

■ **EBS -
Elektronisch geregeltes
Bremsssystem
im Stadtbus CITARO**

■ System- und Funktions-
beschreibung

■ Ausgabe 2000

■ © Copyright WABCO 2000

WABCO
Fahrzeugbremsen

Ein Unternehmensbereich
der WABCO Standard GmbH

Änderungen bleiben vorbehalten

Einleitung	3
Vorteile des EBS	3
Systemaufbau	4
Beschreibung der Komponenten	
Bremswertgeber	5
Zentralmodule	6
Proportional- Relaisventil	8
Redundanzventil	9
Achsmodulator	10
Beschreibung eines 4S/4M- und 6S/6M- Systems	
Funktion des elektropneumatischen Anlagenteils	11
Funktion der pneumatischen Redundanz	11
Additionsredundanz an der Vorderachse	11
Hinterachsredundanz	12
Regelfunktionen	13
Unterstützende Funktionen	13
Haltestellenbremse	13
Fehlererkennung	14
EBS „Notbetriebsarten“	15
Prüfarten der EBS	15

Einleitung

Die Anforderungen an eine Bremsanlage steigen stetig, so daß die Entwicklung und Einführung eines elektronischen Bremssystems EBS ein logischer Schritt ist.

EBS erhöht die Verkehrssicherheit durch Bremswegverkürzung und eine verbesserte Bremsstabilität. Die umfassenden Diagnose- und Überwachungsfunktionen sowie die Anzeige des Bremsbelagverschleißes bieten eine effektive Fuhrparklogistik.

Vorteile des EBS

EBS senkt wirksam die Servicekosten

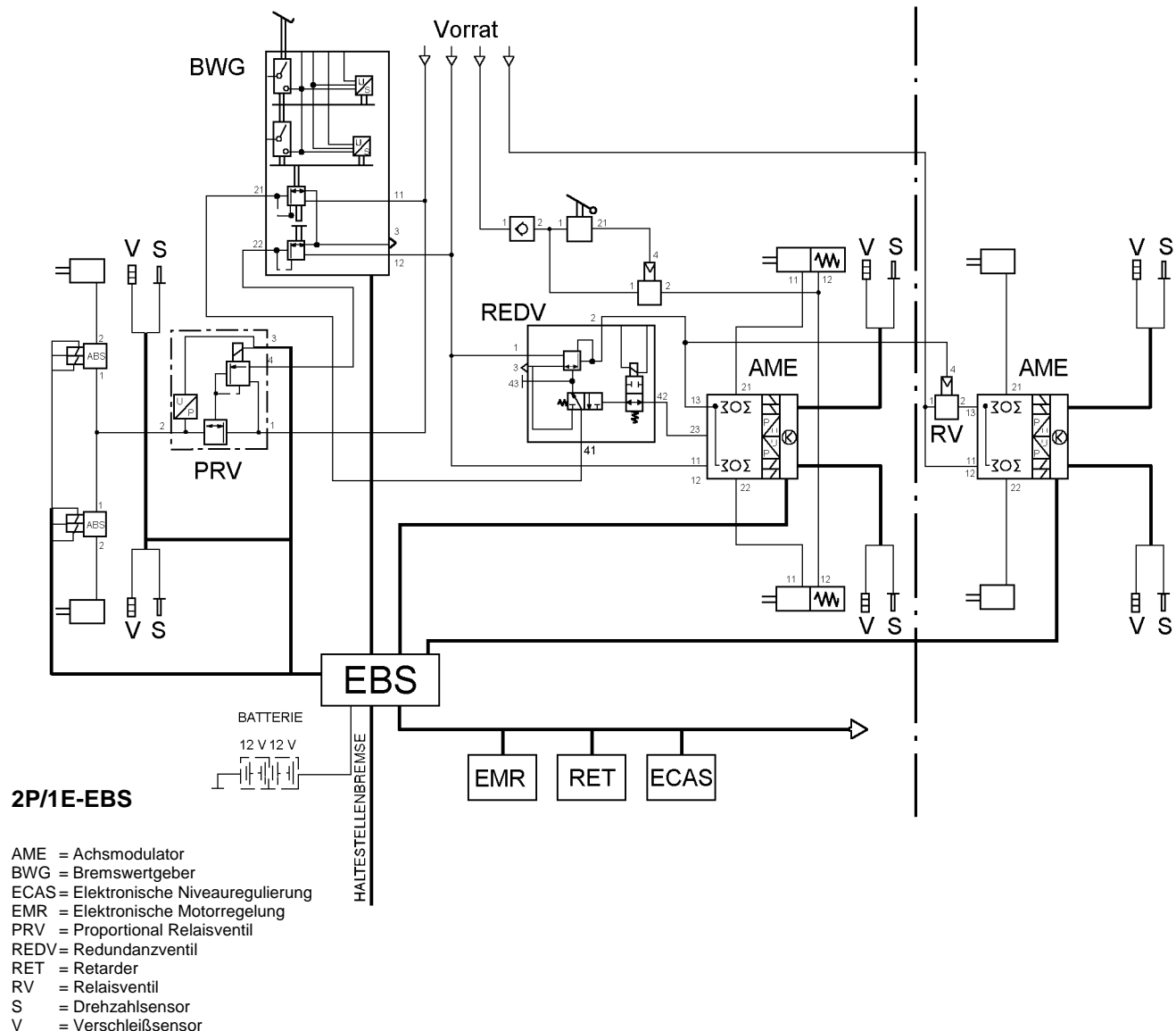
- Das elektronisch gesteuerte Bremssystem verbindet eine Vielzahl von Funktionen. Ziel ist es, bei maximaler Bremsensicherheit die Servicekosten zu senken, z. B. durch Optimierung des Belagverschleißes der Radbremsen.
- Die Druckregelung nach Verschleißkriterien an Vorder- und Hinterachse harmonisiert die Abnutzung der Beläge. Durch die gleichmäßige Belastung aller Radbremsen wird der Summenverschleiß minimiert. Zusätzlich ergeben sich gleiche Service- und Belagwechselzeitpunkte. Die Stillstandskosten werden dadurch gesenkt.
- In Abhängigkeit vom Nutzungsprofil des Fahrzeuges und weiterer Faktoren ergeben sich für den Fahrzeuganwender erhebliche Einsparungen. Ein Vergleich allein der Servicekosten "Radbremse" eines elektronisch gebremsten Busses mit einem konventionell gebremsten Fahrzeug heutiger Bauart zeigt größere Einsparungen beim Erstbesitzer.

WABCO EBS Baukasten

Aufbau und Struktur des WABCO-EBS ermöglichen eine hohe Flexibilität für den Fahrzeughersteller bei der Systemauslegung. Hinsichtlich Systemumfang

- Teil- oder Vollsystem
- Additions- und Abschaltbare- Redundanz
- elektrische Schnittstellen

können deshalb vielfältigste Ansprüche erfüllt werden. WABCO empfiehlt zur Erfüllung der wesentlichen Anforderungen der Fahrzeugbetreiber ein EBS, das über eine individuelle Druckregelung an Vorder- und Hinterachse verfügt sowie pneumatische Redundanzen in allen Bremskreisen vorsieht.



Dieses EBS setzt sich aus einem zweikreisigen, rein pneumatisch arbeitenden Anlagenteil und einem überlagerten einkreisigen elektropneumatischen Anlagenteil zusammen. Diese Konfiguration wird als 2P/1E-System beschrieben.

Der einkreisige elektropneumatische Anlagenteil besteht aus einem zentralen elektronischen Steuergerät (Zentralmodul), dem Achsmodulator mit integrierter Elektro-

nik für die Hinterachse, einem Bremswertgeber mit 2 integrierten Sollwertsensoren und Bremsschaltern, sowie einem Proportionalrelaisventil und zwei ABS-Ventilen für die Vorderachse.

Der unterlagerte zweikreisige pneumatische Anlagenteil entspricht in seiner Struktur im wesentlichen dem einer konventionellen Bremsanlage. Dieser Anlagenteil dient als Redundanz und wird nur wirksam bei einem Ausfall des elektropneumatischen Kreises.

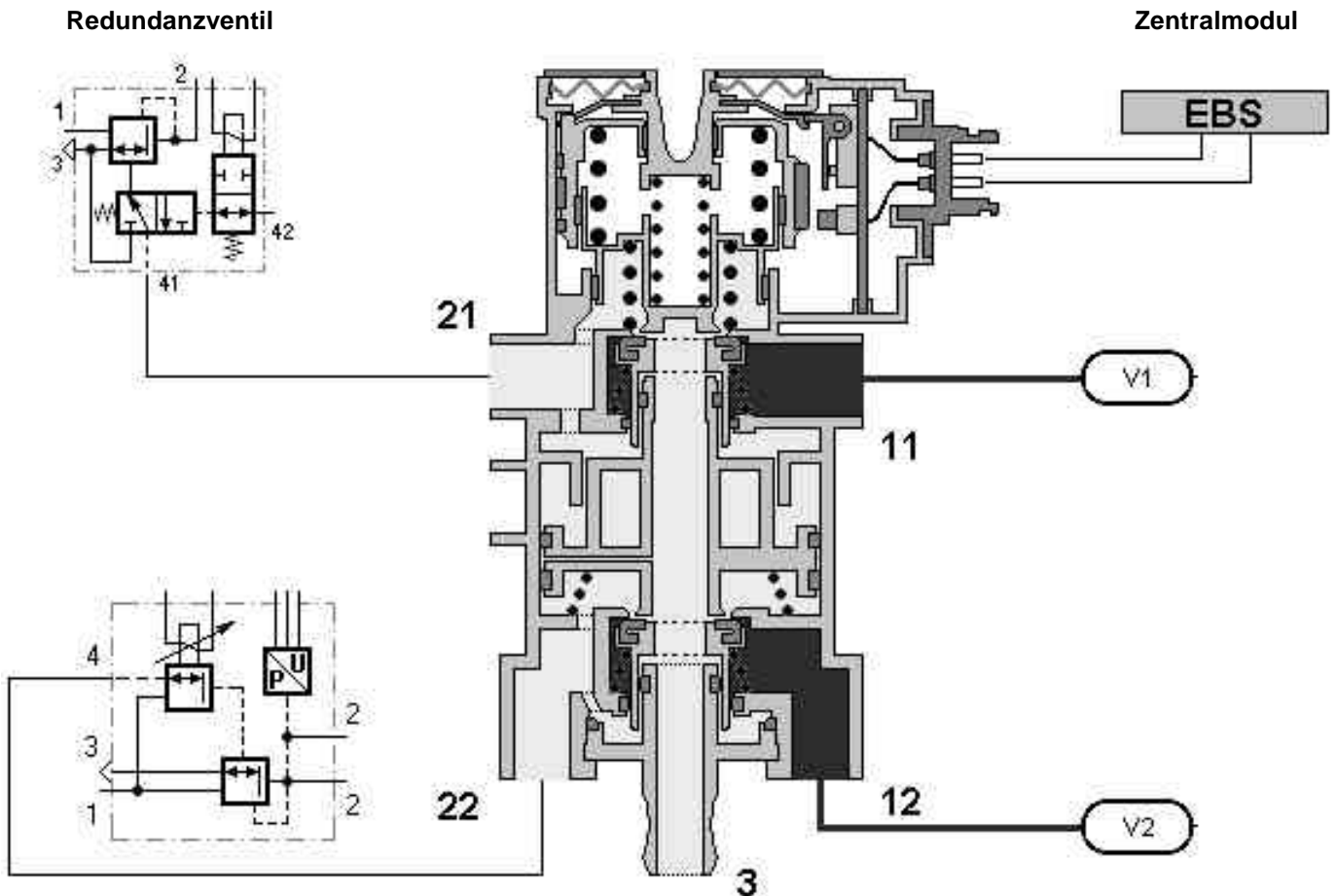
Bremswertgeber 480 001/ 002 ... 0

Der Bremswertgeber dient zur Erzeugung von elektrischen und pneumatischen Signalen zum Be- und Entlüften des elektronisch geregelten Bremssystems. Das Gerät ist zweikreisig pneumatisch und zweikreisig elektrisch aufgebaut. Der Betätigungsbeginn wird durch einen Doppelschalter elektrisch registriert. Der Weg des Betätigungsstößels wird sensiert und als elektrisches Signal pulsweitenmoduliert ausgegeben. Weiterhin werden die pneumatischen Redundanzdrücke in den Kreisen 1 und 2 angesteuert. Dabei wird der Druck des 2. Kreises geringfügig zurückgehalten. Bei Ausfall eines Kreises (elektrisch oder pneumatisch) bleiben die anderen Kreise funktionstüchtig.

Der Bremswertgeber wird je nach Bustyp über die Trittplatte 480 002 ... 0 z.B. CITO oder über das Hängepedal 480 001 ... 0 mittels Stößel im CITARO betätigt.



Funktionsweise

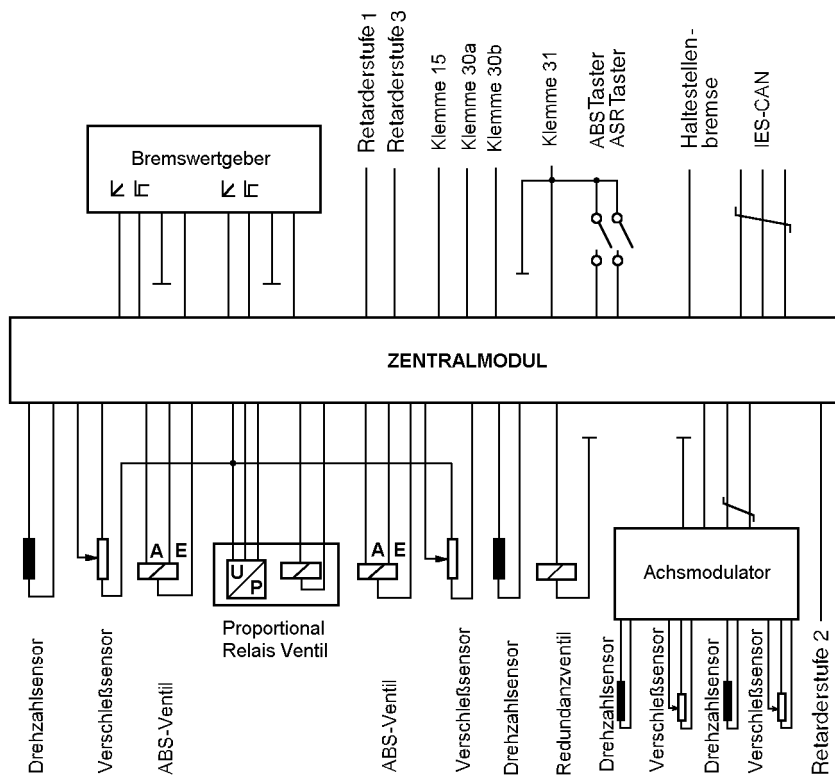


Zentralmodul 446 130 ... 0

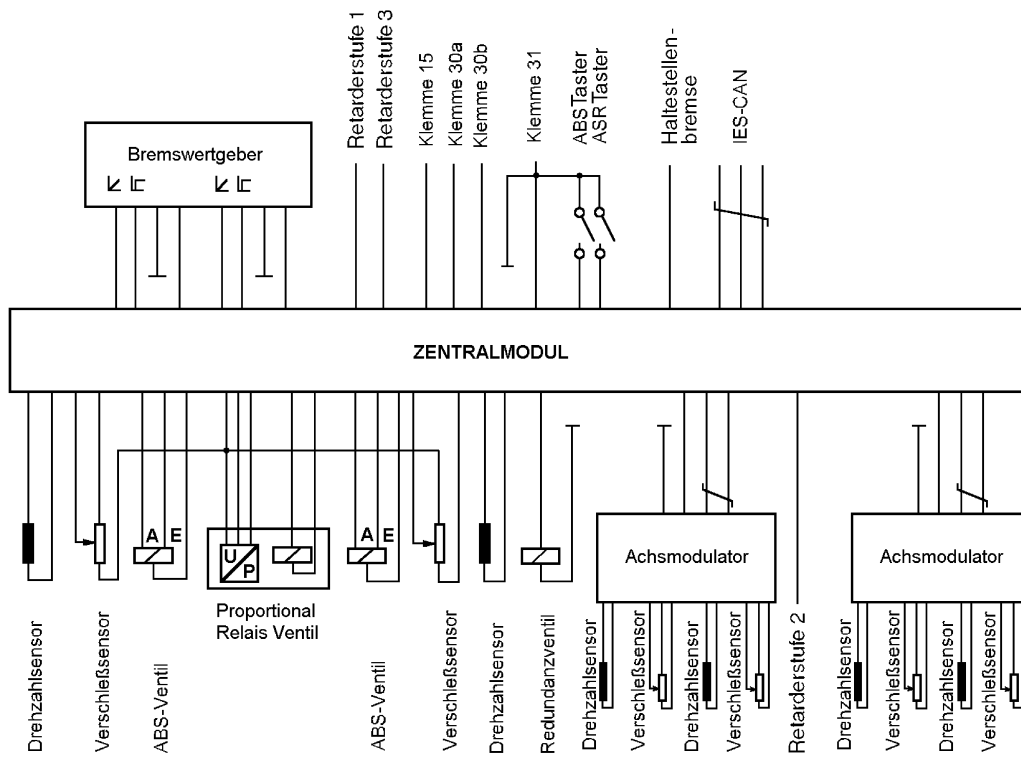
Das Zentralmodul dient zur Steuerung und Überwachung des elektronisch geregelten Bremssystems. Es ermittelt die Sollverzögerung des Fahrzeugs aus dem empfangenen Signal des Bremswertgebers. Die Sollverzögerung ist zusammen mit den durch die Drehzahlsensoren gemessenen Radgeschwindigkeiten Eingangssignal für die elektropneumatische Regelung, die damit Drucksollwerte für die Vorderachse und Hinterachse berechnet. Der Drucksollwert der Vorderachse wird mit dem gemessenen Istwert verglichen und vorhandene Differenzen werden mit Hilfe des Proportionalrelaisventils ausgeregelt. Zusätzlich werden die Radgeschwindigkeiten ausgewertet, um bei Blockierneigung durch Modulation der Bremsdrücke in den Bremszylindern eine ABS-Regelung durchzuführen. Das Zentralmodul tauscht mit den Achsmodularen Daten über den EBS-Systembus aus. Das Zentralmodul kommuniziert mit anderen Systemen (Motorregelung, Retarder usw.) über einen Fahrzeugdatenbus.



4-Kanal



6-Kanal



Proportional Relaisventil 480 202 ... 0

Das Proportional-Relaisventil wird im elektronisch geregelten Bremssystem als Stellglied zum Aussteuern der Bremsdrücke an der Vorderachse eingesetzt.

Es besteht aus Proportional-Magnetventil, Relaisventil und Drucksensor. Die elektrische Ansteuerung und Überwachung erfolgt durch das Zentralmodul des Hybridsystems (elektropneumatisch / pneumatisch).

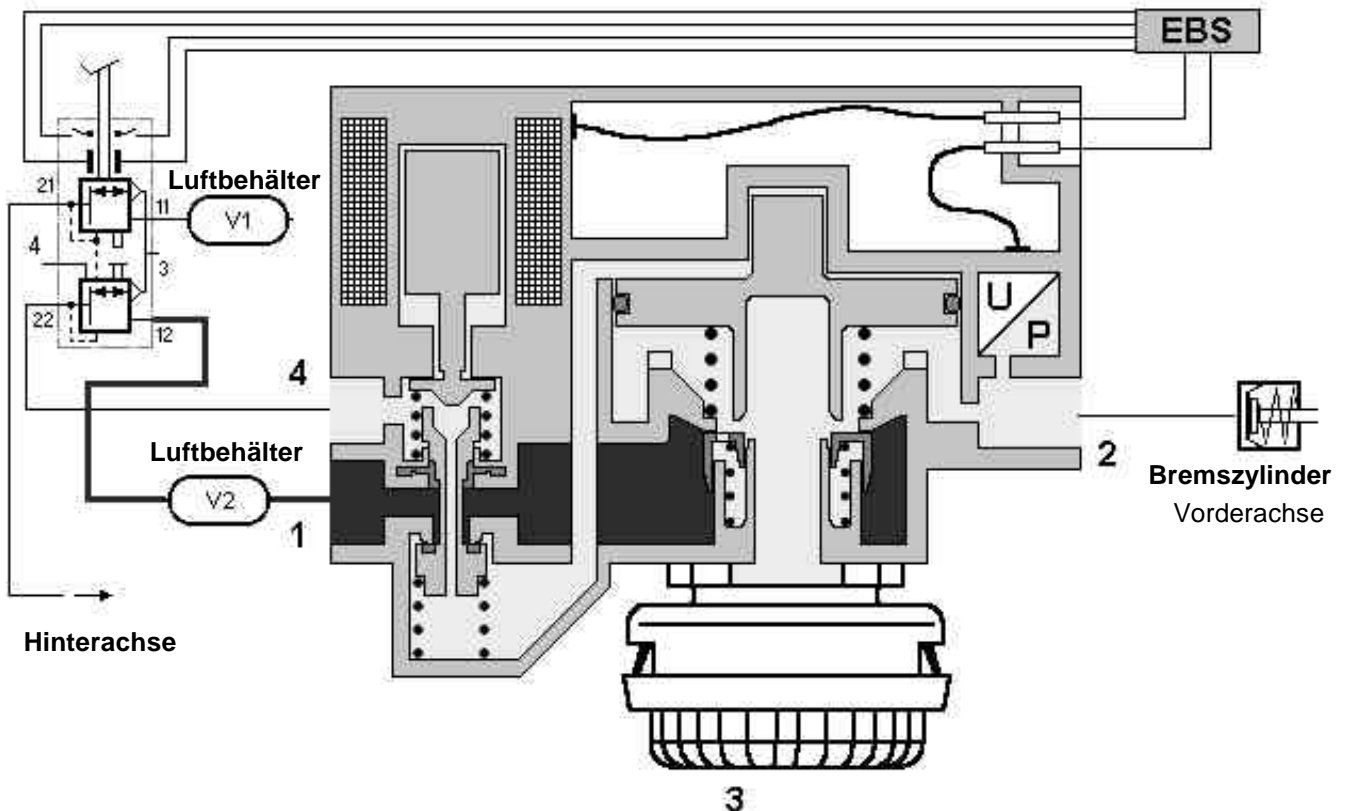
Der von der Elektronik vorgegebene Steuerstrom wird mittels des Proportional-Magnetventils in einen Steuerdruck für das Relaisventil umgesetzt. Der Ausgangsdruck des Proportional-Relaisventil ist proportional zu diesem Druck. Die pneumatische Ansteuerung des Relaisventils erfolgt durch den redundanten (unterstützenden) Druck des Bremswertgebers.



Funktionsweise

Bremswertgeber

Zentralmodul



Redundanzventil 480 205 ... 0

Das Redundanzventil dient zur schnellen Be- und Entlüftung der Bremszylinder an der Hinterachse im Redundanzfall und besteht aus mehreren Ventileinheiten, die u.a. folgende Funktionen erfüllen müssen:

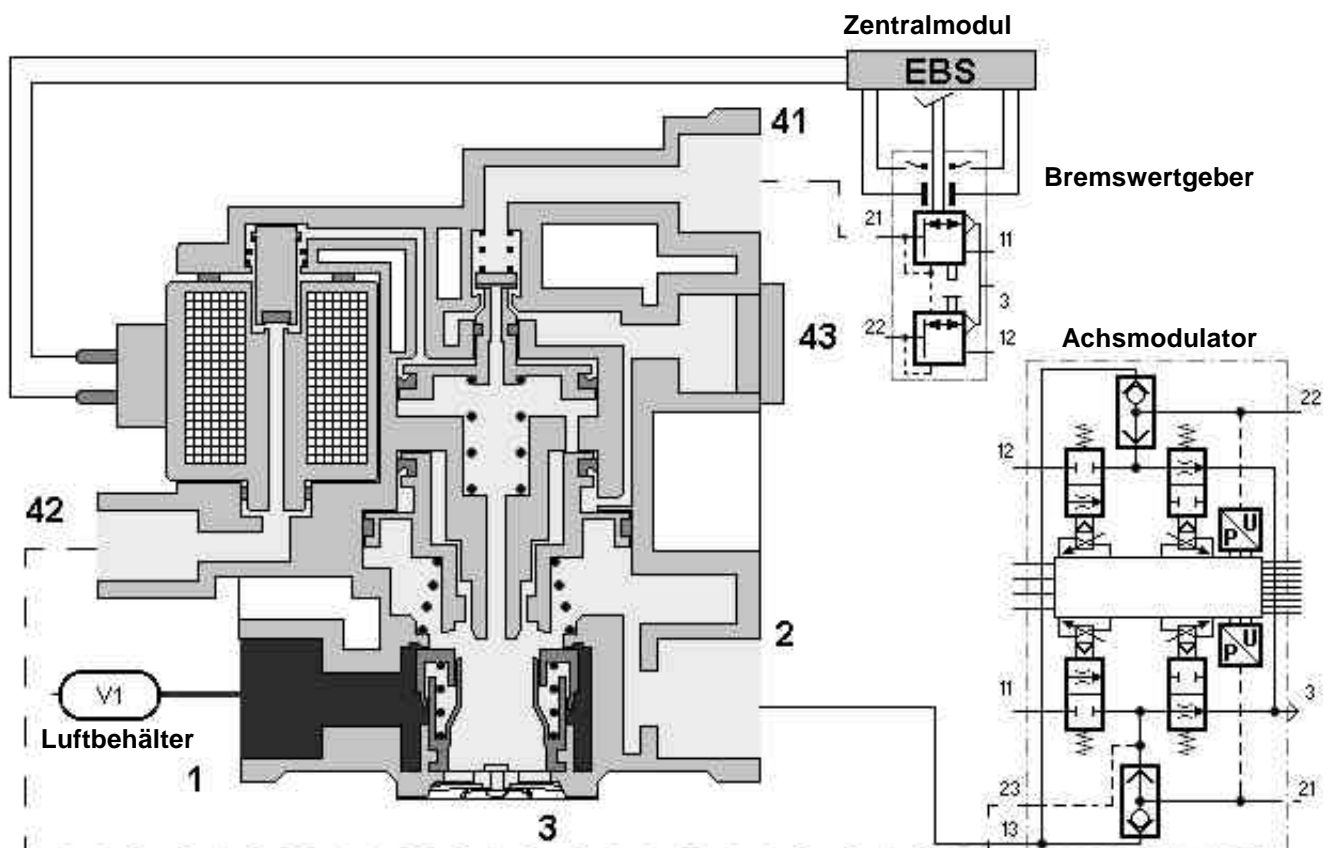
- 3/2-Wegeventilfunktion zur Zurückhaltung der Redundanz bei intaktem elektropneumatischen Bremskreis
- Relaisventilfunktion, um das Zeitverhalten der Redundanz zu verbessern,
- Druckrückhaltung, um im Redundanzfall den Beginn der Druckaussteuerung an Vorder- und Hinterachse zu synchronisieren
- Im Redundanzfall wird die Hinterachse 1:1 ausgesteuert.

Das verbaute Redundanzventil besitzt zusätzlich ein 2/2-Wegeventil, das im ABS Fall bestromt wird und so ein ungewolltes Durchsteuern des Hinterachs-Redundanzdruckes bei ABS Regelungen verhindern soll.

Anschluß 43 muß mit einer Verschlussschraube verschlossen werden.



Funktionsweise



Achsmodulator 480 103 ... 0

Der Achsmodulator regelt den Bremszylinderdruck auf beiden Seiten einer oder zweier Achsen.

Er verfügt über zwei pneumatisch unabhängige Druckregelkanäle mit jeweils einem Belüftungs- und Entlüftungsventil, jeweils einem Drucksensor und einer gemeinsamen Regelelektronik. Die Vorgabe der Solldrücke und die externe Überwachung erfolgt durch das Zentralmodul.

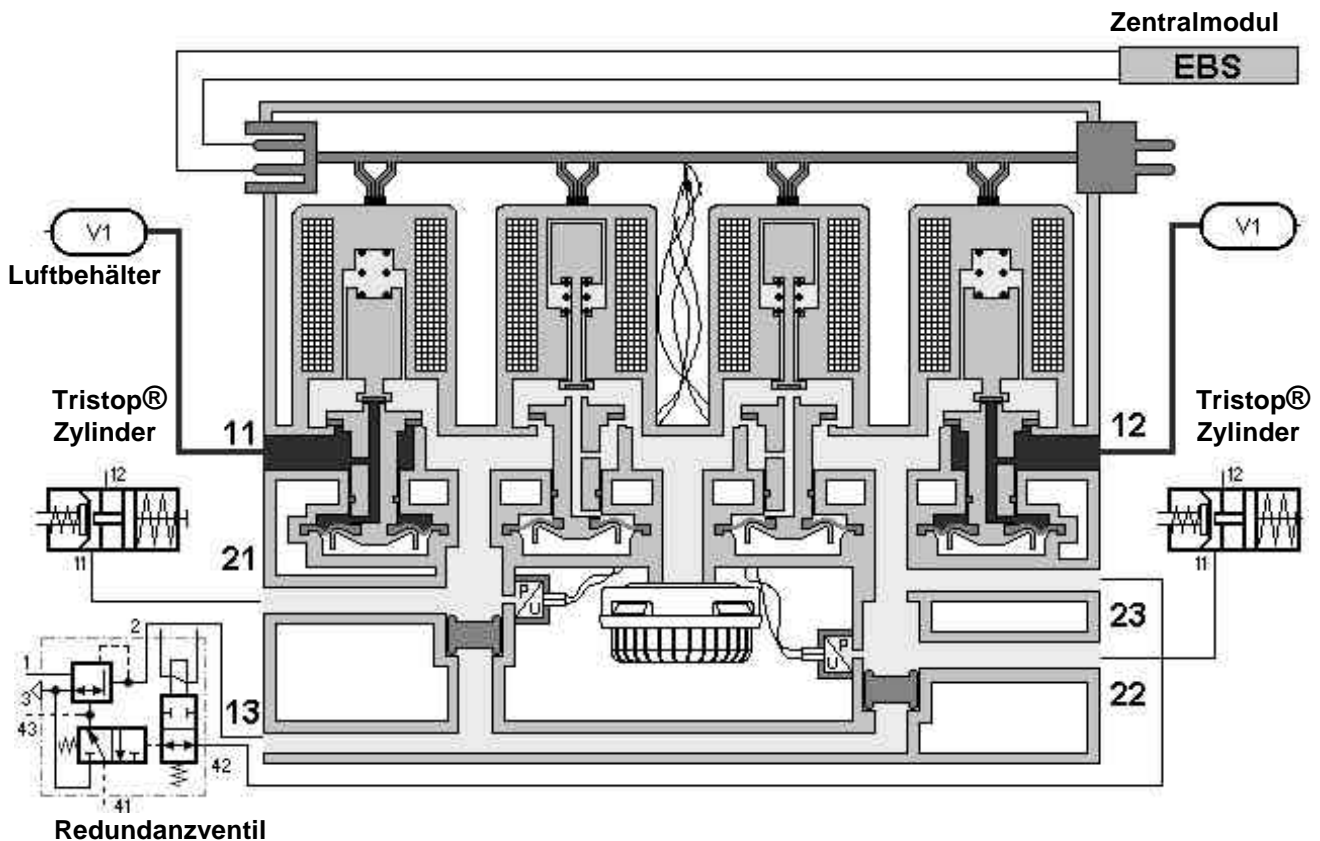
Zusätzlich werden die Radgeschwindigkeiten über zwei Drehzahlsensoren erfaßt und ausgewertet. Bei Blockier- oder Durchdrehneigung wird der vorgebene Sollwert modifiziert.

Der Anschluß von zwei Sensoren zur Ermittlung des Belagverschleisses ist vorgesehen.

Der Achsmodulator verfügt über einen zusätzlichen Anschluß für einen redundanten pneumatischen Bremskreis. Ein Zwei-Wege-Rückschlagventil pro Seite steuert den höheren der beiden Drücke (elektropneumatisch oder redundant) zum Bremszylinder durch.



Funktionsweise



Funktion des elektropneumatischen Anlagenteils

Der elektropneumatische Anlagenteil des Busses und dessen Signalpfad wirken über

- **Bremswertgeber**
zwei Wegsensoren ermitteln den Sollwert, der pulsweitenmoduliert übertragen wird; zwei integrierte Schalter dienen u. a. als Sollwertbestätigung
- **Zentralmodul**
Solldruckermittlung für die einzelnen Achsen und Systemsteuerung
- Proportional-Relaisventil für die Druckregelung der Vorderachse
- **ABS-Magnetventile**
für die schnellen ABS-Drucksteuerzyklen an der linken und rechten Radbremse der Vorderachse
- **Redundanzventil**
für die Zurückhaltung des Hinterachs-Redundanzdruckes
- **Achsmodulator**
mit integrierter Steuereinheit zur seitenweisen Regelung der Bremsdrücke an der bzw. den Hinterachsen.

Das EBS kann elektrisch über den Fahrtschalter (Kl. 15) oder durch Betätigen des Bremswertgebers mittels der integrierten Bremsschalter eingeschaltet werden.

Der gemessene Weg des Bremspedals wird als Sollverzögerung interpretiert und vom Zentralmodul unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien in Solldruckvorgaben für die Vorderachse und die Hinterachse umgerechnet.

Die Sollwertvorgabe für den Achsmodulator wird über einen Systembus vom Zentralmodul gesendet. Der Achsmodulator regelt und erfaßt die Bremsdrücke der linken und rechten Radbremse der Hinterachse. Der Bremsdruck der Vorderachse wird vom Zentralmodul über das Proportional-Relaisventil mit integriertem Drucksensor geregelt.

Die Drehzahlen der Räder werden über die vom ABS-System bekannten Sensoren erfaßt und dienen u.a. als Eingangsgröße für die Drucksteuer-Regelalgorithmen, für die ABS-Funktion und für die ASR-Funktion.

Um eine Verschleißregelung durchzuführen, sensieren Bremsbelagverschleißsensoren den Verschleißzustand

der Bremsbeläge an den einzelnen Radbremsen. Die Sensorsignale der Vorderachse werden vom Zentralmodul erfaßt, die der Hinterachse vom Achsmodulator.

Signalaufbereitung und Fehlerüberwachung für die Hinterachse erfolgen im Achsmodulator, so daß anschließend die Sensorwerte via Datenbus dem Zentralmodul zur Verfügung gestellt werden können.

Funktion der pneumatischen Redundanz

Vorderachs- und Hinterachskreis arbeiten mit unterschiedlichen Redundanzverfahren. Der Vorderachskreis funktioniert gemäß dem Additionsredundanzprinzip, der Hinterachskreis ist mit einer über ein Ventil schaltbaren Redundanz ausgestattet.

Additionsredundanz an der Vorderachse

Der pneumatisch arbeitende und als Redundanz dienende Vorderachskreis wirkt über

- **Bremswertgeber**
mit 2 pneumatischen Kreisen (Vorder- und Hinterachse)
- **Proportional-Relaisventil**
Relaisventil mit kombinierter Vorsteuerung durch pneumatischen Vorderachskreis und das Proportional-Magnetventil

auf die Bremszylinder der Vorderachse.

Beim Betätigen des Bremswertgebers wird elektropneumatisch Druck über das Proportionalventil angesteuert. Abhängig von der Betätigungskraft wird das Proportionalventil verzögert pneumatisch redundant vom Bremswertgeber mit Druck versorgt.

Dieser addiert sich zu dem bereits elektropneumatisch angesteuerten Druck. Der vom Proportionalventil angesteuerte Druck wird durch Variation des elektropneumatischen Druckes an den vorgegebenen Solldruck angeglichen.

Beim Ausfall der Elektropneumatik wirkt der pneumatische Druckanteil allein auf das Proportionalventil, der durch weitere Bremspedalbetätigung auf p_{max} angehoben werden kann

Wegen der Notwendigkeit, den redundanten Bremsdruck der Vorderachse gegenüber dem elektropneumatisch angesteuerten zurückzuhalten (z.B. verschleißoptimierende Maßnahmen bzw. Dauerbremsenintegration), hat der „elektrische“ Sollwert Voreilung gegenüber dem pneumatisch angesteuerten Vorder-

achsdruck am Bremswertgeber (2. pneumatischer Kreis des Bremswertgebers).

Hinterachsredundanz

Die pneumatische Redundanz der Hinterachse wirkt über

- **Bremswertgeber**
mit 2 pneumatischen Kreisen (Vorder- und Hinterachse)
- **Redundanzventil**
mit einem 2/2-Wege-Magnetventil, einem 3/2-Wegeventil und einem Relaisventil.
- **Wechselventile**
integriert im Achsmodulator der Hinterachse auf die Bremszylindern an bzw. den Hinterachsen.

Während des fehlerfreien EBS-Betriebs, d. h. an der Hinterachse ist eine elektronische Druckaussteuerung möglich, wird aufgrund des elektronisch ausgeregelten Druckes am linken Hinterrad das 3/2-Wegeventil in die Stellung "Redundanz wegschalten" gebracht.

Der Bremswertgeber ist elektrisch getrennt 2-kreisig ausgeführt. Über 2 Schalter wird der Betätigungsvorgang erkannt. Die Schalter haben im einzelnen folgende Funktionen zu erfüllen:

- Erkennung des Bremsbeginns
- Einschalten des EBS (wenn Fahrtschalter in Stellung „aus“)
- unbetätigt werden die Offsetwerte der Sollwertensoren kalibriert und überwacht.

Die berührungslosen Wegsensoren liefern den elektrischen Bremssollwert als pulsweitenmodulierte Signale an das Zentralmodul. Beide Signale des redundanten elektrischen Gebers werden gleichwertig ausgewertet.

Die Bremsdrücke an der Vorderachse werden mit stromgeregelten Proportional-Relaisventilen geregelt. Die Ist-drucksensoren sind in die Ventilbaugruppen integriert. Die Istwerte werden als analoge Signale übertragen.

Eine Achslastsensierung ist nicht vorgesehen. Die Bremsdrücke je Achse werden durch eine besondere Bremskraftverteilungsfunktion bestimmt. Die Ansteuerung der Ventile erfolgt durch das Zentralmodul.

Der EBS-Systemzustand, z. B. vorhandene Fehler, wird vom EBS über den Fahrzeugbus (Datenleitung) an ein Display übertragen.

Für die Sensierung des Bremsbelagverschleisses sind Potentiometer (evtl. für Trommelbremsen alternativ Endschalter) vorzusehen, die für die Vorderachse vom Zentralmodul eingelesen werden. Die Hinterachsverschleißsensoren werden vom Achsmodulator erfaßt; die Ergebnisse werden via Systembus Bremse an das Zentralmodul übergeben. Die Sensoren werden achsweise getrennt mit einer kurzschlußfesten 5V-Spannung versorgt.

Regelfunktionen

Dauerbremsintegration

Das Bremssystem verfügt über ein integriertes Bremsenmanagement, welches permanent die Dauerbremse bei Betätigung des Bremspedals entsprechend einer optimalen Verzögerung des Fahrzeugs regelt. Durch die Verteilung Dauer- und Betriebsbremse wird ein Verschleißoptimaler Zustand der Betriebsbremse erreicht. Die Funktion ist wesentlicher Bestandteil der Verzögerungsregelung

Verzögerungsregelung

Die Verzögerungsregelung dient der Anpassung des Bremsdruckniveaus an den Abbremsungswunsch des Fahrers (def. als z in %).

Bei gleicher Pedalbetätigung wird das Fahrzeug unabhängig vom Beladungszustand stets gleichstark abgebremst.

Um bei einer etwaigen Veränderung des Reibungskoeffizienten an einer Radbremse (z.B. Fading bei Bergabfahrt) dem Fahrer die Verschlechterung auch subjektiv spüren zu lassen, beendet die Verzögerungsregelung jegliche Adaption, wenn ein vorgegebenes, fixes Maximum erreicht wird.

Zum Umfang der Verzögerungsregelung zählt weiterhin eine Adaption an die Bremsenhysterese. Bei jedem Lösen der Bremse werden die Löseschritte so gewählt, daß sich eine sofortige Bremskraftveränderung einstellt. Diese Funktion bewirkt ein schnellstmögliches Lösen der Bremsen, d.h. PKW-Feeling.

Bremskraftverteilung

Die Verteilung der Bremskräfte auf Vorder- und Hinterachse ist u.a. abhängig von den im Programmumfang "Verzögerungsregelung" gemachten Vergleich von Ist- und Sollwert der Fahrzeugverzögerung. Der Druck an Vorder- und Hinterachse wird so geregelt, daß optimale Bremsdrücke an diesen Achsen angesteuert werden.

Bremsbelagverschleißregelung

Bei unkritischer Bremsung wird in Abhängigkeit der vor-

liegenden Verschleißsignale, d.h. einem erfaßten Verschleißunterschied die Bremsdruckverteilung angepaßt. Der Druck der höher verschlissenen Radbremsen wird geringfügig zurückgenommen, der Druck der niedriger verschlissenen Radbremsen um ein adäquates Maß erhöht, so daß die vom Fahrer geforderte Gesamtabbremsung sich nicht verändert.

In dem EBS integriert sind die bekannten Funktionen:

Antiblockierfunktion (ABS)

Die Regellogik erkennt aus dem Drehzahlverhalten der Räder, ob ein oder mehrere Räder "Blockierneigung" zeigen und entscheidet, ob der zugehörige Bremsdruck gesenkt, gehalten oder erhöht werden soll. Die Räder der Hinterachse werden analog diesem Konzept in ihrem optimalen Bereich geregelt (Individual-Regelung \Rightarrow IR).

Auf Straßen mit extrem unterschiedlichen Reibwerten zwischen rechter und linker Seite werden Fahrzeuge durch den unterschiedlichen Bremskraftaufbau im ABS-Fall (Giermomententwicklung) nicht oder nur schwer beherrschbar.

Aus diesem Grund wird der Bremsdruck der Vorderachsradbremse nicht unabhängig voneinander derart geregelt, daß dem Fahrer eine Lenkreaktion ermöglicht wird (Modifizierte Individual-Regelung \Rightarrow MIR).

Wenn es bei Betätigung der Dauerbremse auf niedrigen Reibwerten zu einer Blockierneigung der Antriebsräder kommt und damit ein instabiler Fahrzeugzustand droht, wird über den Fahrzeug-CAN-Bus eine ABS-Dauerbremsabschaltung durchgeführt, damit die Stabilität gewährleistet bleibt.

Antriebsschlupfregelung (ASR)

Ähnlich wie bei der ABS-Funktion erkennt die Regelelektronik, ob sich beim Vortrieb die angetriebenen Räder im stabilen Bereich der μ -Schlupf-Kurve befinden.

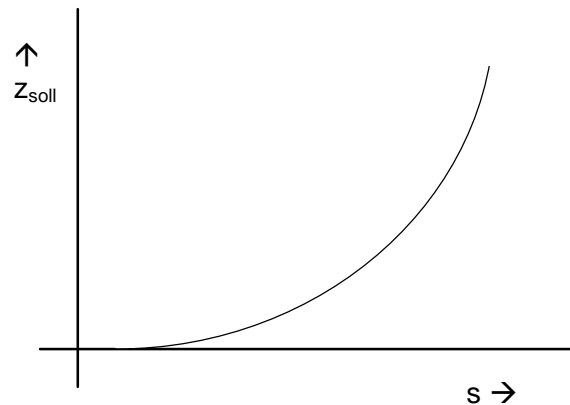
Zeigen die Räder "Durchdrehneigung", erfolgt über den CAN-Bus und das Motorregel-System eine Anpassung der Motorleistung und/oder eine Abbremsung der Räder der Antriebsachse durch den Achsmodulator. Eine aktivierte ASR-Regelung wird über eine Funktionslampe angezeigt.

Unterstützende Funktionen

Generierung des Bremssollwertes

Der von den Sensoren im Bremswertgeber gemessene Weg des Bremspedals wird an das Zentralmodul über-

mittelt und dort „aufbereitet“. Dabei wird der Weg entsprechend der in der Grafik dargestellten Kennlinie in eine Sollverzögerung umgerechnet.



Ermittlung des Bremssollwertes

Druckregelung Vorder- und Hinterachse

Die mit den übergeordneten Regelalgorithmen aus dem Bremssollwert berechneten Sollrückte werden in den Druckregelkreisen Vorder- und Hinterachse ausgeregelt. Zur Verbesserung der Druckregeleigenschaften werden die Magnetströme in den Magnetventilen geregelt.

Drehzahlsensierung und Reifenabgleich

Die Sensierung der Raddrehzahlen entspricht der vom ABS bekannten Sensierung. Ein automatischer Reifenabgleich kompensiert Unterschiede der nominellen Reifengrößen und damit der Abrollumfänge zwischen den Achsen. Kommen unzulässige Reifenpaarungen zur Anwendung, wird dies als Fehler erkannt.

Bei Änderungen der Reifengröße wird eine Umparametrierung erforderlich.

Haltestellenbremse

Beim Betätigen des in der Instrumententafel angeordneten Haltestellenbremsschalters geht die Anforderung (Haltestellenbrems betätigen) über das FPS und den Notschalter „Haltestellenbremse lösen“ an das Zentralmodul. Dieses gibt die Anforderung (2bar Bremsdruck einsteuern) über das Proportional-Relaisventil und dem Achsmodulator weiter, so daß die Bremszylinder an der Vorder- und Hinterachse mit Bremsdruck beaufschlagt werden.

Wird die Haltestellenbremse in Richtung lösen betätigt und anschließend der Bremswertgeber betätigt, so wird die Anforderung „Haltestellenbremse“ über FPS, Notschalter und Zentralmodul zurückgenommen.

Fehlererkennungsmaßnahmen dienen dazu, die Auswirkungen von Systemausfällen zu vermeiden und/oder den Fahrer über Funktionsbeeinträchtigungen zu informieren. Zum Teil entsprechen die Fehlererkennungsprinzipien denen einer konventionellen ABS-Anlage (Überwachung der ABS-Ventile, der Drehzahlsensoren, der Rechnerhardware).

Ein großer Teil der Überwachungsmaßnahmen betrifft dagegen EBS-spezifische Funktionsbereiche (EBS-spezifische Sensorik, EBS-spezifische Magnetansteuerungen, Bremsdruckaussteuerung, Datenübertragung über CAN-Bus).

Das EBS wertet neben den Drehzahlsensorsignalen zahlreiche andere Sensorsignale aus und überprüft diese Signale auf Fehlerfreiheit.

Sollwertsensierung (Sensoren und Schalter)

Der Bremswertgeber liefert zwei Sensor- und zwei Schaltersignale. Die Sensorsignale (pulsweiten-moduliert) werden auf Einhaltung des zulässigen Wertebereiches und auf gegenseitige Abweichung hin untersucht. Die Schaltersignale (digital) werden auf korrekten Schaltzustand hin überprüft.

Bremsdrucksensierung (Vorder- und Hinterachse)

Die Signale (analog) der Drucksensoren in den Druckregelkreisen werden auf Einhaltung des zulässigen Wertebereiches hin überprüft.

Hinweis: Die Verkabelung der beiden Hinterachsdruksensoren ist von außen nicht zugänglich, da es sich um eine interne Verkabelung des Achsmodulators handelt.

Verschleißsensierung (Vorder- und Hinterachse)

Die Signale (analog) der Verschleißsensoren werden auf Einhaltung des zulässigen Wertebereiches hin überprüft.

Das EBS überwacht die Ansteuerung der EBS-spezifischen Magnetventile.

Vorderachsproportional-Relaisventil

Der stetige Magnet (Druck proportional zum Magnetstrom) des Vorderachsproportional-Relaisventils wird auf korrekten Ansteuerzustand hin überwacht.

Hinterachs-Redundanzventil

Der Schaltmagnet des Hinterachs-Redundanzventils wird auf korrekten Ansteuerzustand hin überwacht.

Ein- und Auslaßmagnetventile des Hinterachsmodulators

Die Ein- und Auslaßmagnetventile der Hinterachse befinden sich innerhalb des Achsmodulators. Die Magnetver-

kabelung ist von außen nicht zugänglich.

Das EBS überprüft die Bremsdruckaussteuerung. Eine Überwachung erfolgt sowohl für die elektrisch geregelten Bremsdrücke als auch für die pneumatisch redundanten Drücke.

Vorderachsbremsdruck zu klein

Es wird geprüft, ob ein Mindestbremsdruck (an der Vorderachse bei einer bestimmten Magnetbestromung vorhanden ist).

Hinterachsdrukabweichung (links-rechts) zu groß

Bei normalen Bremsvorgängen (weder ABS- noch ASR-Regelungen) müssen die gemessenen Bremsdrücke auf der linken und rechten Seite der Hinterachse nahezu gleich sein. Überschreitet die Bremsdruckdifferenz einen zulässigen Wert, so wird auf Fehler erkannt.

Ausfall der Hinterachs-Redundanz

In bestimmten Situationen (Fahrzeugstillstand, eingelegte Feststellbremse) wird die elektrische Bremsdruckaussteuerung an der Vorder- und Hinterachse verhindert. Tritt der Fahrer nun auf das Bremspedal, so wird die Vorder- und Hinterachse mit pneumatischer Redundanz gebremst. Überschreitet der Vorderachsbremsdruck einen bestimmten Wert, so muß an der Hinterachse ebenfalls ein gewisser Mindestdruck vorhanden sein. Ist dies nicht der Fall, so wird auf Fehler erkannt.

Hinterachs-Redundanz nicht wegschaltbar

Die pneumatische Redundanzdruckaussteuerung an der Hinterachse wird im Normalfall durch das Redundanzventil verhindert. Ist dieses Wegschalten aufgrund eines Fehlers nicht mehr möglich, so kann der Hinterachsbremsdruck bei ABS-Regelungen u. U. nicht mehr reduziert werden (weil der nicht ABS-fähige Hinterachs-Redundanzdruck in die Hinterachsbremszylinder gelangt). In dieser Situation erfolgt eine Fehlererkennung.

Das EBS überwacht die Datenübertragung

- zwischen dem EBS-Zentralmodul und dem Achsmodulator (Systembus)
- zwischen dem EBS und den anderen Systemsteuergeräten (Fahrzeugbus)

Ist die Kommunikation nicht möglich oder bricht die Kommunikation plötzlich ab, so wird auf Fehler erkannt.

EBS “Notbetriebsarten”

Im Anschluß an eine Fehlererkennung werden i. d. R. bestimmte Funktionsbereiche der EBS deaktiviert. Funktionen, die durch den Ausfall nicht beeinträchtigt sind, werden weiterhin aufrechterhalten. Für den EBS-Betrieb mit eingeschränktem Funktionsumfang wird umgangssprachlich der Begriff “Notbetriebsart” verwendet.

Folgende Funktionsabschaltungen können im Fehlerfall durchgeführt werden:

Betrieb ohne ABS-Funktion

Die ABS Funktion kann an einem einzelnen Rad, an einer Achse oder am gesamten Fahrzeug abgeschaltet sein. (Mögliche Ursachen: fehlerhaftes Drehzahlsensorsignal, ABS-Ventilfehler, ...)

Betrieb ohne ASR-Funktion

Die Antriebs-Schlupf-Regelung kann sowohl komplett als auch teilweise abgeschaltet sein. Eine Gesamtab-schaltung bedeutet, daß sowohl Bremseneingriff als auch Motorregelung abgeschaltet sind. Eine Teilabschaltung bedeutet, daß nur der Bremseneingriff deaktiviert ist. (Mögliche Ursachen: fehlerhaftes Drehzahlsensorsignal, ...)

Drucksteuerbetrieb / Hilfsdruckregelung

Eine Bremsdruckregelung benötigt im Normalfall das Signal des Bremsdrucksensors. Steht dieses Signal nicht mehr zur Verfügung, so ist eine elektrische Bremsdruckerzeugung unter Verwendung bestimmter Hilfsgrößen möglich. Man spricht in diesem Fall von einem Drucksteuerbetrieb bzw. einer Hilfsdruckregelung. Die Genauigkeit dieser Druckerzeugung ist allerdings gegenüber der fehlerfreien Druckregelung eingeschränkt. (Mögliche Ursachen: Ausfall eines Drucksensorsignals, ...)

Redundanzbetrieb

Ist eine elektrische Druckaussteuerung nicht mehr möglich, so wird die entsprechende Achse mit Hilfe des pneumatischen Redundanzdruckes gebremst. (Mögliche Ursachen: defekter Magnet oder fehlerhafte Magnetverkabelung, ...)

Prüfarten der EBS

Bei der Prüfung der elektronisch geregelten Bremsanlage sind folgende Besonderheiten zu beachten:

- **Überprüfung des Redundanzventils:**
Bei stehendem Fahrzeug, eingelegerter Feststellbremse, Zündung an und betätigtem Bremspedal ist der Achsmodulator abgeschaltet; so kann die Funktion des Redundanzventils an der Hinterachse über ein Manometer, am Hinterachs-bremszylinder angeschlossen, überprüft werden. Hier wird jetzt der Ausfall des elektronischen Kreises simuliert. Der ausgesteuerte Druck muß in diesem Fall dem Vorratsdruck entsprechen.
- **Maximale Druckaussteuerung:**
Bei einer Bremsbetätigung > 80% und Zündung aus, wirkt in jedem Fall der volle Druck auf der Vorder- und Hinterachse.
- **Prüfung auf dem Rollenprüfstand: (Rollenprüfstandsfunktion)**
Um ein elektronisch gebremstes Fahrzeug (MB CITARO) auf einen Rollenprüfstand prüfen zu können, wurde in die EBS-Elektronik eine Rollenprüfstandsfunktion integriert. Diese Funktion ermöglicht es, die Bremsdrücke zu überprüfen, die einer Fahrzeug Vollauslastung (zul. Gesamtgewicht) entsprechen.
Die Rollenprüfstandsfunktion wird aktiviert, wenn das EBS bei einer neuen Bremsung nicht über die Zündung (Kl. 15) eingeschaltet wird, sondern durch Betätigung des Bremswertgebers über die integrierten Bremsschalter. Dabei müssen die Geschwindigkeiten der Vorderachse und/oder der Hinterachse < 3 km/h sein.
Während der Rollenprüfstandsfunktion sind spezielle EBS-Regelungen wie die Dauerbremsintegration, die Verzögerungsregelung und die Bremsbelagverschleißregelung nicht aktiv. Nun können die maximalen Bremsdrücke gemessen werden. Das EBS ist in Ordnung, wenn die gemessenen Bremsdrücke der Grundauslegung für das beladene Fahrzeug entsprechen.