

Aufgabe

Anti-Blockier-Systeme (ABS) – allgemeiner auch **Automatische Blockierverhinderer (ABV)** genannt – haben die Aufgabe, das Blockieren der Fahrzeuräder infolge zu kräftiger Betätigung der Betriebsbremse vornehmlich auf glatten Fahrbahnen zu verhindern.

Dadurch sollen auch bei Vollbremsungen Seitenführungskräfte an gebremsten Rädern erhalten bleiben, um so Fahrstabilität und Lenkfähigkeit eines Fahrzeugs oder einer Fahrzeugkombination im Rahmen der physikalischen Möglichkeiten zu gewährleisten. Zugleich soll die Ausnutzung des verfügbaren Kraftschlusses zwischen Reifen und Fahrbahn und damit der Bremsweg und die Fahrzeugverzögerung optimiert werden.

Warum ABS?

Trotz des hohen Entwicklungsstandes von Nutzfahrzeug-Bremsen ergeben sich bei Bremsungen auf rutschiger Fahrbahn oft unfallträchtige Situationen: Bei einer Vollbremsung oder sogar schon bei einer Teilbremsung auf glatten Straßen kann die Bremskraft aufgrund der niedrigen Reibwerte zwischen Reifen und Fahrbahn (auch **Kraftschlußbeiwert (k)** genannt) nicht mehr voll übertragen werden. Die Räder werden überbremst und kommen zum Blockieren. Blockierende Räder haben keine Haftung mehr zur Fahrbahn und können nahezu keine Seitenführungskräfte (Lenk- und Spurkräfte) mehr übertragen. Dies hat oft gefährliche Folgen:

- das Fahrzeug wird unlenkbar
- das Fahrzeug bricht trotz Gegenlenkens aus und schleudert
- der Bremsweg wird erheblich länger
- bei Lastzügen bricht der Anhänger aus und bei Sattelzügen kommt es zum Einknicken (Taschenmesser-Effekt)

Einfluß der ALB

Die heute üblichen lastabhängigen Bremskraftregler (ALB) allein können das Blockieren unbeladener Fahrzeuräder zwar oft **auf trockener Straße** vermeiden. Auch auf nassen Fahrbahnen helfen sie dem Fahrer, wirkungsvoll abgestuft zu bremsen, können dabei aber das Blockieren an sich nicht verhindern (keine Schlupfüberwachung). Sie sind außerdem wirkungslos gegen Überreaktionen des Fahrers sowie bei seiten- oder achsweise unterschiedlichen Reib- oder Kraftschlussverhältnissen (μ -split Fahrbahnen).

Vorteile von ABS

Nur das Anti-Blockier-System (ABS)

- gewährleistet ein stabiles Bremsverhalten auf allen Fahrbahnen
- erhält die Lenkfähigkeit und verkürzt i.d. Regel den Bremsweg
- verhindert das Einknicken von Fahrzeugkombinationen
- vermindert den Reifenverschleiß

Grenzen von ABS

ABS ist zwar eine wirkungsvolle Sicherheitseinrichtung, es kann aber die Grenzen der Fahrphysik nicht außer Kraft setzen. Auch ein Fahrzeug mit ABS wird bei Kurvenfahrt mit zu hoher Geschwindigkeit unkontrollierbar.

ABS ist deshalb kein Freibrief für eine unangepaßte Fahrweise oder zu geringen Sicherheitsabstand!

Warum ASR

Auf glatten Fahrbahnen führt, besonders bei un- oder teilbeladenen Nutzfahrzeugen, das Erhöhen der Motorleistung (Gas geben) leicht dazu, dass der maximale Kraftschluss an einem oder allen Antriebsrädern überschritten wird und diese durchdrehen.

So, wie blockierende Räder beim Bremsen, sind auch durchdrehende Räder beim Anfahren oder Beschleunigen eine Gefahr für die Sicherheit.

Begründung

1. Durchdrehende Räder übertragen ebensowenig Seitenführungskräfte wie blockierende Räder.
2. Sie übertragen auch keine Vortriebskräfte mehr auf die Fahrbahn.

Die Folgen sind

- Fahrzeuge, die nicht von der Stelle kommen oder auch steckenbleiben.
- Fahrzeuge, die nicht mehr lenkbar sind und sich am Hang querstellen bzw. bei Kurvenfahrten ausbrechen.

Vorteile der ASR

ASR verhindert das Durchdrehen der Antriebsräder und bietet die folgenden Vorteile:

- Vortriebs- und Seitenführungskräfte bleiben erhalten.
- Stabiles Fahrverhalten auf glatten Fahrbahnen beim Anfahren, Beschleunigungen und Kurvenfahrten wird gewährleistet.
- Der Fahrer erhält über die Funktionsleuchte (soweit vorhanden) ein Glätte-Warnsignal.
- Der Reifenverschleiß wird vermindert und der Antriebsstrang des Kfz wird geschont.
- Die Unfallgefahr wird weiter verringert.

ASR und ABS

ASR ist eine sinnvolle Erweiterung eines ABS-geregelten Bremssystems. Es bedarf lediglich einer um die ASR-Funktion erweiterten Elektronik und einiger Zusatzkomponenten für die Differentialbrems- und Motorregelung, um aus dem reinen ABS eine komplette ABS/ASR-Regelung zu machen. ASR gibt es daher auch nur in Verbindung mit ABS.

Auch eine für Gelände verwendete Differentialsperre und ASR schließen sich nicht aus, sondern bilden eine sinnvolle Ergänzung.

Grenzen der ASR

Das Traktionsvermögen eines allradgetriebenen Nutzkraftwagens kann von einem Nutzkraftwagen mit nur einer Antriebsachse nicht – auch nicht mit einer optimalen ASR – erreicht werden.

Der erste Prototyp wird nach vorangegangenen umfangreichen Studien anlässlich der IAA 1969 der Öffentlichkeit vorgestellt.

- 1974** WABCO und Mercedes-Benz vereinbaren vertragliche Zusammenarbeit. Durch gemeinsame Teamarbeit wird die Systementwicklung und Fahrzeugerprobung vorangetrieben.
- 1975** WABCO beginnt mit Eigenentwicklung der Elektronik auf der Basis der analogen und integrierten Signalaufbereitung. Die Zusammenarbeit wird auch auf andere Hersteller ausgedehnt.
- 1980** Einführung der volldigitalisierten Elektronik. Kernstück sind Mikrocomputer, die erstmals in Nutzfahrzeugen Verwendung finden.
Abschließende Winterversuche in Lappland am Polarkreis bei gleichzeitiger Anwesenheit der in- und ausländischen Fachwelt.
- 1981** Freigabe des WABCO-ABS-Systems durch Mercedes-Benz und bald darauf auch durch andere Fahrzeughersteller. Beginn der Serienfertigung in der A-Version (2- und 4-Kanal).
- 1986** Einführung der WABCO-ASR (Antriebs-Schlupf-Regelung) mit der B-Generation von Elektroniken. Einführung des 6-Kanal-ABS-Systems.
- 1989** Einführung des modularen VARIO-C-ABS für Anhängfahrzeuge (mit Fehlerspeicherung und ISO-Diagnose).
- 1990** Einführung der ABS/ASR-C-Generation im Motorwagen (mit Fehlerspeicherung, ISO-Diagnose und möglichen Zusatzfunktionen).
- Ab Oktober 1991** Ausrüstungspflicht für ABS bei schweren Nutzfahrzeugen durch EG-Richtlinie.
- 1994** Einführung des VARIO COMPACT SYSTEMS (VCS) für Anhängfahrzeuge sowie Integration des nun gesetzlich geforderten Geschwindigkeitsbegrenzers in die Motorwagen-C-Generation.
- 1996** Einführung der ABS-D-Generation im Motorwagen sowie des elektronisch geregelten Bremssystems EBS für Motorwagen.
- 1998** Einführung des EBS auch für Anhängfahrzeuge sowie stufenweise Ausrüstungspflicht für ABS auch bei leichteren Nutzfahrzeugen.

Vereinfachte theoretische Grundlagen ABS

Der Bremskraftbeiwert (μ_B):

Der Bremskraftbeiwert (Kraftschluss) zwischen Rad und Fahrbahn bestimmt die übertragbaren Bremskräfte. Er ist abhängig vom Bremschlupf zwischen Reifen und Straße und wird u.a. beeinflusst von:

- dem Straßen- und Reifenzustand
- der Rad- bzw. Achslast
- der Fahrzeuggeschwindigkeit
- der Temperatur
- dem Reifen-Schräglaufwinkel bzw. der in Anspruch genommenen Seitenführungskraft.

Der Seitenführungskraftbeiwert (μ_S):

Die Erhaltung der Seitenführung ist eine wesentliche Voraussetzung für die Lenkfähigkeit des Fahrzeuges. Im Vergleich zum Bremskraftbeiwert nimmt der Seitenführungskraftbeiwert bei gleichem Bremschlupf wesentlich schneller ab, als der Bremskraftbeiwert.

Der Bremschlupf (λ):

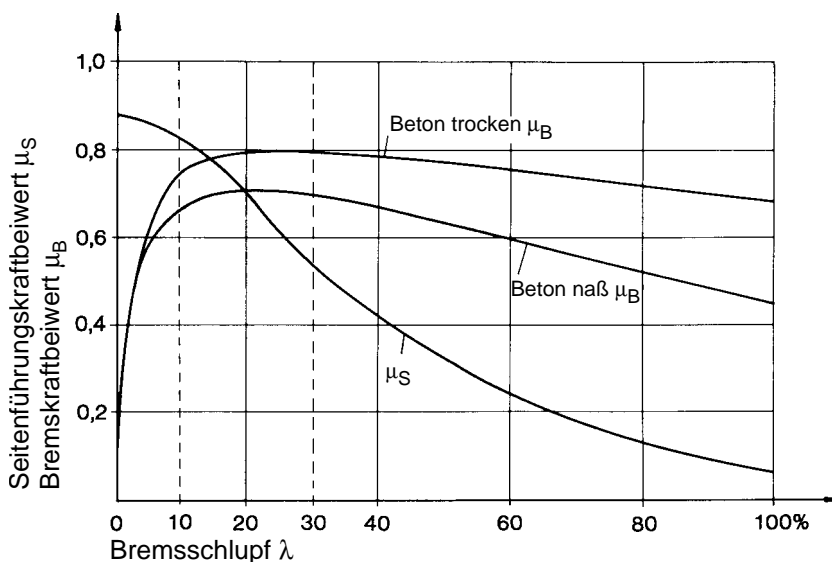
Der Bremschlupf ist das prozentuale Verhältnis der Fahrzeuggeschwindigkeit zur Radgeschwindigkeit. Der Schlupf wird definiert durch die Gleichung:

$$\text{Bremschlupf } \lambda = \frac{V_F - V_R}{V_F} \times 100 \%$$

V_F = Fahrzeuggeschwindigkeit

V_R = Radumfanggeschwindigkeit

Erläuterung der Schlupfkurven (μ_B und μ_S)



Die Abbildung zeigt den Zusammenhang zwischen Bremskraftbeiwert μ_B , Seitenführungskraftbeiwert μ_S und Bremschlupf λ bei unterschiedlicher Fahrbahnbeschaffenheit.

Solange der maximale Kraftschluss nicht erreicht wird, kann im "stabilen" Bereich mit Schlupfzunahme noch eine Bremskrafterhöhung erreicht werden. Hier sind auch genügend grosse Seitenführungskräfte vorhanden, um das Fahrzeug lenkfähig und damit stabil zu halten.

Wird aufgrund zu hoher Bremskräfte der instabile Bereich der μ - λ -Kurve (ca. 30 % bis 100 %) erreicht, wird das Rad überbremst und blockiert (100 % Schlupf). Die Lenkfähigkeit geht nahezu vollständig verloren.

Damit dies nicht eintritt, wird der Kraftschluss durch das ABS-System zwischen 10 % und 30 % Schlupf geregelt.

Vereinfachte theoretische Grundlagen ASR

Der Antriebsschlupf (λ_{an})

Ähnlich wie beim Bremsen ist die vom Reifen auf die Fahrbahn übertragbare Antriebskraft abhängig vom Schlupf zwischen Reifen und Fahrbahn.

Der Antriebsschlupf ist die prozentuale Gegenüberstellung der Radgeschwindigkeit zur Fahrzeuggeschwindigkeit und wird definiert durch die Gleichung:

$$\lambda_{an} = \frac{V_R - V_F}{V_R} \times 100 (\%)$$

V_R = Radgeschwindigkeit

V_F = Fahrzeuggeschwindigkeit

Der Antriebs-Kraftschlussbeiwert (μ_{an})

Der Antriebs-Kraftschlussbeiwert und damit die übertragbare Antriebskraft ist von den gleichen Faktoren abhängig, wie schon der zuvor beschriebene Bremskraftbeiwert.

Bei stark durchdrehenden Rädern ($\lambda_{an} = 100 \%$) sinkt der Kraftschluss erheblich unter den Maximalwert. Auch der Seitenführungskraftbeiwert fällt mit zunehmendem Antriebsschlupf ab und ist bei durchdrehenden Rädern nur noch vernachlässigbar klein.

Die ASR-Regelung

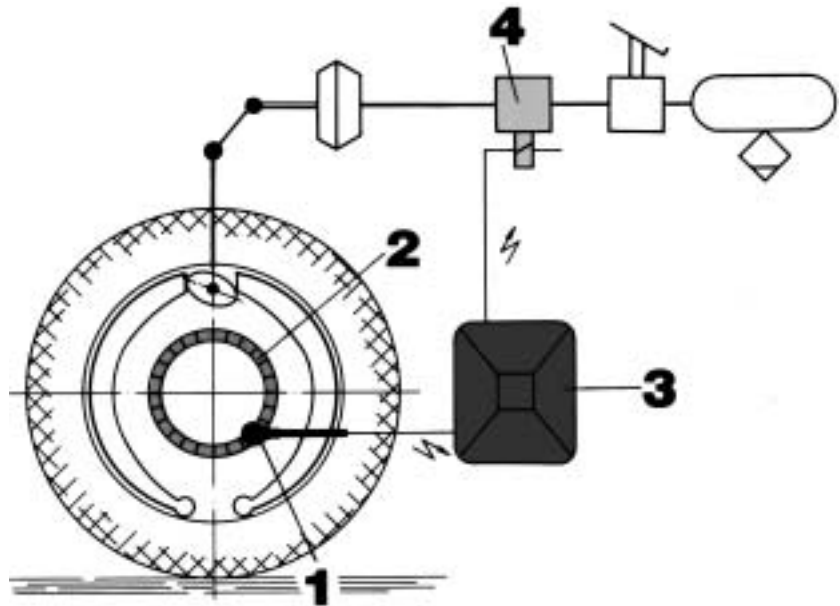
Antriebsschlupfregler beeinflussen die Beschleunigungsvorgänge nur, wenn bestimmte Schwellenwerte des Radschlupfes bzw. der Radbeschleunigung überschritten werden.

Elektronisch gesteuerte Magnetventile bremsen das betreffende Rad dosiert ein oder senken die Motorleistung, bis der stabile Kraftschlussbereich wieder erreicht ist.

Bei der weiteren Regelung wird das Rad in einem möglichst engen Schlupfbereich in der Nähe des maximalen Kraftschlusses gehalten.

Ein ABS-Regelkreis

Aufbau



1 = Sensor, 2 = Polrad, 3 = Elektronik, 4 = Magnetventil

Wirkungsweise

Der feststehende, mit der Achse verbundene Sensor erfasst mit Hilfe des Polrades kontinuierlich die jeweilige Drehbewegung des Rades. Die im Sensor erzeugten elektrischen Impulse werden an die Elektronik weitergegeben, die daraus die Radgeschwindigkeit ableitet.

Gleichzeitig ermittelt die Elektronik nach einem bestimmten Modus eine Referenzgeschwindigkeit, die der nicht mit gemessenen Fahrzeuggeschwindigkeit annähernd gleichkommt.

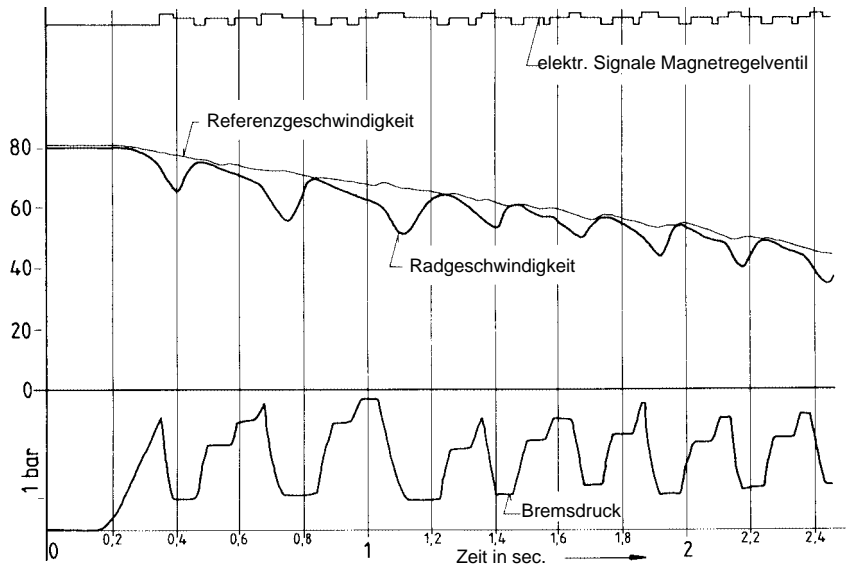
Aus diesen Gesamtinformationen errechnet die Elektronik laufend die Radbeschleunigungswerte (+b) oder die Radverzögerungswerte (-b) sowie den Bremsschlupf.

Beim Überschreiten bestimmter Schlupfwerte wird das Magnetregelventil angesteuert. Hierdurch wird der Druck im Bremszylinder begrenzt oder auch abgesenkt und damit das Rad im optimalen Schlupfbereich gehalten.

Ein ABS-Regelzyklus

Beispiel

Die Aufzeichnung bezieht sich auf die Regelung **eines Rades**. Die Ausgangsgeschwindigkeit des Fahrzeuges beträgt 80 km/h.



Auf der Abszisse sind die Regelzyklen in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen. Im Bereich der Ordinate ist im unteren Drittel der Bremsdruck und im mittleren Drittel die Referenz- und Radgeschwindigkeit angegeben. Die Impulse des Magnetventiles befinden sich im oberen Drittel.

Der Regelvorgang

Der Fahrer betätigt die Bremsanlage. Der Bremsdruck steigt. An dem betrachteten Rad nimmt die Radgeschwindigkeit plötzlich deutlich stärker ab als die Referenzgeschwindigkeit. Obwohl sich das Rad dabei noch im stabilen Bremsbereich (d.h. zwischen 10 und 30 % Bremschlupf) befindet, beginnt die Elektronik bereits mit der Regelung:

Durch entsprechende Ansteuerung senkt das ABS-Magnetventil den Druck im Bremszylinder dieses Rades schnell ab, das Rad beginnt wieder zu beschleunigen.

Die Elektronik sorgt für eine Umsteuerung des Magnetregelventils, wodurch der Bremsdruck konstant gehalten wird, bis das Rad wieder im stabilen Schlupfbereich läuft.

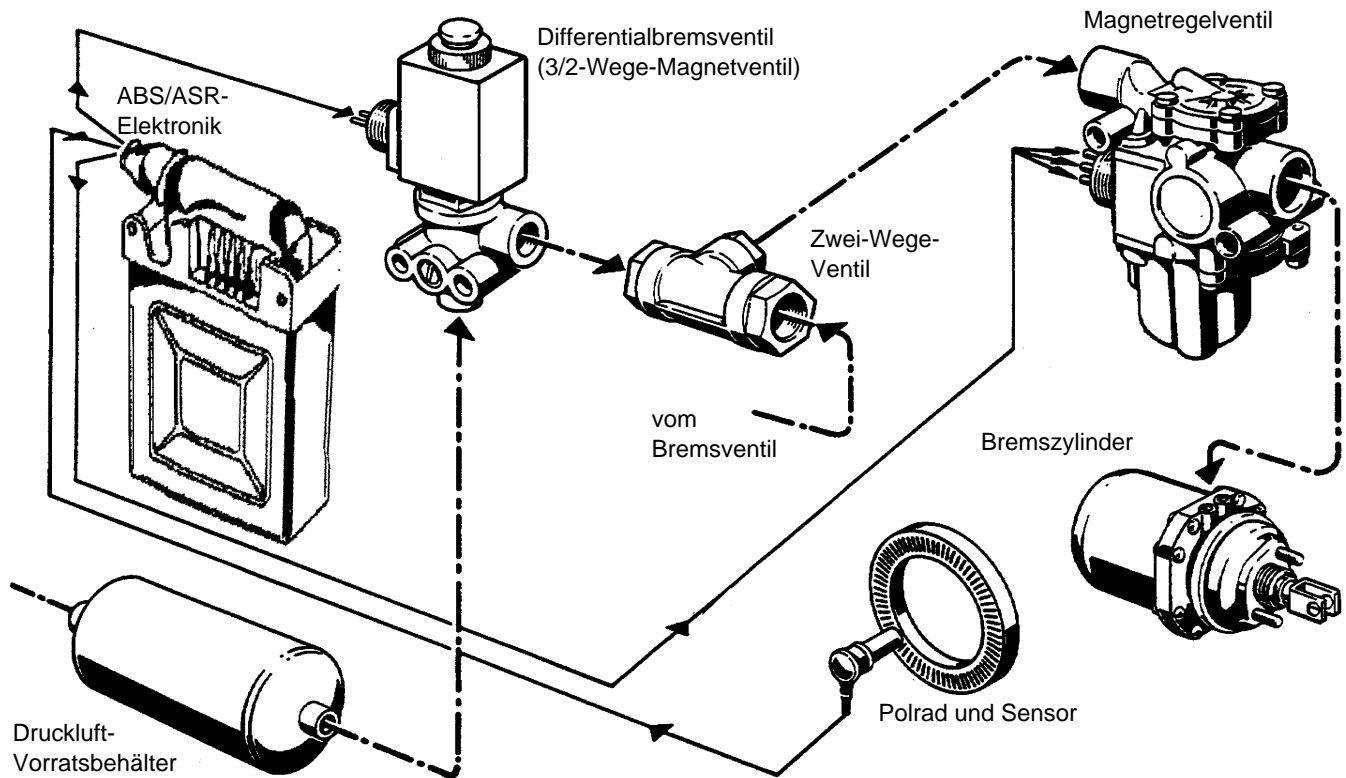
Kann nun wieder mehr Bremskraft übertragen werden, wird durch Pulsen (d.h. abwechselndes Druck-Halten und Druck-Erhöhen) der Bremsdruck wieder erhöht. Sollte die Radgeschwindigkeit gegenüber der Referenzgeschwindigkeit dabei wieder deutlich abfallen, beginnt ein neuer Regelzyklus.

Dieser Vorgang wiederholt sich solange, wie das Bremspedal für diese Fahrbahnbedingung zu stark betätigt bleibt oder bis das Fahrzeug steht. Die maximal erreichbare Regelfrequenz beträgt dabei 3 bis 5 Zyklen pro Sekunde.

Differential-Bremsregelung

Sofort mit Einschaltung der Zündung und Fahrzeugstart überwacht die Elektronik das Drehverhalten aller Räder oberhalb einer Radgeschwindigkeit von ca. 2 km/h.

Die Geschwindigkeiten und Beschleunigungen der Antriebsräder werden mit denen der nicht angetriebenen diagonalen Vorderräder verglichen.



Funktion

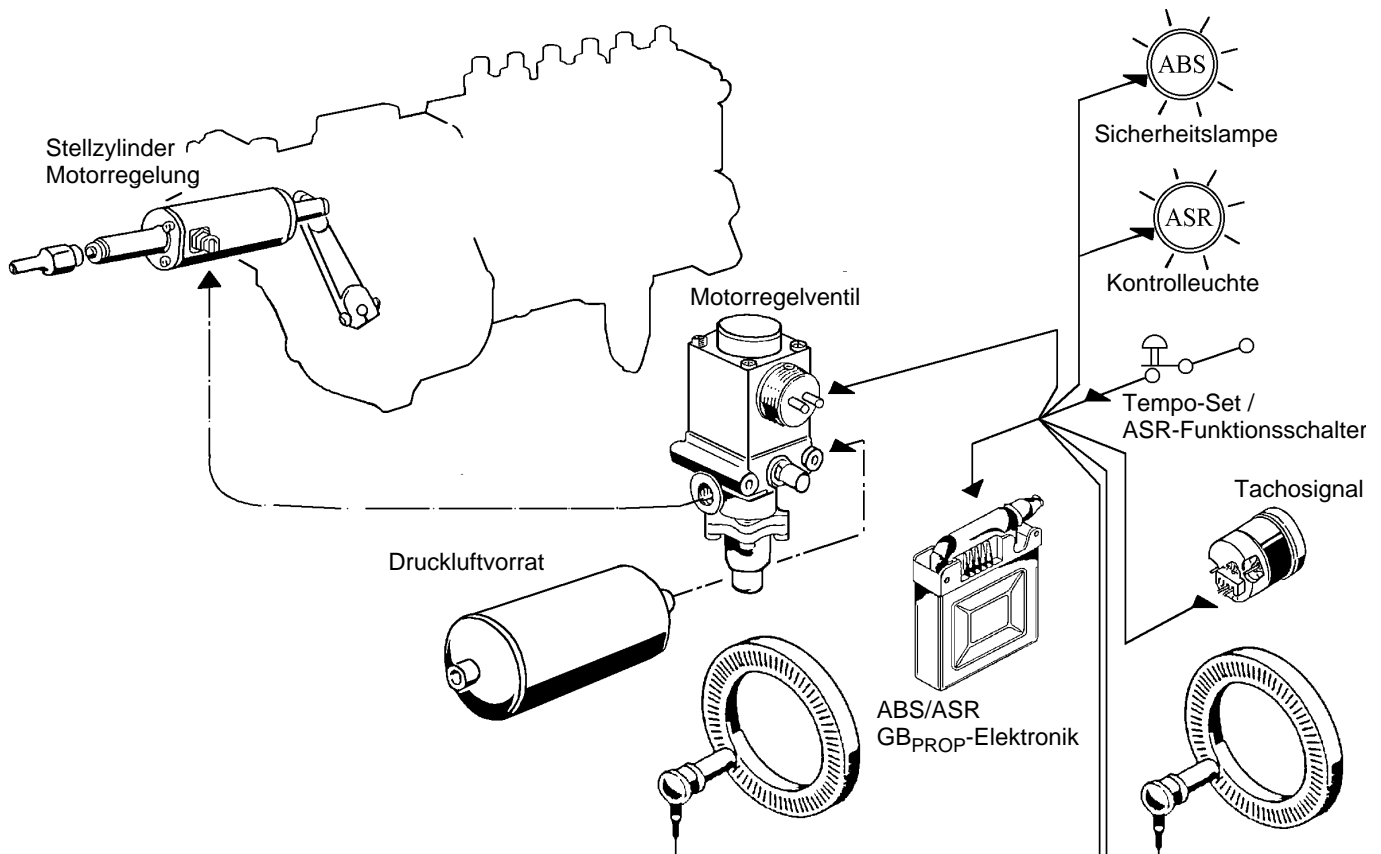
Beim Überschreiten einer bestimmten Geschwindigkeitsdifferenz bzw. Schlupfschwelle setzt die ASR-Regelung ein.

Sobald ein Antriebsrad bei der Beschleunigung die Schlupfschwelle überschreitet, steuert die Elektronik das zugehörige Differentialbremsventil an und damit Bremsdruck in den zugehörigen Betriebsbremszylinder.

Das Motorantriebsmoment kann sich jetzt an diesem eingebremsten Rad abstützen, wodurch die Antriebskraft am anderen Rad ähnlich wie bei eingelegerter Differentialsperre steigt.

Motor-Regelung

Sobald beide Antriebsräder durchdrehen oder der Schlupf eines durchdrehenden Rades einen Schwellenwert überschreitet, wird von der Differentialbremsregelung auf die Motor-Regelung umgeschaltet und die Motorleistung reduziert. Die Differential-Bremsregelung wird nur noch zum Synchronisieren der Räder eingesetzt. Bei Fahrzeug-Geschwindigkeiten über 50 km/h wird nur noch die Motor-Regelung verwendet.



Funktion

Dazu steuert die Elektronik das Proportionalventil an, das über den ASR-Stellzylinder den Verstellhebel der Einspritzpumpe in Richtung Leerlaufstellung bewegt, auch wenn der Fahrer das Fahrpedal weiterhin betätigt.

Sobald die Räder durch die Bremswirkung des Motors die Schlupfschwelle wieder unterschreiten, entlüftet das Proportionalventil den Stellzylinder wieder. Dadurch steigt die Motorleistung wieder bis zu der vom Fahrer mit dem Gaspedal gewählten Höhe, oder bis ein erneutes Abregeln stattfindet.

Hinweis

Diese Funktion kann auch als integrierter Geschwindigkeitsbegrenzer (**GB_{Prop}**) verwendet werden und erfüllt die an Geschwindigkeitsbegrenzer gestellten gesetzlichen Forderungen.

Einsatz von Differential-Brems- und Motor-Regelung

Auf winterlichen Straßen variieren meist die Reibwerte. Infolgedessen ergänzen sich Motor- und Differential-Bremsregelung.

Auf einer gleichmäßigen Fahrbahnoberfläche wird die Regelung vor allem über die Verringerung der Motordrehzahl geleistet, und die Differential-Bremsregelung beschränkt sich darauf, die Antriebsräder zu synchronisieren.

Auf seitenweise unterschiedlichen Reibwerten kommt primär die Differential-Bremsregelung zum Einsatz und gibt Druck nur auf den Bremszylinder des durchdrehenden Rades. Das Antriebsmoment wird somit auf das andere Rad übertragen.

Um ein Überhitzen der Radbremse zu vermeiden, wird der Differentialbrems-Schwellenwert ab ca. 35 km/h linear erhöht, so dass der Schlupf mehr und mehr durch die Regelung der Motordrehzahl geregelt wird. Über 50 km/h wird keine Diff-Regelung mehr eingeleitet.

ASR-Motor-Regelung in Fahrzeugen mit E-Gas

Besonders für Kraftomnibusse, aber zunehmend auch für andere Kraftfahrzeuge werden elektronische Motorsteuerungen eingesetzt. Es entfällt dann das mechanische Gestänge zwischen Fahrpedal und Einspritzpumpe bis auf eine kurze Verbindung zwischen elektrischem Stellmotor und Pumpenverstellhebel.

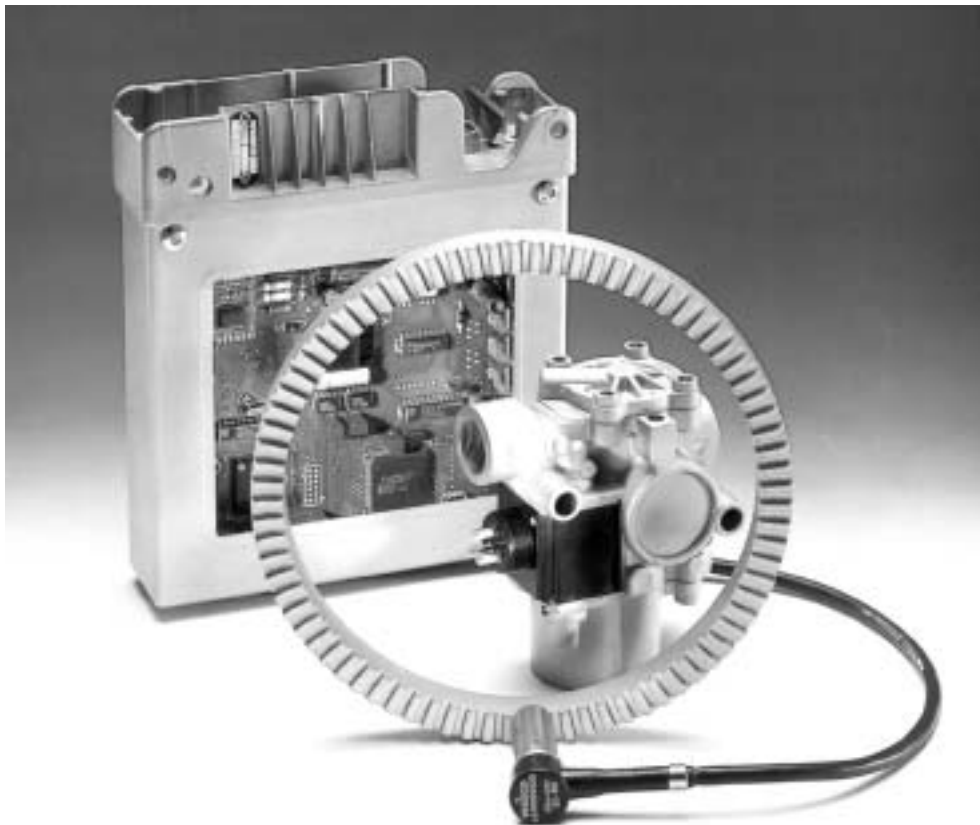
Das mechanische Gestänge wird ersetzt durch einen elektrischen Sollwertgeber am Fahrpedal (Potentiometer) und einen Stellmotor, welcher in der Nähe der Einspritzpumpe angeordnet ist.

Das von der ABS/ASR-Elektronik vorgegebene Regelsignal wird dann mittels digitaler Schnittstelle an die E-Gas-Elektronik weitergegeben, welche nun ihrerseits dem Stellmotor die entsprechenden Steuerbefehle übermittelt.

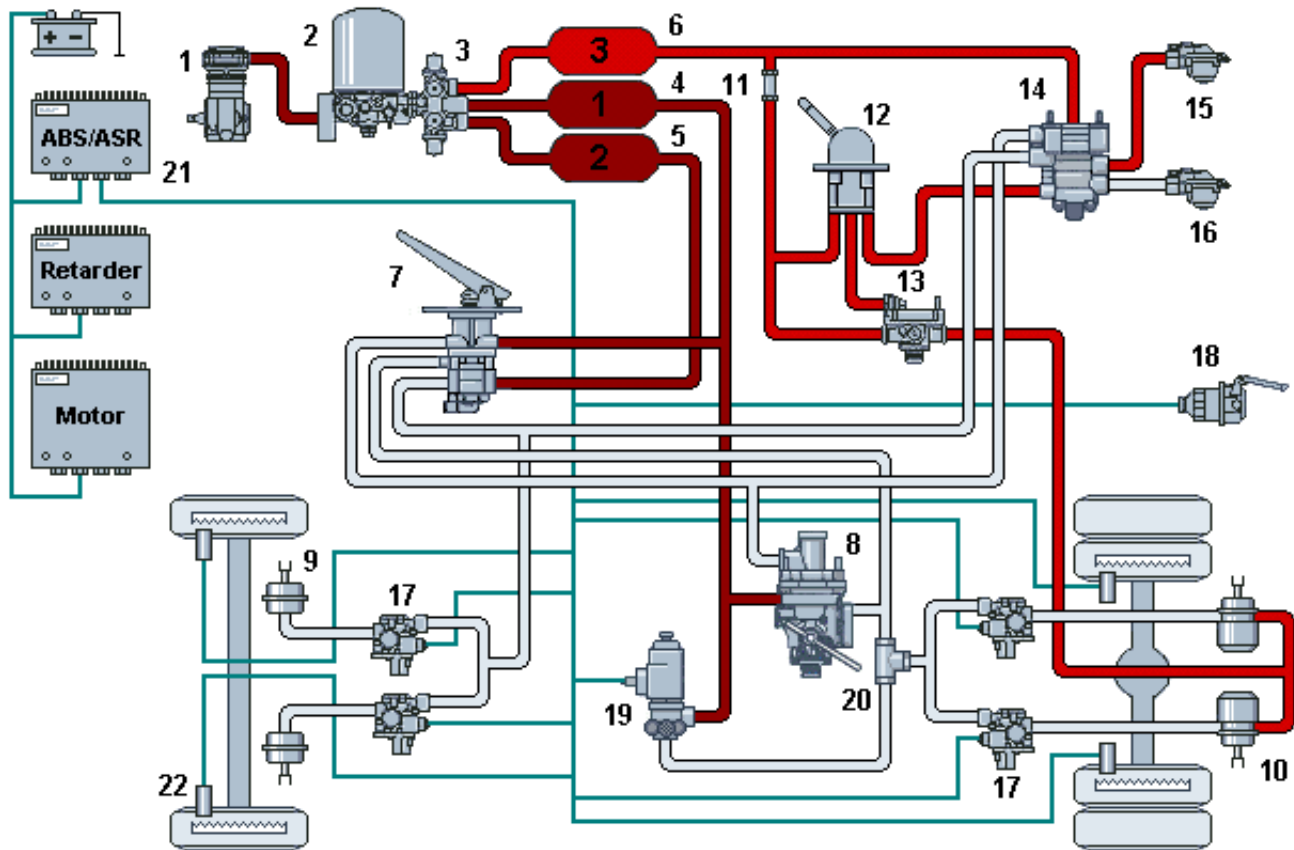
Traktionsmodus und ASR-Gelände-Schalter

Im Tiefschnee oder vergleichbaren Verhältnissen kann die Zugkraft durch Betätigen eines als Option verfügbaren "ASR-Gelände"-Schalters erhöht werden. Wenn dieser Schalter betätigt wird, ändert die Elektronik die Bedingungen (Schlupfswellen) für die ASR-Regelung, um höhere Schlupfverhältnisse zu erlauben.

Um den Fahrer über die unter Umständen nun verringerte Stabilität zu informieren, blinkt bei betätigtem Schalter die ASR-Lampe in gleichmäßigen Zyklen.

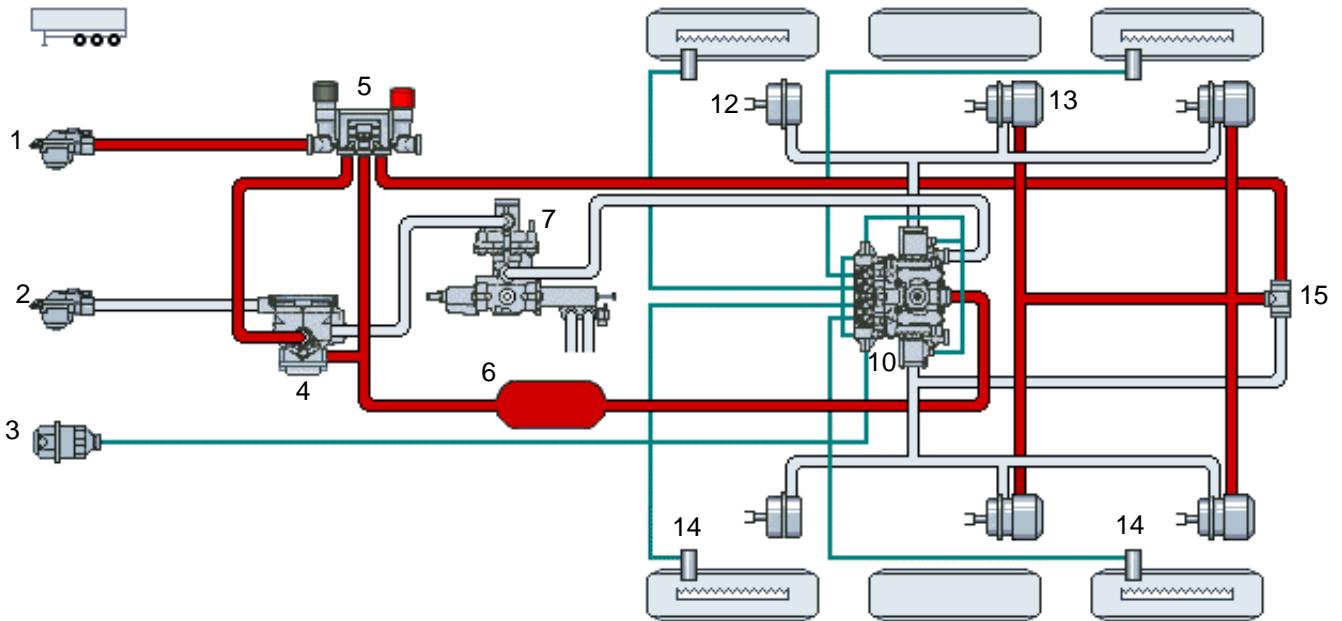


Aufbau einer EG-Druckluft-Bremsanlage mit ABS und ASR im Motorwagen

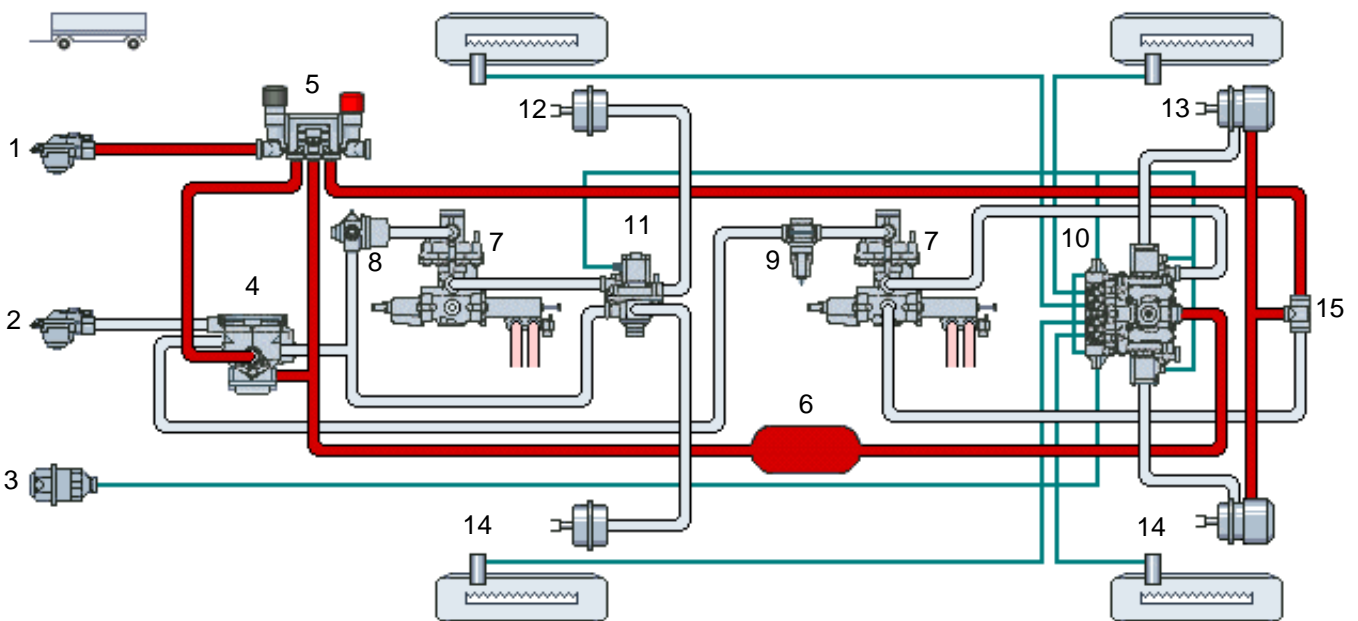


- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1 Kompressor | 12 Handbremsventil |
| 2 Lufttrockner mit Druckregler | 13 Relaisventil |
| 3 Vierkreis-Schutzventil | 14 Anhängersteuerventil |
| 4 Luftbehälter Kreis 1 | 15 Kupplungskopf "Vorrat" |
| 5 Luftbehälter Kreis 2 | 16 Kupplungskopf "Bremsen" |
| 6 Luftbehälter Kreis 3 | 17 ABS-Magnetregelventil |
| 7 Motorwagenbremsventil | 18 ABS-Steckverbindung |
| 8 ALB-Regler | 19 ASR-Magnetventil |
| 9 Membranzylinder VA | 20 Zweiwegeventil |
| 10 Tristop-Zylinder HA | 21 ABS/ASR-ECU (D-Version) |
| 11 Rückschlagventil | 22 ABS-Sensoren |

Aufbau einer EG-Druckluft-Bremsanlage mit ABS im Anhänger / Sattelanhänger



- | | |
|---------------------------------|--|
| 1 Kupplungskopf "Vorrat" | 9 Druckbegrenzungsventil |
| 2 Kupplungskopf "Bremsen" | 10 VCS-ABS-Elektronik mit
ABS-Boxerrelaisventil |
| 3 ABS-Steckverbindung | 11 ABS-Relaisventil Lenkachse |
| 4 Anhängerbremsventil | 12 Membranzylinder |
| 5 Doppel-Löseventil (BBA / FBA) | 13 Tristop-Zylinder |
| 6 Luftbehälter | 14 ABS-Sensor |
| 7 ALB-Regler | 15 Zweiwegeventil |
| 8 Anpassungsventil | |



Elektronisches Steuergerät 446 003/004 ... 0 im Motorwagen

Aufgabe

Das elektronische Steuergerät (auch ECU = Electronic Control Unit genannt) errechnet aus den Sensorsignalen die Fahrzeug- und Radschwindigkeiten sowie die Radverzögerungen und -beschleunigungen. Bei Bedarf steuert es Magnetventile an, um das Blockieren der Fahrzeugräder zu verhindern.

Wirkungsweise

Die 4- und 6-Kanal-Elektroniken sind zweikreisig aufgebaut. Jeder Kreis überwacht zwei (bei 6-Kanal-ECU 3) diagonale Fahrzeugräder und lässt sich in vier Funktionsgruppen unterteilen:

Elektronik der A-/B-Generation



- Eingangsschaltkreis
- Hauptschaltkreis
- Sicherheitsschaltung
- Ventilansteuerung

Im **Eingangsschaltkreis** werden die von den Drehzahlsensoren erzeugten Signale gefiltert und in digitale Informationen umgewandelt.

Elektronik der C-Generation



Der **Hauptschaltkreis** besteht aus einem Mikrocomputer. Mit Hilfe eines komplexen Programms werden die Regelsignale berechnet und logisch verknüpft sowie die Stellsignale an die Ventilansteuerung ausgegeben.

Die in jedem Kreis eigenständige **Sicherheitsschaltung** beinhaltet im wesentlichen den Sicherheitsrechner und überprüft bei Fahrtantritt und während der Fahrt die gesamte ABS-Anlage, d.h. die Sensoren, Magnet-Regelventile, Elektronik und Verkabelung.

Elektronik der D-Generation



Sie signalisiert dem Fahrer evtl. auftretende Fehler durch eine Warnlampe und schaltet die Regelung eines Rades oder beider diagonalen Räder, in bestimmten Fällen das gesamte ABS, ab. Die Bremsanlage bleibt dabei voll funktionsfähig, lediglich der Blockierschutz und die ASR entfällt teilweise oder vollständig.

In den Elektroniken der C- und D-Generation werden erkannte Fehler zu Diagnosezwecken dauerhaft abgespeichert. Ein Auslesen und Löschen des Fehlerspeichers ist über die Diagnose-Verbindung (nach ISO-Norm) oder eine Blink-Code-Reizung möglich.

D-Basic-Elektronik



Die **Ventilansteuerungen** enthalten Leistungstransistoren (Endstufen), die durch die vom Hauptschaltkreis kommenden Signale angesteuert werden und den Strom, für die Betätigung der Regelventile schalten.

Ausführungsarten

Die Elektroniken werden in **4-Kanal- (446 004 ... 0)** und **6-Kanal-Bauweise (446 003 0.. 0)** für 24 Volt- bzw. 12-Volt-Bordspannung geliefert. Für kombiniert gebremste Fahrzeuge (Air Over Hydraulic bzw. AOH-Anlagen) mit nur einem Vorspannzylinder an der Lenkachse werden außerdem spezielle 4S/3M-Elektroniken angeboten, d.h. die Vorderachse mit nur einem Magnetventil geregelt.

Die Regelung der nicht gelenkten Achse(n) erfolgt individuell (IR). Die Lenkachse wird modifiziert-individuell (MIR) geregelt. Dagegen wird an der Lenkachse von Fahrzeugen mit 4S/3M-Elektronik die Modifizierte Achs-Regelung (**MAR**, vgl. Anhänger-ABS) eingesetzt.

In den früheren **A- und B-Generationen** wurden die Elektroniken **sowohl im Motorfahrzeug als auch im Anhänger-ABS** eingesetzt. Mit Einführung der **ABS-C-Generation** unterscheidet man wegen der realisierten Sonderfunktionen (z.B. ASR, GB_{Prop}) **zwischen Motorwagen-Elektroniken und Anhänger-Elektroniken (VARIO-C bzw. VCS-Anlagen)**.

Kompatibilität

Die Elektroniken der B- und 4-Kanal-C-Generation (35-poliger Stecker) sind jeweils abwärts kompatibel.

Für die 6-Kanal-C-Generation war der Einsatz eines 54-poligen Elektroniksteckers erforderlich. Für Diagnosezwecke existieren Adapterstecker von 35- auf 54-polige Steckverbindung.

Die Steuergeräte der D-Generation sind nicht abwärts-kompatibel, da sich der Kabelbaum und das Steckerkonzept (modularer Aufbau) geändert haben.

Einbau

Der Einbau der Elektronik erfolgt geschützt im Fahrerhaus. Bei Anhängern wurde die Elektronik in einem speziellen Schutzgehäuse am Fahrzeug-Rahmen montiert.

Prüfung

Die Elektronik sowie die angeschlossenen Magnetventile, Sensoren und die Verkabelung werden durch die integrierte Sicherheitsschaltung überprüft und Fehler angezeigt.

Eine darüber hinausgehende Überprüfung des elektronischen Steuergerätes selbst ist nur auf einem speziellen Prüfstand im Herstellerwerk möglich.

Hinweis

Zum Aus- und Einbau der Elektronik, d.h. zum Abnehmen oder Aufsetzen des Elektroniksteckers grundsätzlich die Zündung ausschalten!

VARIO-C-Steuergerät für Anhänger-ABS 446 105 ... 0

Aufbau

Das elektronische Steuergerät des VARIO-C-ABS für Anhängerfahrzeuge basiert auf demselben Stand der Elektroniktechnologie, wie das Steuergerät der C-Version für Motorwagen, ist aber für die speziellen Bedingungen in Anhängern entwickelt.

Dazu gehören die Eignung für Montage am Fahrzeugrahmen, die Auslegung als modularer Systembaukasten mit bis zu 6 Sensoren und 3 Magnetventilen (6S/3M) sowie die Erkennung von max. zwei Liftachsen.

Wirkungsweise



Die VARIO-C-Elektronik ist einkreisig aufgebaut und, wie die bereits beschriebenen Elektroniken, unterteilt in vier Schaltkreise:

- Eingangsschaltkreis
- Hauptschaltkreis
- Sicherheitsschaltung
- Ventilansteuerung

Sie verarbeitet die Signale von **drei Funktionsgruppen mit je zwei Sensoren und je einem Magnetventil**, deren Vorhandensein automatisch erkannt wird. Erkannte Fehler werden auch hier zu Diagnosezwecken dauerhaft abgespeichert. Das Auslesen und Löschen des Fehlerspeichers ist über eine Blink-Code-Reizung bzw. über die ISO-Diagnoseverbindung möglich.

Ausführungsarten

Die Elektroniken werden für 24 Volt- oder für 12 Volt-Bordspannung geliefert.

Neben einer **Standard-ECU** für den jeweiligen Spannungsbereich, die alle möglichen Systeme von 2S/1M bis 6S/3M realisieren kann, gibt es jeweils noch **eine unterbestückte Ausführung** speziell für Sattelanhänger, mit der allerdings nur die Systeme 4S/2M und kleiner geregelt werden können.

Eine spezielle Elektronik (**VARIO-C plus**) kann wahlweise mit ABS-Magnet-Relaisventilen oder ABS-Magnetregelventilen (auch achsweise gemischt) betrieben werden.

Prüfung

Für die Prüfung gelten die gleichen Hinweise, wie schon bei den Motorwagen-Elektroniken.

VARIO Compact ABS (VCS) für Anhänger (446 108 ... 0 bzw. 400 500 ... 0)**Aufbau**

Das elektronische Steuergerät des VARIO-COMPACT-ABS ist eine Weiterentwicklung des bewährten VARIO-C ABS und baut auf dessen erprobten System auf.

VCS ist ein einbaufertiges ABS-System für Anhängerfahrzeuge, das alle gesetzlichen Anforderungen der Kategorie A erfüllt.

Ausführungsarten**400 500 ... 0**

Entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen der Fahrzeughersteller ist VCS als **Kompakt-Einheit** (Steuergerät mit angebauten und verkabelten Magnetventilen) verfügbar **bzw. in der getrennten Bauweise** d. h. die Elektronik und die Magnetventile werden separat verbaut.

Aussenliegende Stecker und die neuartigen Kabel-Steckverbindungen machen das Öffnen der Elektronik bei Einbau oder Diagnose nicht mehr notwendig.

446 108 ... 0

Die Systempalette reicht vom 2S/2M-System für Sattelaufleger bis zu einem 4S/3M-System für Deichselanhänger oder Sattelanhänger mit Lenkachsen.

Wirkungsweise

Die VCS-Elektronik ist einkreisig aufgebaut und mit ein, zwei oder drei Regelkanälen, wie die bereits beschriebenen Elektroniken, unterteilt in vier Schaltkreise:

- Eingangsschaltkreis
- Hauptschaltkreis
- Sicherheitsschaltung
- Ventilansteuerung

Erkannte Fehler werden auch hier zu Diagnosezwecken dauerhaft abgespeichert. Das Auslesen und Löschen des Fehlerspeichers ist über eine Blink-Code-Reizung bzw. über die ISO-Diagnoseverbindung möglich.

Prüfung

Für die Prüfung gelten die gleichen Hinweise, wie schon bei den zuvor beschriebenen Elektroniken.

Stabsensor 441 032 ... 0 und Polrad

Aufgabe

Stabsensor und Polrad erfassen die Drehbewegung des Rades. Die Polräder für mittlere und schwere Nutzfahrzeuge haben 100 Zähne. Bei Rädern mit kleinem Abrollumfang werden auch Polräder mit 80 Zähnen verwendet. Wegen der diagonalen Referenzgeschwindigkeitsbildung in der Elektronik muss das Verhältnis von Zähnezahl und Radumfang an Vorder- und Hinterrädern bis auf wenige Prozent gleich sein.

Wirkungsweise

Der induktiv arbeitende Stabsensor besteht im wesentlichen aus einem Dauermagneten mit einem runden Polstift und einer Spule. Durch die Drehbewegung des mit der Radnabe verbundenen Polrades wird der von der Sensorspule erfasste magnetische Fluss geändert und dadurch eine Wechselspannung erzeugt, deren Frequenz proportional der Radgeschwindigkeit ist.

Ausführungsarten



Der Stabsensor ist speziell für die erhöhten Anforderungen im Nutzfahrzeug entwickelt. Hohe Temperaturbeständigkeit und Vibrationsfestigkeit gewährleisten seine Betriebssicherheit auch in Extremfällen.

Durch eine Modifikation des inneren Sensoraufbaues wurde die Ausgangsspannung neuerer WABCO-Sensoren bei gleicher Radgeschwindigkeit erhöht. Dadurch wird auch bei vergrößerten Luftspalten der ABS- und ASR-Betrieb noch bei sehr kleinen Radgeschwindigkeiten sichergestellt. Diese Sensoren sind auf dem Sensorkopf mit einem "K" bzw. "S" oder "S+" gekennzeichnet. Sie sind systemkompatibel und können im Austausch mit alten Sensoren verwendet werden.

Seit Einführung des VARIO-B-Verkabelungssystems bietet WABCO Sensorausführungen mit angespritzter Kupplungsdose an, die mit speziellen Sensorverlängerungskabeln unterschiedlicher Länge besonders die Ausrüstung von Anhängfahrzeugen vereinfachen.

Sensor-Einbau



Der Sensor wird über die **Klemmbuchse 899 760 510 4** (CuBe) bzw. **899 759 815 4** (CrNi) in einer Bohrung im Achsschenkel oder in einem speziellen Sensorhalter verschiebbar geklemmt.

An der Vorderachse wird der Sensor bei **montiertem** Rad von Hand bis zum Anschlag in die Klemmbuchse geschoben. An der **Hinterachse bzw. an Anhängerrachsen** wird der Sensor bei **demontierter** Radnabe bis zum Anschlag in die Klemmbuchse geschoben und durch Aufsetzen der Radnabe soweit herausgedrückt, dass der Sensor am Polrand anliegt.

Hinweis

Das Einstellen eines Mindestluftspaltes für den Sensor ist nicht erforderlich, da er sich, bedingt durch das Radlagerspiel, bei den ersten Radumdrehungen selbständig einstellt.

Beispiel für Sensoreinbau an Anhängerrachse



Schmiermittel

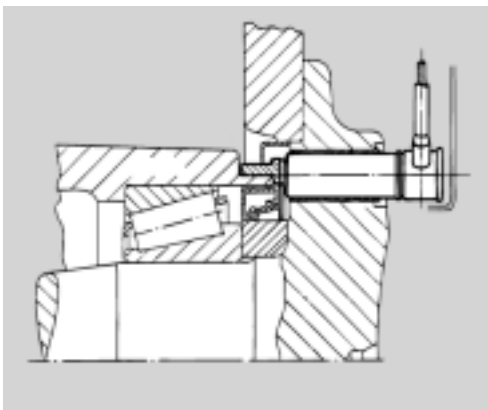
Bei Adaptionen, die verstärkter Verschmutzung ausgesetzt sind, wird empfohlen, Klemmbuchse und Sensor mit einem temperatur- und spritzwasserfesten Fett einzusetzen, um die Achsschenkelbohrung vor Korrosion und Schmutzeindringen zu schützen.

Wir empfehlen: "**Klueber Staburags NBU 30 PTM**"

1 kg Dose Best.-Nr. 830 502 063 4

8 g Tube Best.-Nr. 830 502 068 4

Wartung



Neben der regelmäßigen Kontrolle des Radlagerspiels sollte bei Arbeiten an der Radbremse der Sensor wieder **von Hand** bis zum Anschlag hineingeschoben werden.

Zum Nachsetzen des Sensors (bei zu großem Luftspalt) keinesfalls Gewalt anwenden oder ungeeignetes Werkzeug wie spitze oder scharfe Gegenstände benutzen, um Beschädigungen der Sensorkappe zu vermeiden!

Beim Austausch eines Sensors wird empfohlen, die Klemmbuchse mit auszuwechseln.

Prüfung

Widerstand der Sensorspule, richtige Einstellung des Luftspaltes sowie die Zuordnung Sensor/Rad können mit PC-Diagnose oder Diagnostic-Controller geprüft werden.

ABS-Magnetventile 472 195 ... 0

Aufgabe



Magnetregelventile haben die Aufgabe, während eines Bremsvorganges eine Anpassung des Bremszylinder-Druckes in Abhängigkeit von den Regelsignalen der Elektronik vorzunehmen. An der Antriebsachse werden sie außerdem für die ASR-Differentialbremsregelung verwendet.

Sie ermöglichen die drei ABS-Funktionen

- Druckaufbau
- Druckhalten
- Druckabbau

Ausführungsarten

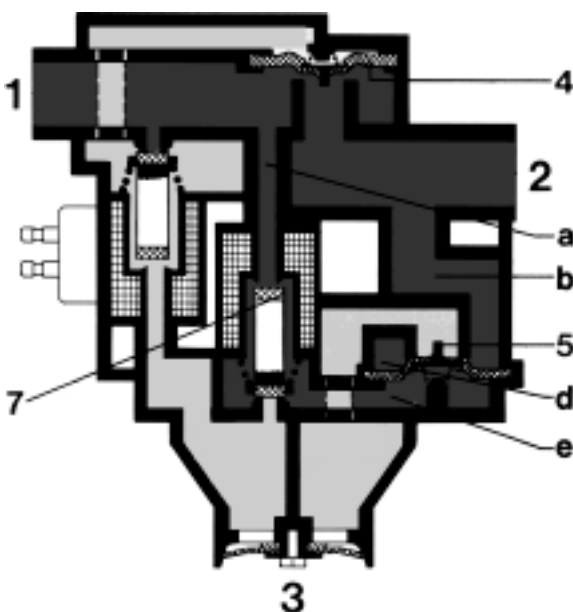
Magnetregelventile sind für 24 Volt und auch für 12 V Bordnetz-Spannung lieferbar.

Die unterschiedlichen Ausführungsarten ergeben sich aus der Form des Anschlussgewindes (metrisches Gewinde, Zollgewinde, Stufenbohrung für Voss-Steckverbinder) und der Befestigung des Anschlusssteckers (Kostal-Schraubstecker, Bajonett-Verriegelung oder Schnapp-Anschluss). Für Sonderfahrzeuge ist auch eine watfähige Ausführung erhältlich.

Wirkungsweise

Das Gerät besteht aus einem Doppelmagneten und zwei Membranteilen. Die sehr schnellen Magnetventile schalten lediglich den Druck in den Vorsteuerkammern der Membranen. Diese steuern dann über entsprechende Querschnitte den Bremszylinderdruck.

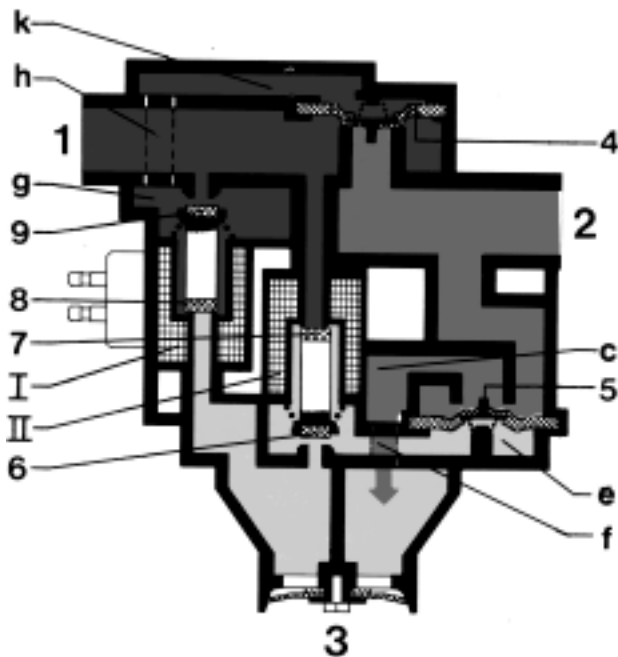
a. Druckaufbau



Beide Magneten (I und II) sind nicht betätigt (Ruhestellung).

Der am Anschluss **(1)** eintretende Druck öffnet sofort die Einlassmembran **(4)**. Durch die damit verbundene Belüftung des Raumes **(b)** strömt die Druckluft über den Anschluss **(2)** zum Bremszylinder und in den Ringkanal **(d)** oberhalb der Auslassmembran **(5)**. Gleichzeitig gelangt Druckluft durch den Kanal **(a)** über das geöffnete Ventil in den Raum **(e)** unterhalb der Auslassmembran **(5)**. Soweit keine Ansteuerung erfolgt, steuert das Magnetregelventil auch nicht um. Jede Druckerhöhung im Anschluss **(1)** wird über den Anschluss **(2)** weitergegeben. Umgekehrt ist es auch bei jeder Drucksenkung.

b. Druckabbau

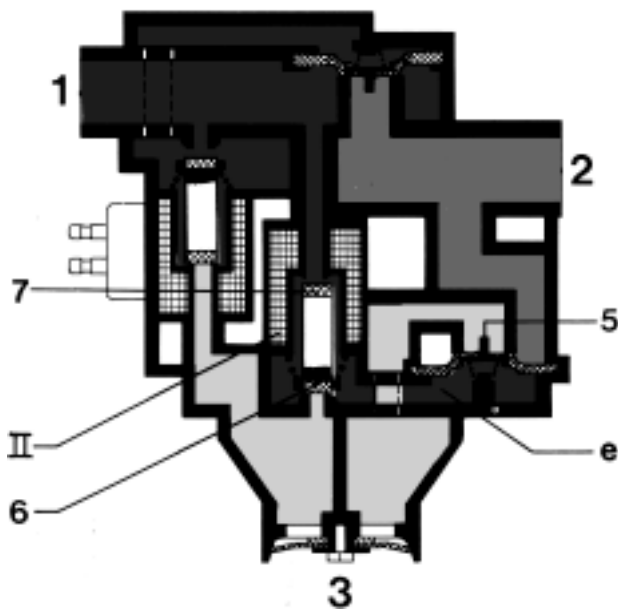


Beide Magnetventile (I und II) werden betätigt. Durch den Magneten I (EV) wird das Ventil (8) geschlossen und das Ventil (9) geöffnet. Die im Anschluss (1) stehende Druckluft gelangt dadurch über den Raum (g), den Kanal (h), in den Raum (k) und schließt dort die Einlassmembran (4).

Der Magnet II (AV) schließt das Ventil (7) und öffnet das Ventil (6). Hierdurch baut sich der Druck im Raum (e) über die Entlüftung (3) ab. Die Auslassmembran (5) öffnet.

Der am Anschluss (2) stehende Bremsdruck entweicht über den Raum (c), den Kanal (f), an der Entlüftung (3) solange ins Freie, bis das Magnetventil umgesteuert wird.

c. Druckhalten



Nur noch Magnet I (EV) wird betätigt. Durch Abschalten des Magneten II (AV) wird das Ventil (6) geschlossen und das Ventil (7) geöffnet. Hierdurch strömt der im Anschluss (1) vorhandene Druck wieder in den Raum (e) und schließt die Auslassmembran (5). Das Magnetregelventil gelangt dadurch in die "Druckhaltestellung".

Wartung

Eine besondere Wartung, die über die gesetzlich vorgeschriebenen Untersuchungen hinausgeht, ist nicht erforderlich.

Prüfung

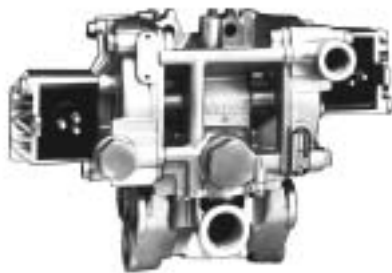
Widerstand der Magnetspulen, richtige Funktion von Einlass- und Auslassmagnet und richtige Radzuordnung können mit PC-Diagnose oder Diagnostic Controller geprüft werden.

ABS-Magnet-Relaisventil 472 195 02. 0 bzw. 472 195 04. 0

Aufgabe



472 195 02. 0



472 195 04. 0

472 195 02. 0 472 195 04. 0

Das ABS-Relaisventil wird im Anhänger-ABS VARIO-C eingesetzt und hat die Aufgabe, bei ABS-Regelungen den Bremszylinderdruck zu steuern.

Es ermöglicht die drei ABS-Funktionen

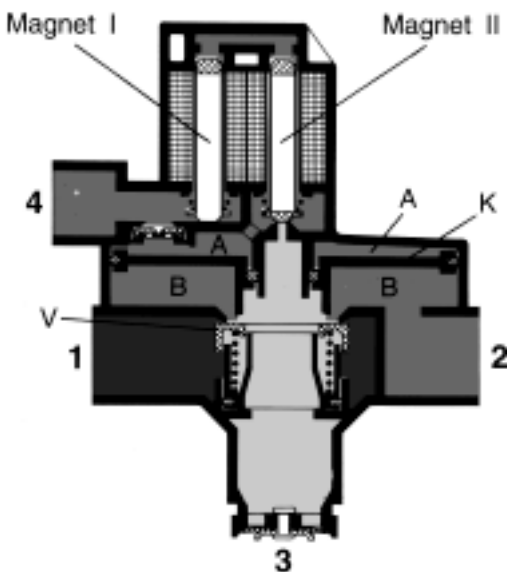
- Druckaufbau
- Druckhalten
- Druckabbau

Im nicht betätigten Zustand (Magnete stromlos) hat das Gerät die Funktion eines Relaisventiles und dient zur schnellen Be- und Entlüftung der Bremszylinder.

Ausführungsarten

Das ABS-Magnet-Relaisventil ist lieferbar für 24 V Bordspannung (472 195 020 0) oder 12 V Bordspannung (472 195 021 0). Außerdem gibt es das **Boxerventil** (472 195 04. 0). Darin sind zwei ABS-Relaisventile mit gemeinsamen Anschlüssen für Steuer- und Vorratsdruck zu einem Kompaktventil zusammengefasst.

Wirkungsweise



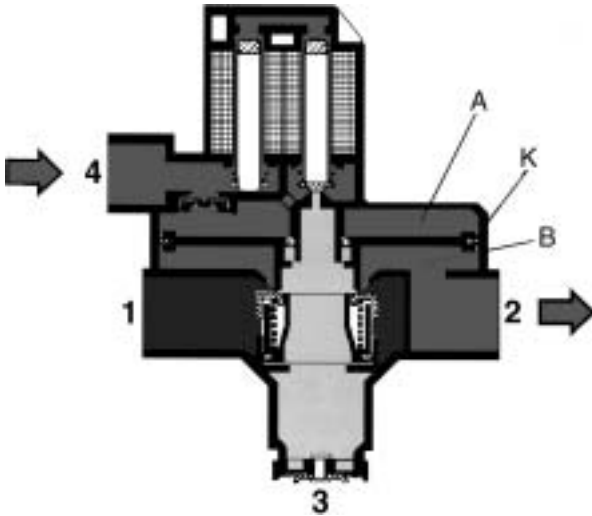
Der über den Anschluss (4) eingesteuerte Druck (z.B. 1 bar) gelangt über die in Ruhestellung befindlichen Ventilmagnete I und II in den oberen Kolbenraum A und drückt den Kolben K nach unten. Der Kolben setzt dabei auf dem Ventil V auf, verschließt den Auslass und öffnet den Einlass. Die am Anschluss (1) anstehende Vorratsluft strömt über Raum B und Anschluss (2) zu den nachgeschalteten Bremszylindern.

Gleichzeitig baut sich im Raum B ein Druck auf, der auf die Unterseite des Kolbens K wirkt. Da obere und untere Seite des Kolbens flächengleich sind, wird sobald der Druck im Raum B gleich dem eingesteuerten Druck im Raum A ist, der Einlass von dem Ventil V geschlossen. Eine Abschlussstellung ist erreicht.

Fällt der Steuerdruck am Anschluss (4), wird der Kolben K vom Druck im Raum B aufwärts bewegt. Der Auslass öffnet und der Druck am Anschluss (2) baut sich in gleicher Höhe über Entlüftung (3) ab.

ABS-Funktionen

a. Druckaufbau



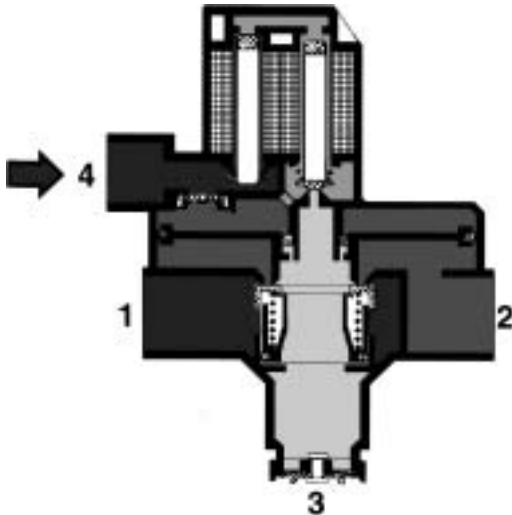
Beide Magneten sind stromlos.

Steuerdruck liegt an Anschluss (4)

Spalt zwischen Ringkolben und Dichtsitz sichtbar

Luft strömt von Anschluss (1) nach (2).

b. Druckhalten



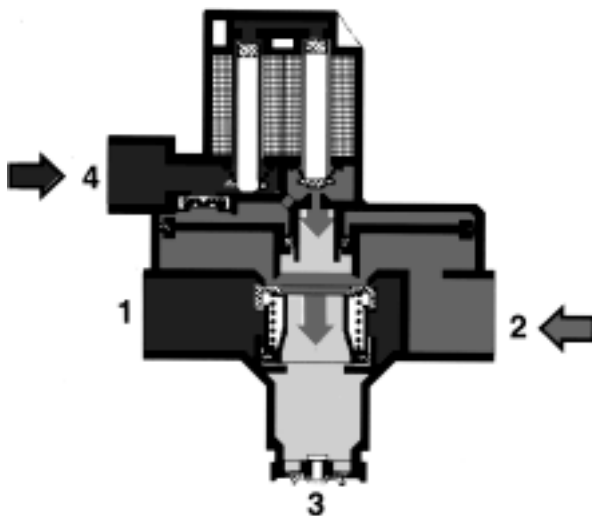
Magnet I ist erregt. Anker hat angezogen. Damit ist (trotz ansteigenden Steuerdruckes) die Luftführung von (4) nach Raum A unterbrochen.

Es stellt sich zwischen Raum A und B Druckgleichheit ein.

Ringkolben liegt auf den Sitzen auf.

Luft kann weder von (1) nach (2) noch von (2) nach außen strömen.

c. Druckabbau



Magnet II ist erregt, der Anker hat angezogen. Magnet I ist wieder in Ruhestellung.

1. Steuerdruck gegen Raum A verschlossen.

2. Die abgehobene Dichtung am Fuß von Magnet II entlüftet Raum A durch die innere Öffnung des Ringkolbens ins Freie.

Dadurch wird der Kolben K angehoben und durch den nun sichtbaren Spalt am Ringkolben entweicht die Luft aus B, Anschluss (2) und dem angeschlossenen Bremszylinder.

Wartung und Prüfung

Wie bei dem bereits zuvor beschriebenem ABS-Magnetregelventil.

Zusätzliche Komponenten für ASR

Differentialbremsventil

472 1.. ... 0



Es wird den Magnetregelventilen vorgeschaltet. Bei Ansteuerung durch die Elektronik steuert es unabhängig vom Motorwagenbremsventil über ein Zweiwegeventil den Luftbehälterdruck zu den ABS-Magnetregelventilen.

Während in der ASR B- und C-Generation für jedes Antriebsrad ein eigenes Differentialabremsventil notwendig war, ist bei der D-Generation nur noch ein Ventil verbaut. Bei einer notwendigen Differential-Bremsregelung steuert dieses dann Vorratsdruck zu den ABS-Magnetventilen beider Antriebsräder. Das ABS-Ventil des Rades, welches nicht angebremsst werden soll, wird dann in die Sperrstellung (Druck halten) geschaltet.

Proportionalventil

472 250 ... 0



Das Proportionalventil ist dem Stellzylinder vorgeschaltet und steuert über den dorthin durchgesteuerten Druck die Stellung des Reglerhebels an der Einspritzpumpe.

Der ausgesteuerte Druck steht in direktem Verhältnis zu dem von der ABS/ASR-Elektronik (mittels Pulsweitenmodulation (PWM) kontrollierten) ausgesteuerten Magnetstrom für das Proportionalventil.

Die geringe Hysterese ermöglicht einen weiten Bereich von Stellzylinder-Drücken, die sowohl sehr schnelle als auch quasi stationäre Verstellbewegungen des Reglerhebels zulassen. Damit kann dieses Gerät neben der ASR-Motorregelung auch für die Geschwindigkeitsbegrenzung (GBProp) eingesetzt werden.

Zweiwegeventil

434 208 ... 0



Das Zweiwegeventil wird zwischen dem Differentialbremsventilen und den ABS-Magnetregelventilen angeordnet. Zweiwegeventile erlauben die wechselseitige Ansteuerung des jeweils nachgeschalteten Magnetregelventils sowohl von der Betriebsbremse als auch von der **ASR-Regelung**.

Die weitere feinfühliges Be- und Entlüftung der nachgeschalteten Bremszylinder übernimmt im Falle eines **ABS- oder ASR-Regelvorganges** das jeweilige ABS-Magnetregelventil.

Während in der ASR B- und C-Generation für jedes Antriebsrad ein eigenes Zweiwegeventil notwendig war, ist bei der D-Generation nur noch ein Ventil verbaut. Bei einer notwendigen Differential-Bremsregelung steuert dieses dann Vorratsdruck zu den ABS-Magnetventilen beider Antriebsräder. Das ABS-Ventil des Rades, welches nicht angebremsst werden soll, wird dann von der ECU in Sperrstellung (Druck halten) geschaltet.

Zweiwegeventil 534 017 ... 0



Um eine wechselseitige Belüftung des Stellzylinders am Reglerhebel vom Motorabstell- und dem Proportionalventil zu ermöglichen, wird ein weiteres Zweiwegeventil mit geringeren Durchgangsquerschnitten zwischen dem Motorabstell- und dem Motorregelventil benötigt.

Hier wird oft die Ausführung 534 017 ... 0 verwendet.

Stellzylinder für mech. Motorregelung 421 44. ... 0



Der Stellzylinder ist im Reguliergestänge zwischen Gaspedal und Einspritzpumpe angeordnet. Art und Abmessungen werden dem jeweils zu regelnden Motor- und Einspritzpumpentyp angepaßt.

Bei Ansteuerung von Proportionalventil bringt der Stellzylinder die Einspritzpumpe in Richtung Leerlaufstellung.

Leerlaufanschlagzylinder 421 444 ... 0



Bei Einhebel-Einspritzpumpen verhindert ein zusätzlicher Leerlauf-Anschlagzylinder, dass der Motor bei einem **ASR-Regelvorgang** oder einer **Geschwindigkeitsbegrenzung** abgestellt wird.

Zum Abstellen des Motors müssen dann Stellzylinder und Leerlaufanschlagzylinder gleichzeitig betätigt werden.

Bei Zweihebel-Pumpen ist der Leerlaufanschlagzylinder nicht notwendig, da hier das Abstellen über einen zweiten, vom **ASR** nicht beeinflussten Hebel erfolgt.

ABS-Regelung der Motorbremse bzw. eines Retarders

Das ABS für Motorfahrzeuge ist darauf ausgelegt, die Motorbremse bzw. einen Retarder mitzuregulieren. Dies erfolgt durch eine Schwarz/Weiß-Schaltung. Durch ein Signal der Elektronik wird über ein Relais ein Magnetventil angesteuert, welches die Druckluftversorgung des Motorbremszylinders sperrt und den Zylinder entlüftet.

Bei Retardern erfolgt die Regelung entsprechend, indem das beschriebene Schwarz/Weiß-Signal über ein Relais die elektrische Retarder-Ansteuerung ausschaltet.

Wird Motorbremse oder Retarder allein betätigt und tritt an einem Hinterrad oder an beiden Hinterrädern der sensierten Achse ein zu großer Schlupf auf, so wird die Motorbremse bzw. der Retarder ausgeschaltet, bis die Blockiertendenz aufgehoben ist. Danach wird sie automatisch wieder eingeschaltet, bis erneute Blockierneigung eintritt oder eine Abschaltung durch den Fahrer erfolgt.

Bei gleichzeitiger Betätigung von Motorbremse und Betriebsbremse werden die Betriebsbremsdrücke und die Motorbremse bei Blockierneigung geregelt.

Differentialsperren-Schaltung in Allrad-LKW mit ABS

Betätigt der Fahrer die ("Längs"-) Differentialsperre für das Verteilergetriebe zwischen Vorder- und Hinterachse(n), wird üblicherweise mit Einsetzen der ABS-Regelung die Längssperre automatisch geöffnet und bis Bremsende offen gehalten.

ABS-Umschaltung für Gelände-Einsatz (A- und B-Version)

Die normale ABS-Funktion ist auf Straßenbedingungen hin optimiert. Um auch bei schwerem Gelände-Einsatz im Baustellen- oder militärischen Bereich kürzest mögliche Bremswege zu ermöglichen, wird heute in LKW für entsprechende Einsatzbedingungen oft eine Abschaltmöglichkeit für das ABS unterhalb einer Geschwindigkeit von 15 km/h vorgesehen.

Dazu hat der Fahrer einen "Gelände-ABS"-Schalter zu betätigen und es leuchtet die ABS-Warnlampe auf, sobald unterhalb 15 km/h die Abschaltung wirksam wird und die Räder blockieren können.

Gelände-ABS C-Version

Alternativ wird ab der ABS-C-Version eine spezielle "Gelände-ABS-Logik" angeboten, die im oberen Geschwindigkeitsbereich die normale ABS-Funktion bereitstellt, jedoch unterhalb von 40 km/h höheren Rad-schlupf zulässt und unterhalb 15 km/h die Räder blockieren lässt.

Damit können im Gelände durch das zeitweilige "Eingraben" der Räder höhere Verzögerungswerte erzeugt und trotzdem eine – wenn auch eingeschränkte – Stabilität und Lenkfähigkeit aufrechterhalten werden.

Zur Fahrerinformation blinkt bei entsprechend betätigten "Gelände-ABS"-Schalter die ABS-Warnlampe. Für neuere Fahrzeuge verlangt der Gesetzgeber ein automatisches Zurückschalten auf die "Straßenlogik" nach dem Ausschalten und Wiedereinschalten der Zündung.

Sicherheitsschaltung, Erkennung und Maßnahmen bei Komponentenfehlern

Die Sicherheitsschaltung

Beim Einschalten der Zündung bzw. bei Motorstart steuert die Sicherheitsschaltung die Magnetventile kurz an und überprüft auch die anderen wesentlichen ABS-Komponenten und elektronischen Bauteile.

Wenn alle ABS-Bauteile störungsfrei sind und wenn dann auch noch beim Anfahren von allen Sensoren ausreichend hohe Wechsellspannungen erzeugt werden, erlischt die mit dem Einschalten der Zündung aufleuchtende Warnlampe bei **ca. 7 km/h**. Bei neueren Fahrzeugen erlischt sie bereits **ca. 2 Sekunden** nach dem Einschalten der Zündung, wenn die Anlage als fehlerfrei erkannt wurde und bei der letzten Fahrt kein aktueller Fehler vorlag.

Überwachung während der Fahrt

Zusätzlich zu der laufenden passiven Überwachung der Regelsignale und Magnetansteuerungen auf Plausibilität wird zyklisch während der Fahrt (gebremst oder ungebremst) die aktive Überwachung wesentlicher Bauteile wie Magnete, Sensoren und Zuleitungen durchgeführt.

Auch die elektronik-internen Komponenten überwachen sich laufend gegenseitig.

Systemreaktionen bei Fehlern

Sollte ein elektrischer Fehler in der ABS-Anlage auftreten, wird der Fahrer durch Aktivierung der Warnlampe gewarnt.

Die Sicherheitsschaltung schaltet die Regelung so ab bzw. um dass eine unzulässige Beeinflussung der Bremssicherheit vermieden wird und mindestens die normale Bremswirkung sichergestellt ist.

Dem unterschiedlichen Systemaufbau entsprechend reagieren die zweikreisigen 4- bzw. 6-Kanal-Systeme und die einkreisigen VARIO-C bzw. VCS- Anhänger-Systeme teilweise unterschiedlich bezüglich der verbleibenden ABS-Wirkung bei einzelnen Komponentenfehlern.

Bei allen erkannten Fehlern leuchtet die Warnlampe wenigstens solange der Fehler aktuell vorliegt. Bei Wackelkontakten leuchtet die Warnlampe bis Fahrtende, und bei erneutem Fahrtantritt nur, wenn der Fehler wieder aktuell auftritt.

Bei Elektroniken der C- und D-Generation findet zusätzlich eine Speicherung des Fehlers in einem nicht flüchtigen Elektronikspeicher statt.

Mechanische Fehler

Einige mögliche mechanische Fehler in den Regelventilen, besonders solche, die zu Undichtheit und Druckverlust führen, können von der ABS-Sicherheitsschaltung nicht erkannt werden. Sie können nur - wie entsprechende Fehler anderer Bremsgeräte auch - durch den Fahrer oder bei ordnungsgemäßer Überprüfung der Bremsanlage (zum Beispiel im Rahmen der SP) festgestellt werden.

ABS/ASR-Kontrollampen



Beispiel

Die Warnlampen (früher auch Sicherheitslampen genannt)

Der Motorwagen ist üblicherweise mit drei ABS-Kontrolluchten für die Funktionserkennung und die laufende Systemüberwachung ausgestattet:

- ABS-Warnlampe für das Kraftfahrzeug
- ABS-Warnlampe für den Anhänger
- ABS-Informationslampe für die Fahrerinformation (keine Pflichtausrüstung)

Bei im Motorwagen verbautem ASR wird in der Regel zusätzlich eine ASR-Lampe eingesetzt.

a. Warnlampe für Motorfahrzeug:

Sie leuchtet nach dem Einschalten des Fahrtschalters (Zündung) auf und verlöscht, wenn kein Fehler durch die Sicherheitsschaltung des ABS erkannt wurde, nach ca. 2 Sekunden bzw. wenn das Fahrzeug eine Geschwindigkeit von ca. 7 km/h überschreitet.

b. Warnlampe für Anhängerfahrzeug:

Sie leuchtet nach dem Einschalten der Zündung dann, wenn ein Anhänger mit ABS angekuppelt und die ABS-Steckverbindung gesteckt ist. Sie verlöscht ebenfalls (wie die Warnlampe für den Motorwagen), nach ca. 2 Sekunden bzw. wenn das Fahrzeug eine Geschwindigkeit über 7 km/h erreicht und kein Fehler vorliegt.

Beide Warnlampen bleiben auch bei einem verkehrsbedingten Halt dunkel (z.B. vor einer Ampel).

Nach Verlöschen der ABS-Warnlampen ist das Anti-Blockier-System betriebsbereit. Eine ABS-Regelung setzt jedoch erst ein, wenn ein oder mehrere Räder während eines Bremsvorganges zum Blockieren neigen.

Wichtiger Hinweis

Das Verlöschen der Warnlampe(n) ist bei Fahrtantritt durch den Fahrer zu kontrollieren! Verlöscht eine Warnlampe oberhalb von 7 km/h nicht oder leuchtet sie während der Fahrt auf, so liegt eine Störung in dem jeweiligen ABS-System vor.

Achtung!

Bei leuchtender Warnlampe vorsichtig fahren! Das Bremsverhalten des Fahrzeugs kann sich ändern.

Die Störung ist so schnell wie möglich in einer anerkannten Fachwerkstatt beheben zu lassen.

Informationslampe

Die Informationslampe (INFO-Lampe) zeigt dem Fahrer, ob ein Anhänger mit oder ohne ABS angekuppelt ist. Sie leuchtet, wenn ein Anhänger ohne ABS angekuppelt oder der ABS-Stecker für das Anhänger-ABS nicht gesteckt ist, nach dem Einschalten der Zündung ständig bzw. bei getretener Bremse (je nach Schaltung des Fahrzeugherstellers).

Die Informationslampe leuchtet **nicht**, wenn der angekuppelte Anhänger über ein ABS verfügt oder ohne Anhänger gefahren wird.

Die Info-Lampe ist keine Pflichtausrüstung!

ASR-Lampe

Mit ASR ausgerüstete Fahrzeuge besitzen in der Regel noch eine weitere Kontrolllampe: die **ASR-Lampe**. Diese zeigt dem Fahrer ein Eingreifen der **ASR** an und gibt ihm somit auch ein Glätte-Warnsignal.

Zum Lampentest leuchtet die ASR-Lampe beim Einschalten der Zündung für **ca. 1 Sekunde** kurz auf.

Während der Fahrt **leuchtet die ASR-Lampe** auf,

- wenn eine ASR-Regelung vorliegt (Glätte-Warnung für den Fahrer)
- bei integriertem Geschwindigkeitsbegrenzer GB_{Prop} , wenn die durch Betätigung des ASR/Tempo-Set-Schalters vom Fahrer angewählte "2. Grenzggeschwindigkeit" erreicht wird.
- wenn die Elektronik ASR-/ GB_{Prop} -Fehler festgestellt hat (z. B. Unterbrechung der elektrischen Leitung zum Prop.-Ventil).

Die **ASR-Lampe blinkt** gleichmäßig, wenn der ASR-Schalter bzw. bei integriertem GB_{Prop} der ASR/Tempo-Set-Schalter zur Schlupfschwel-lenerhöhung in Stellung "ASR Gelände" steht.

Darüber hinaus kann bei Motorwagen mit C- oder D-Version des ABS-Steuergerätes **zu Diagnosezwecken über die ASR-Lampe die Ausgabe eines Blinkcodes** erfolgen, wenn ein hierzu verbauter Tastschalter betätigt wird.

Wann ist eine weitergehende Überprüfung des ABS nötig?

Eine Überprüfung des ABS-Systems mit Diagnosemitteln wird dann notwendig, wenn die ABS-Warnlampe beim Anfahren nicht erlischt bzw. während der Fahrt aufleuchtet.

ISO-Diagnose mit Diagnostic-Controller



Die ABS-Elektroniken ab der C-Generation für Motorwagen und der VARIO-C-Generation für Anhängerfahrzeuge verfügen über einen integrierten Fehlerspeicher und eine Diagnose-Schnittstelle nach der **ISO-Norm 9141**.

Mit dem von WABCO entwickelten **Diagnostic Controller** können über diese Schnittstelle gespeicherte Fehler in Art und Häufigkeit ausgelesen, im Klartext angezeigt und auch gelöscht werden. Der Diagnostic-Controller ist nicht nur für WABCO-ABS, sondern auch für andere elektronische WABCO-Systeme verwendbar. Das jeweilige Prüfprogramm wird über einzelne **Programmkarten** bereitgestellt. Sie führen den Prüfer durch den Testablauf, ohne dass eine weitere Prüfanweisung notwendig wäre.

ISO-Diagnose per PC und Diagnostic Interface



WABCO bietet parallel zu dem bekannten Diagnostic Controller auch die **PC-Diagnose** an. Für ABS-C- und D-Version im Motorwagen sowie für VCS-ABS im Anhänger und weitere elektronische WABCO-Systeme gibt es hierzu die entsprechende **Diagnostic Software**.

In Verbindung mit dem **Diagnostic Interface** von WABCO bietet die Software eine umfangreiche und komfortable Diagnose.

ISO-Diagnose mit Compact-Tester



Mit den preisgünstigen Compact-Testern für das Motorwagen-ABS (C- und D-Generation) bzw. für Anhänger-ABS (VARIO C und VCS) lässt sich auf einfache Weise der Fehlerspeicher auslesen und löschen.

Je nach System sind auch Sonderfunktionen (z.B. Systemtaufe, Funktionstest, Auslesen des im VCS integrierten Kilometer-Zählers etc.) möglich.

WABCO-Blink-Code

Eine eingeschränkte, aber dennoch hilfreiche und kostengünstige Diagnosemöglichkeit stellt der in den C- und D-Elektroniken realisierte Blink-Code dar.

Durch Verbinden einer speziellen Diagnose-Leitung (L-Leitung) mit Masse kann ein Blink-Code gereizt werden. Als Anzeige-Lampe dient bei Motorwagen-ABS-/ASR die ASR-Lampe, beim Anhänger-ABS die Warnlampe. An den ausgeblinkten Pulsfolgen kann der Prüfer mit Hilfe einer Blink-Code-Liste feststellen, ob das System in Ordnung ist bzw. welcher Art der erkannte Fehler ist.