fehlerfall selbst ab und meldet die Fehlfunktion oder verhält sich im Falle eines Rechnerfehlers still (fail-silent). Eine weitere Überwachungsebene ist nicht mehr erforderlich.

Im Unterschied zur hydraulischen Bremse könnte der Aktor 8 durch einen Fehler im Bremsmodulrechner 11, der Ansteuerung oder in der Sensorik auch ohne Vorliegen eines Bremswunsches zuspannen. Durch die Fail-Safe-Struktur ist sichergestellt, daß dieser Fehler erkannt wird und der betreffende Aktor abgeschaltet wird.

Für diese Fail-Safe-Struktur ist der redundante Bremsmodulrechner 11 erforderlich, der z.B. eine Fail-Silent-Eigenschaft hat. Weiterhin ist eine analytische (Software) Redundanz für die Leistungselektronik, den Aktor und die Sensoren für den Aktor 8 vorgesehen, d.h. eine Fehlererkennung auf der Basis der aktorspezifischen Sensoren, Strom, Position und evtl. Spannkraft und dem mathematischen Modell des Aktors ist möglich. Ist die evtl. aufbereitete Differenz zwischen dem Modellausgang und den gemessenen Signalen zu groß, so kann auf einen Fehler

- 10 -

geschlossen werden und der Aktor 8 wird abgeschaltet. Weiterhin ist die redundant ausgeführte oder zyklisch testbare Abschalteinheit 14 in das Bremsmodul 7 integriert.

An dieser Stelle sei weiterhin angemerkt, daß die Bremsmodule 7 auch jeweils für zwei Aktor/Rad-Paare 8, 9 verwendet werden können (hierbei würde es sich dann um ein Kreismodul handeln).

Der Datenbus 5 ist doppelt ausgeführt und mit jedem Modul 6, 7 verbunden. Werden die Raddrehzahlen in den Bremsmodulen 7 lokal erfaßt (Leitung 15) und über den Datenbus 5 übertragen, werden außer der Energieversorgung keine weiteren Leitungen benötigt. Aus Kostengründen kann auch ein reduzierter Doppelbus eingesetzt werden. Der zweite Bus zu den Bremsmodulen 7 an der Hinterachse (HR, HL) kann hierbei eingespart werden. Die Sicherheit bezüglich der Bremsfunktion im Fehlerfall bleibt jedoch erhalten, da die Verbindung zu den vorderen Bremsmodulen 7 (VR, VL) doppelt ist. Gegenüber der vollständigen Doppelbus-Struktur ist jedoch beim Einfachbus ein Funktionsverlust vorhanden, der jedoch aufgrund der vorgenannten Aufteilung tolerierbar ist.

Der Datenbus kann ein CAN-Bus mit ereignisorientierter Datenübertragung sein. Es ist auch möglich ein TTP (time triggered protocol) zu verwenden, so daß ein zeitsynchrones Rechnernetz möglich ist.

Eine zentrale, synchrone Erfassung der Raddrehzahlen ω_{Rad} kann wie bisher üblich im Zentralmodul 6 erfolgen. Bei einer lokalen Erfassung und Aufbereitung der Raddrehzahlen ω_{Rad} und der Busübertragung muß in allen Bremsmodulen 7 die

- 11 -

Erfassung zeitsynchron erfolgen. Dies ist beispielsweise bei Verwendung eines TTP-Buses gut zu realisieren.

Als Energieversorgung sind zumindest zwei unabhängige Energieversorgungsquellen Bat1, Bat2 notwendig. Bei den Bremsmodulen 7 kann die Aufteilung wie in der Figur dargestellt diagonal oder auch vorne/hinten erfolgen.

Zusammenfassend ist erfindungsgemäß ein Funktionsverlust je nach Fehler nicht vorhanden oder nur sehr gering. Nur bei einem Ausfall einer Energieversorgung Bat1, Bat2 fallen zwei Bremsen aus. Hierbei würde es sich um einen Kreisausfall handeln. Ansonsten ist immer nur eine Radbremse 7 betroffen oder bei einem Ausfall des Zentralmoduls 6 maximal die höheren Funktionen bei vollem Erhalten der Grundbremsfunktionen. Ist die Funktionsaufteilung für alle drei Rechner 11, 12, 13 des Zentralmoduls 6 gleich, so hat ein Rechnerfehler gar keinen Funktionsverlust zur Folge. Ein Ausfall eines Busses des redundant ausgebildeten Datenbusses 5 hat keine Degradation zur Folge. Bei einem reduzierten Doppelbus können bei einem Bus Fehler die hinteren Bremsen HR, HL des jeweiligen Aktor/Rad-Paars 8, 9 ausfallen. Die Systemarchitektur ist so konfigurierbar, daß bei einem Fehler nie die Hinterradbremse allein zur Verfügung stehen. Die Systemarchitektur gewährt hierbei eine hohe Bremsverzögerung in allen Fehlerfällen.

Weiterhin gewährleistet die erfindungsgemäße Systemarchitektur, daß keine Fehlerfortpflanzung auftritt. Ein Fehler kann erkannt werden, bevor er sich auf andere Funktionen oder Module auswirkt. Weiterhin liegt eine hohe EMV-Sicherheit vor, da die Störaustrahlung minimiert ist.

- 12 -

Die Leistungselektronik zum Ansteuern der Aktoren 8 ist im jeweiligen Radmodul 7 integriert und am oder nahe des jeweiligen Aktors 8 montiert. Weiterhin ist die Störfestigkeit hoch, besonders wenn das Zentralmodul 6 nahe am oder im Pedalsimulator 1 verbaut wird, so daß dann der analoge Signalübertragungsweg kurz ist.

Weiterhin sei angemerkt, daß die oben beschriebenen erfindungsgemäßen Funktionen und Systeme bzw. Module in jeder beliebigen Kombination alleine oder in ihrer Gesamtheit von der Erfindung umfaßt sind.

Patentansprüche

1. Elektromechanisches Bremssystem, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einem Pedalsimulator (1) zum redundanten Erfassen einer Fahrerbetätigung eines Bremspedals (2) mittels einer geeigneten Sensorik (3), einem Zentralmodul (6) zum Ermitteln eines Bremssollwerts basierend auf Ausgangssignalen der Sensorik (3), zumindest einem Bremsmodul (7) zum Ansteuern von zumindest einer Radbremse (8, 9) basierend auf dem Bremssollwert, und einer Datenübertragungseinheit, die redundant ausgeführt ist und eine Datenverbindung zwischen dem Zentralmodul (6) und dem Bremsmodul (7) herstellt, wobei das Zentralmodul (6) eine Fehlererkennungsschaltung aufweist, die einen Fehler bei der Ermittlung des Bremssollwerts erkennt.
2. Bremssystem nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Zentralmodul (6) zur Ermittlung des Bremssollwerts höhere Funktionen des Bremssystems wie beispielsweise ABS, ASR, Fahrdynamikregelungen, ICC, Bremsassistent oder Hillholder, berücksichtigt.
3. Bremssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Zentralmodul (6) in einem Gehäuse (10) des Pedalsimulators (1) integriert ist.

- 14 -

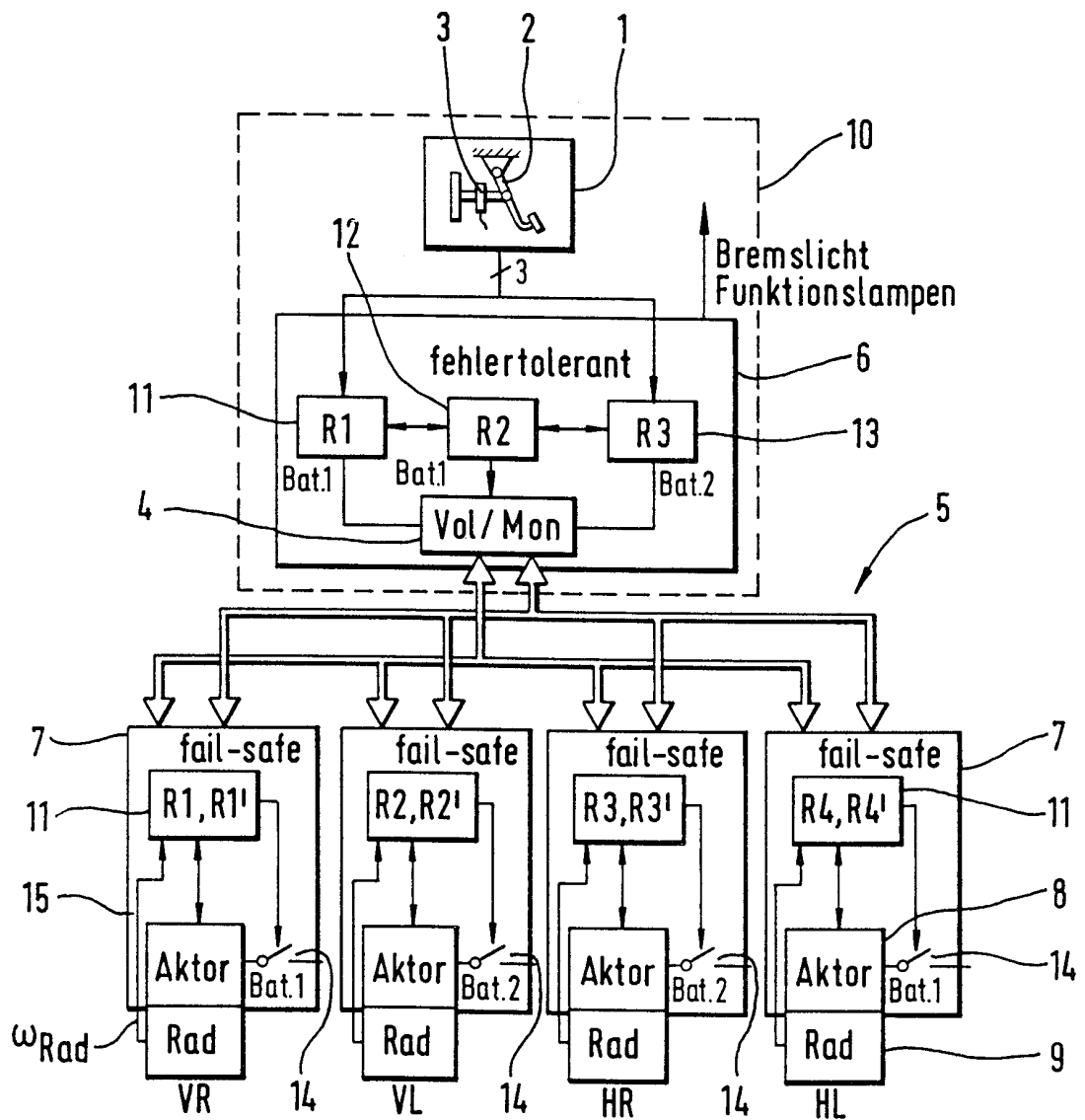
4. Bremssystem nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Zentralmodul (6) eine Datenkonsolidierung zur Erkennung von Störungen des Pedalmoduls (1) und/oder des Zentralmoduls (6) durchführt.
5. Bremssystem nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Zentralmodul (6) drei redundante Rechner (11, 12, 13) aufweist, die den Bremssollwert basierend auf Pedalfunktionen ermitteln und auf zumindest zwei dieser redundanten Rechner (11, 13) zusätzlich die höheren Funktionen des Bremssystems implementiert sind.
6. Bremssystem nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß zumindest zwei unabhängige Energieversorgungsquellen Bat1, Bat2 vorgesehen sind und die Energieversorgungsquelle Bat1 die Rechner (11, 12) und die andere Energieversorgungsquelle Bat2 den Rechner (13) versorgt.
7. Bremssystem nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Zentralmodul (6) zum Konsolidieren und Überwachen der Pedalfunktionen einen Voter/Monitor (4) aufweist und ein Vergleicher gebildet ist, der die Rechner (11, 13), welche die höheren Funktionen ausführen, überwacht, wobei im Fehlerfall diese Funktionen abgeschaltet werden, was einer Fail-Silent-Funktion entspricht.

- 15 -

8. Bremssystem nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Zentralmodul (6) die redundanten Ausgangssignale des Pedalsimulators (1) zumindest zwei getrennten Meßkanälen (A/D-Wandler) zuführt, wobei zumindest zwei Rechner (11, 13) die von den Meßkanälen (A/D-Wandler) gewandelten Daten erhalten.
9. Bremssystem nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 8, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Datenübertragungseinheit ein zumindest zwischen dem Zentralmodul (6) und den Radmodulen (7) der Vorderachse (VR, VL) doppelt ausgeführter Datenbus (5) ist.
10. Bremssystem nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Pedalsimulator (1) zwei Pedalwegsensoren und einen Pedalkraftsensor aufweist.
11. Bremssystem nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Bremsmodul (7) fail-safe ausgebildet ist.
12. Bremssystem nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Bremsmodul (7) eine Fehlererkennung basierend auf lokalen aktorspezifischen Signalen wie beispielsweise Aktorstrom, Aktorposition, Spannkraft durchführt und bei einer Fehlererkennung eine entsprechende Meldung an das Bremssystem ausgibt, sich abschaltet und/oder eine Bremssollwertanpassung durchführt.

- 16 -

13. Bremssystem nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 12, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Fehlererkennung modellgestützt ist.
14. Bremssystem nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 13, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Bremsmodul (7) eine von einer Leistungselektronik getrennte Abschalteinheit (14) aufweist.
15. Verfahren zur Steuerung eines elektromechanischen Bremssystems, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit den Schritten:
redundantes Erfassen einer Fahrerbetätigung eines Bremspedals (2) mittels einer geeigneten Sensorik (3) in einem Pedalsimulator (1),
Ermitteln eines Bremssollwerts basierend auf Ausgangssignalen der Sensorik (3) in einem Zentralmodul (6), Ansteuern von zumindest einer Radbremse (8, 9) basierend auf dem Bremssollwert in einem Bremsmodul (7), und Herstellen einer redundant ausgeführten Datenverbindung zwischen dem Zentralmodul (6) und dem Bremsmodul (7), wobei eine Fehlererkennungsschaltung einen Fehler bei der Ermittlung des Bremssollwerts erkennt.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 98/07470

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 B60T8/00 B60T7/04 B60T13/74 B60R16/02 G05B9/03
B60T13/66

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 B60T B60R G05B G05G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 35 04 096 A (WABCO WESTINGHOUSE FAHRZEUG) 7 August 1986 see page 5, line 13 - page 8, line 25; figures 1,2 ---	1,15
A	WO 95 13946 A (BOSCH GMBH ROBERT ;SCHLAGMUELLER WALTER (DE); SCHRAMM DIETER (DE);) 26 May 1995 cited in the application see page 2, paragraph 2 - page 7, line 15; figures 1-3 ---	1,15
A	EP 0 519 179 A (WABCO WESTINGHOUSE FAHRZEUG) 23 December 1992 see column 2, line 29 - line 35 --- -/--	1,15

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 March 1999

Date of mailing of the international search report

24/03/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Blurton, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 98/07470

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 35 02 100 A (WABCO WESTINGHOUSE FAHRZEUG) 31 July 1986 see page 10, line 2 - page 13, line 18; figures 1,2 ---	1,15
P,A	DE 197 32 229 A (BOSCH GMBH ROBERT) 26 March 1998 see column 5, line 22 - column 8, line 55; figure 1 -----	1,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/EP 98/07470

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3504096 A	07-08-1986	EP 0190411 A JP 61181761 A US 4784442 A	13-08-1986 14-08-1986 15-11-1988
WO 9513946 A	26-05-1995	DE 4339570 A EP 0728086 A JP 9505251 T US 5752748 A	24-05-1995 28-08-1996 27-05-1997 19-05-1998
EP 0519179 A	23-12-1992	DE 4120337 A AT 118740 T CZ 280045 B DE 59201444 D ES 2068630 T JP 5199673 A US 5416401 A	24-12-1992 15-03-1995 18-10-1995 30-03-1995 16-04-1995 06-08-1993 16-05-1995
DE 3502100 A	31-07-1986	NONE	
DE 19732229 A	26-03-1998	WO 9812090 A EP 0859714 A	26-03-1998 26-08-1998

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 B60T8/00 B60T7/04 B60T13/74 B60R16/02 G05B9/03
B60T13/66

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 B60T B60R G05B G05G

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 35 04 096 A (WABCO WESTINGHOUSE FAHRZEUG) 7. August 1986 siehe Seite 5, Zeile 13 - Seite 8, Zeile 25; Abbildungen 1,2 ---	1,15
A	WO 95 13946 A (BOSCH GMBH ROBERT ;SCHLAGMUELLER WALTER (DE); SCHRAMM DIETER (DE);) 26. Mai 1995 in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 2, Absatz 2 - Seite 7, Zeile 15; Abbildungen 1-3 ---	1,15
A	EP 0 519 179 A (WABCO WESTINGHOUSE FAHRZEUG) 23. Dezember 1992 siehe Spalte 2, Zeile 29 - Zeile 35 --- -/--	1,15

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

² Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. März 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/03/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Blurton, M

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 35 02 100 A (WABCO WESTINGHOUSE FAHRZEUG) 31. Juli 1986 siehe Seite 10, Zeile 2 - Seite 13, Zeile 18; Abbildungen 1,2 ---	1,15
P,A	DE 197 32 229 A (BOSCH GMBH ROBERT) 26. März 1998 siehe Spalte 5, Zeile 22 - Spalte 8, Zeile 55; Abbildung 1 -----	1,15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/07470

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 3504096	A	07-08-1986	EP	0190411 A	13-08-1986
			JP	61181761 A	14-08-1986
			US	4784442 A	15-11-1988

WO 9513946	A	26-05-1995	DE	4339570 A	24-05-1995
			EP	0728086 A	28-08-1996
			JP	9505251 T	27-05-1997
			US	5752748 A	19-05-1998

EP 0519179	A	23-12-1992	DE	4120337 A	24-12-1992
			AT	118740 T	15-03-1995
			CZ	280045 B	18-10-1995
			DE	59201444 D	30-03-1995
			ES	2068630 T	16-04-1995
			JP	5199673 A	06-08-1993
			US	5416401 A	16-05-1995

DE 3502100	A	31-07-1986	KEINE		

DE 19732229	A	26-03-1998	WO	9812090 A	26-03-1998
			EP	0859714 A	26-08-1998
