Selbststudienprogramm 475
Nur für den internen Gebrauch





Audi ESC-Systeme

Audi
Service Training

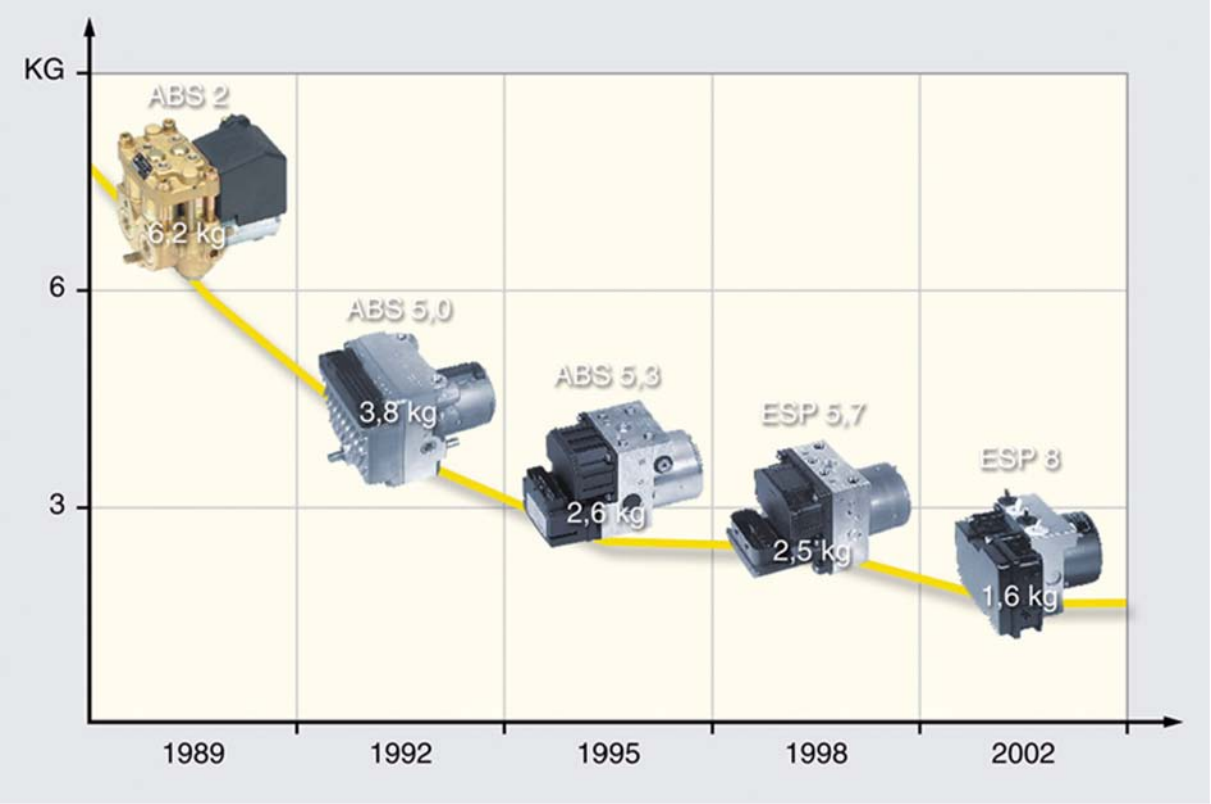
Einführung

Schlupfregelsysteme und auf automatische Bremsvorgänge basierende Fahrerassistenzsysteme leisten einen bedeutenden Beitrag zur aktiven Sicherheit im Straßenverkehr. Meist nehmen wir diese Helfer im alltäglichen Fahrbetrieb gar nicht mehr wahr.

Die letzten Jahre sind geprägt durch eine rasante Entwicklung im Bereich der Fahrerassistenzsysteme. Die technologischen Fortschritte speziell bei der Entwicklung und Herstellung von Elektronikkomponenten sind die Voraussetzung hierfür. Gemeinsame Nutzung von Teilfunktionen durch verschiedene Systeme, Informationsaustausch zwischen den unterschiedlichen Systemen sowie diverse Abhängigkeiten sind die logische Konsequenz dieser Entwicklung.

Für das Servicepersonal stellt die Kenntnis der funktionalen Zusammenhänge eine große Herausforderung dar. Diesbezügliche Kenntnisse sind wesentlich, um Kunden Bedienvorgänge und Funktionen erläutern zu können, zur Funktionsprüfung, um Fehler zu erkennen, zu diagnostizieren und schließlich zu beheben.

Das vorliegende Selbststudienprogramm vermittelt hierzu grundlegende Systemkenntnisse.



Darstellung der Entwicklung am Beispiel von Größe und Gewicht der ABS/ESC-Einheit (Steuergerät und Hydraulikaggregat) der Firma Bosch.

475_001

Aufgrund einer konzernweiten Umstellung der Bezeichnung ESP auf ESC im Jahr 2012 wird auch in diesem Selbststudienprogramm erstmals die Bezeichnung ESC verwendet. Ausnahme bilden entsprechende Komponentenbezeichnungen, wie zum Beispiel „Sensoreinheit für ESP G419“.

Diesbezügliche Bezeichnungen, die den Begriff „ESP“ beinhalten, werden vorerst in den entsprechenden Serviceunterlagen und –systemen weiterverwendet.

Inhaltsverzeichnis

Fahrdynamische Grundlagen
Die Verbindung Reifen - Fahrbahn 5

Systemübersicht
Klassifizierung der Systeme 11

ABS-/ESC-basierte Regelsysteme
Das Antiblockiersystem (ABS) 12
Elektronische Bremskraftverteilung (EBV) 21
Elektronische Differenzialsperre (EDS) 23
Antriebsschlupfregelung (ASR) 26
Motorschleppmomentregelung (MSR) 28
Elektronische Stabilisierungskontrolle (ESC) 29
Hydraulischer Bremsassistent (HBA) 39
Elektronische Quersperre 41
Radselektive Momentensteuerung 43
Systeme zur Unterstützung des Anfahrvorgangs 44
Berganfahrassistent 44
Anfahrassistent 47
Bergabfahrassistent 49
Bremsscheibenwischer 51
Gespannstabilisierung 53
Fading Brake Support (FBS) 54
Optimierte hydraulische Bremskraftverstärkung (OHBV) 55
Reifendruck-Kontrollanzeige (RKA) 56
Dachträgererkennung 57

Externe Systeme
Elektromechanische Parkbremse - Notbremsfunktion (EPB) 58
Geschwindigkeitsregelanlage (GRA+) 59
Adaptive Cruise Control (ACC) 60

Durch ESC beauftragte Systeme
Dynamiklenkung 64
Driver Steering Recommendation (DSR) 66

Regelstrategie 67

Bedienung und Fahrerinformation 68

Serviceumfänge 71

Prüfen Sie Ihr Wissen 76

▸ Das Selbststudienprogramm vermittelt Grundlagen zu Konstruktion und Funktion neuer Fahrzeugmodelle, neuen Fahrzeugkomponenten oder neuen Techniken.
Das Selbststudienprogramm ist kein Reparaturleitfaden! Angegebene Werte dienen nur zum leichteren Verständnis und beziehen sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung des SSP gültigen Datenstand.
Für Wartungs- und Reparaturarbeiten nutzen Sie bitte unbedingt die aktuelle technische Literatur.

Hinweis

Verweis

Im Heft verwendete Systembezeichnungen und Abkürzungen

Es werden die von der Audi AG im deutschen Markt kommunizierten Bezeichnungen verwendet. In Einzelfällen ist es möglich, dass in der Serviceliteratur davon abweichende, in der Regel während des Entwicklungsprozesses verwendete Bezeichnungen Anwendung finden. In der rechten Spalte sind die Seiten vermerkt, auf denen Detailinformationen zu den entsprechenden Systemen/Funktionen zu finden sind.

Bezeichnung	Abkürzung	Seite
Antiblockiersystem	ABS	12
Elektronische Bremskraftverteilung	EBV	21
Elektronische Differenzialsperre	EDS	23
Antriebsschlupfregelung	ASR	26
Motorschleppmomentregelung	MSR	28
Elektronische Stabilisierungskontrolle	ESC	29
Hydraulischer Bremsassistent	HBA	39
Elektronische Quersperre	-	41
Radselektive Momentensteuerung	-	43
Berganfahrassistent	-	44
Anfahrassistent	-	47
Bergabfahrassistent	-	49
Bremsscheibenwischer	-	51
Gespannstabilisierung	-	53
Fading Brake Support	FBS	54
Optimierte hydraulische Bremskraftverstärkung	OHBV/HBV	55
Reifendruck-Kontrollanzeige (plus)	RKA(+)	56
Dachträgererkennung	-	57
Elektromechanische Parkbremse - Notbremsfunktion	EPB	58
Geschwindigkeitsregelanlage plus	GRA+	59
Adaptive Cruise Control	ACC	60
Dynamiklenkung	-	64
Driver Steering Recommendation	DSR	66

Zu Beginn sollen die wesentlichen fahrdynamischen Grundlagen kurz erläutert werden, die für das Verständnis der Funktionen der in diesem Heft behandelten Systeme notwendig sind.

Die Verbindung Reifen - Fahrbahn

Die Kontaktfläche des Reifens eines Fahrzeugrads mit der Fahrbahn wird als Radaufstandsfläche bezeichnet. Diese Fläche hat in der Praxis eine annähernd ovale Form.

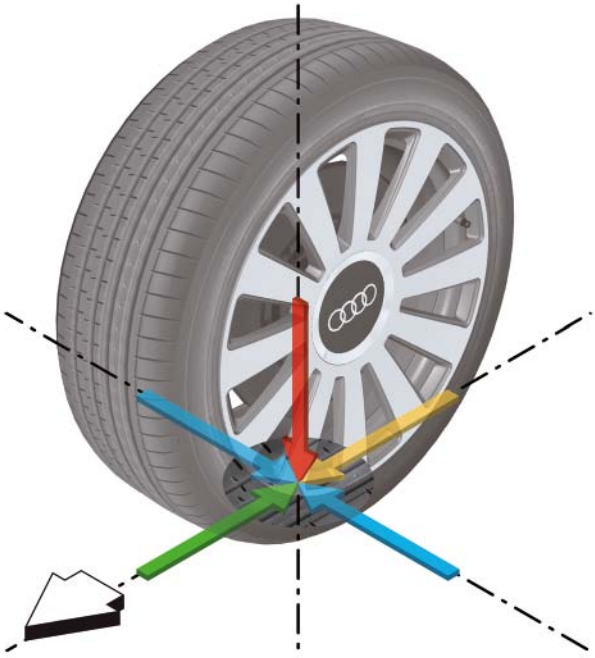
Hier findet die Kraftübertragung statt, die für die unterschiedlichen Fahrmanöver wie zum Beispiel Antrieb (Beschleunigung), Bremsen oder Kurvenfahrt erforderlich ist.



475_002

Kräfte in der Radaufstandsfläche

Es gibt verschiedene Arten von Kräften, die als Reaktionskräfte in der Radaufstandsfläche zwischen Reifen und Fahrbahn wirken. Gewichtskräfte, die sich aus den Achs-/Radlasten ergeben, sind immer wirksam. Je nach Fahrsituation wirken außerdem Antriebskräfte, Bremskräfte und Seitenführungskräfte. Die Kräfte unterscheiden sich in ihrer Wirkrichtung. Gewichtskräfte wirken in Fahrzeughochrichtung. Antriebskräfte wirken in Fahrtrichtung, Bremskräfte entgegen der Fahrtrichtung.
Seitenführungskräfte treten bei Kurvenfahrt auf. Sie bewirken, dass das Rad beim Abrollen eine Kreisbahn beschreibt und wirken folglich annähernd im rechten Winkel zu Antriebs- und Bremskräften (in Querrichtung). Für die weiteren Betrachtungen sind vor allem die Kräfte in Fahrzuglängsrichtung (Antriebs- und Bremskräfte), sowie die Seitenführungskräfte wichtig.

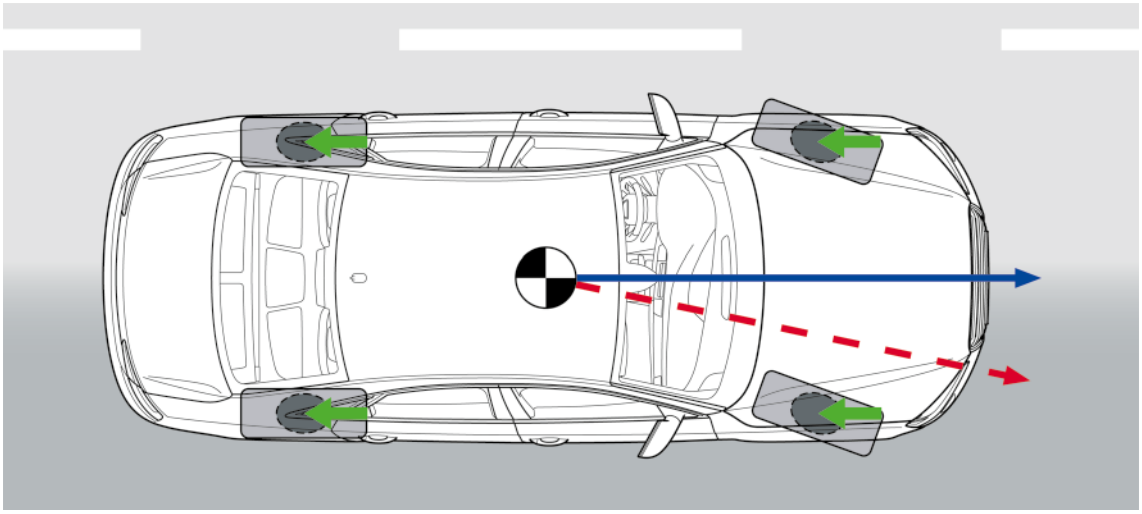


Gewichtskraft
Seitenführungskraft
Bremskraft
Antriebskraft

475_003

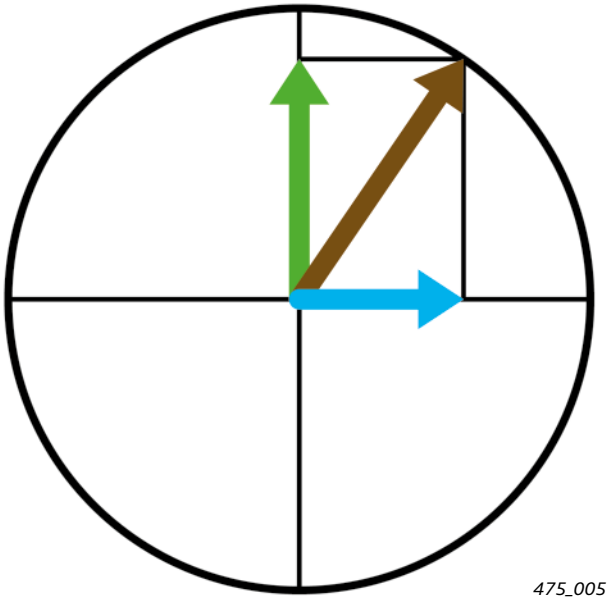
Verhältnis der Kräfte zueinander - der „Kamm'sche Kreis“
Die beschriebenen Kräfte können nicht beliebig erhöht werden. Das folgende Beispiel eines Bremsvorgangs soll dies aufzeigen.
Ein Fahrzeug ohne ABS-Funktion wird bei Geradeausfahrt so stark abgebremst, dass die Vorderräder beinahe blockieren.

Um einem Hindernis auszuweichen, führt der Fahrer kurz darauf zusätzlich einen Lenkeinschlag aus. Trotz eingeschlagener Räder bewegt sich das Fahrzeug weiterhin geradeaus. Es werden also keine Seitenführungskräfte wirksam.

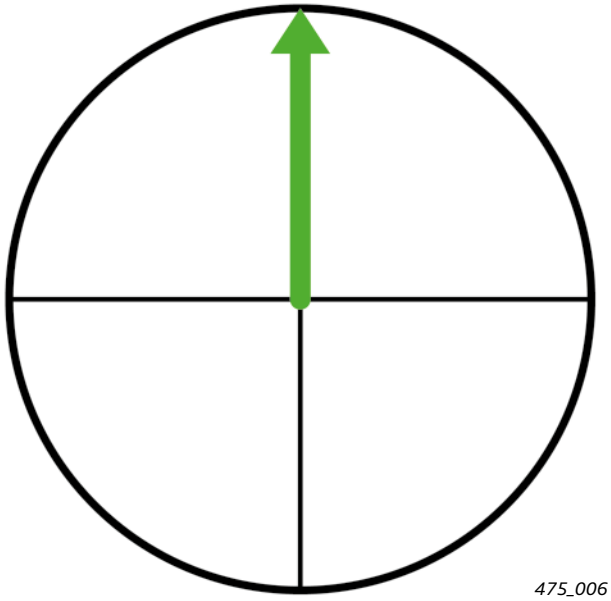


475_004

Die maximale Größe der wirksamen Kräfte kann in einer Modelldarstellung bestimmt werden. Nach seinem Erfinder, Professor Kamm, wird diese Darstellung als „Kamm'scher Kreis“ bezeichnet.



475_005



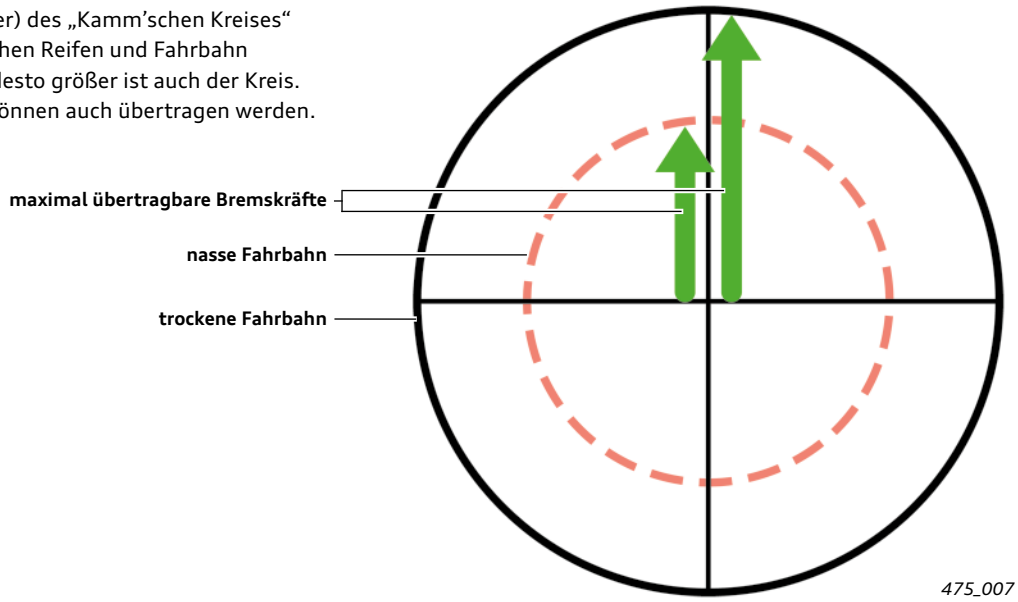
475_006

Gesamtkraft
Seitenführungskraft
Längskraft (Bremskraft)

Der Radius des Kreises kennzeichnet die maximale Gesamtkraft, die vom Reifen (Rad) auf die Fahrbahn übertragen werden kann. In Abhängigkeit davon, ist die maximal übertragbare Querkraft (Seitenführungskraft) von der realisierten Längskraft (Antriebs- oder Bremskraft) abhängig.

Darstellung der wirksamen Kräfte des obengenannten Beispiels: Die maximal mögliche Bremskraft wird aufgebaut. Trotz Lenkvorgang können keine Seitenführungskräfte mehr wirksam werden. Das Fahrzeug fährt weiterhin geradeaus.

Die Größe (Radius oder Durchmesser) des „Kamm'schen Kreises“ ist von den Reibverhältnissen zwischen Reifen und Fahrbahn abhängig. Je besser der „Grip“ ist, desto größer ist auch der Kreis. Dementsprechend größere Kräfte können auch übertragen werden.

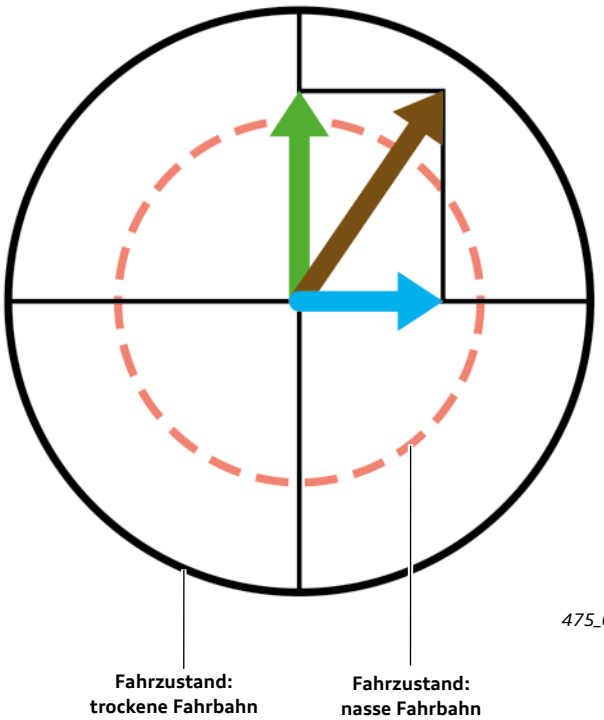


475_007

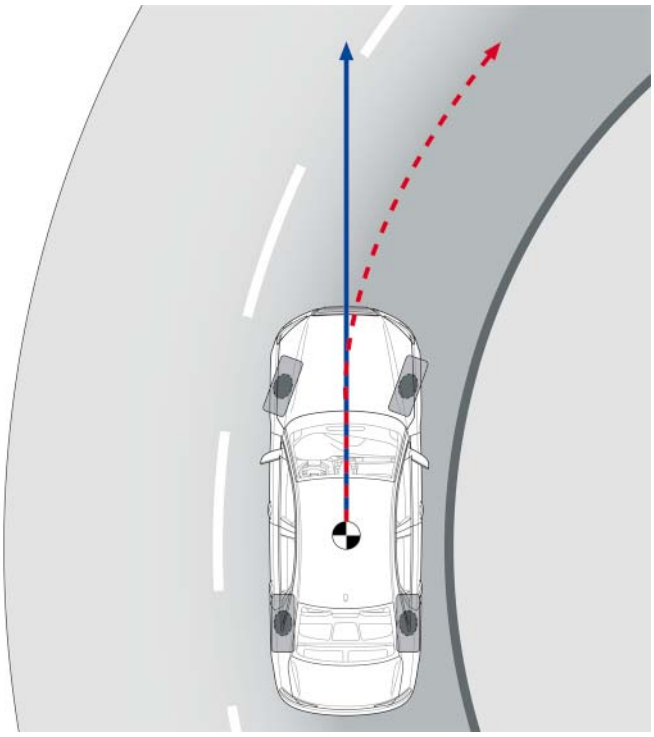
Ändert sich zum Beispiel während eines bestimmten Fahrzustands plötzlich die Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche (z.B. trocken - nass), können die soeben noch übertragbaren Kräfte bereits zu groß werden. Hier greifen dann die „elektronischen Helfer“ ein, die im Folgenden beschrieben werden.

In der Grafik ist als Beispiel eine solche Fahrsituation durch den „Kamm'schen Kreis“ dargestellt. Das Fahrzeug befährt eine trockene Fahrbahn, in einer Kurve bremst der Fahrer. Dabei wird das verfügbare Potenzial nicht ausgenutzt. Während des Bremsvorgangs gerät das Fahrzeug auf ein feuchtes Teilstück der Fahrbahn. Durch die Änderung der Oberflächenbeschaffenheit und damit auch der Reibungsverhältnisse zwischen Fahrbahn und Reifen sind die nun maximal übertragbaren Kräfte deutlich geringer.

Im Beispiel ist die durch den Fahrer eingesteuerte Bremskraft zu groß, um zusätzlich eine stabile Seitenführung des Fahrzeugs zu realisieren. Ohne Einsatz stabilisierender Systeme würde das Fahrzeug in einen fahrdynamisch instabilen Fahrzustand geraten. Der notwendige Kurvenradius könnte durch den Verlust an Seitenführung nicht mehr realisiert werden und das Fahrzeug würde die Fahrbahn verlassen.



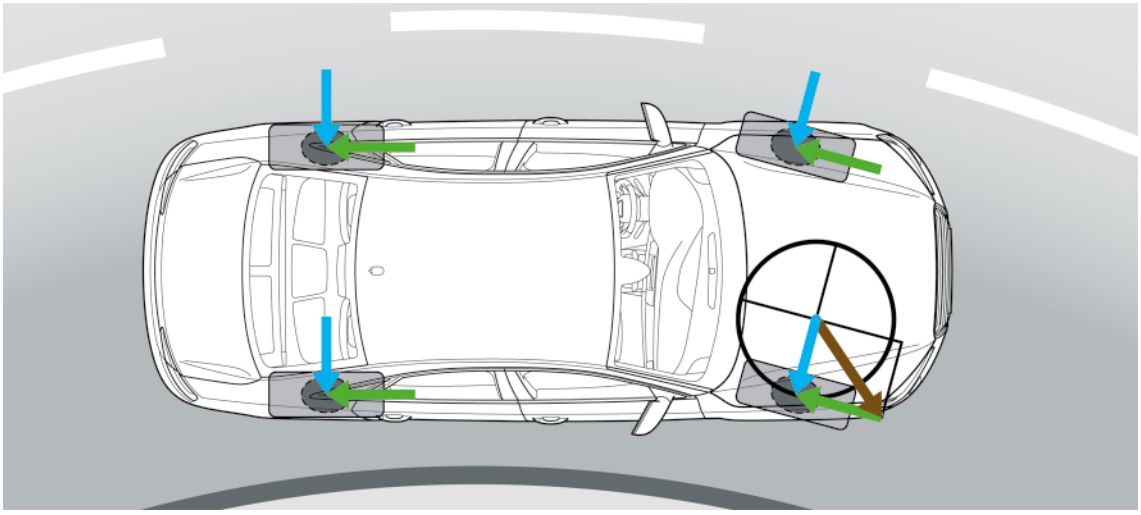
475_008



475_008a

Im hier dargestellten zweiten Beispiel befindet sich das Fahrzeug in Kurvenfahrt. Dabei werden die maximal möglichen Seitenführungskräfte erreicht. Muss der Fahrer nun zum Beispiel aufgrund eines langsameren vorausfahrenden Fahrzeugs bremsen, können keine ausreichend großen Bremskräfte mehr auf die Fahrbahn übertragen werden.

Im Extremfall ist ein kritischer fahrdynamischer Zustand die Folge, die Räder können aufgrund der eingeleiteten Bremskräfte blockieren. Ein unbeabsichtigtes Verlassen der Fahrspur mit akuter Unfallgefahr ist dann die unmittelbare Folge.



475_009

Der „Kamm'sche Kreis" ist eine idealisierte Darstellung, die den grundsätzlichen Sachverhalt gut beschreibt. Die absolute Größe der maximal übertragbaren Kräfte (und damit auch die des entsprechenden Radius im „Kamm'schen Kreis") ist vor allem abhängig von den Reibungsverhältnissen zwischen Reifen und Fahrbahnoberfläche. Im Rennsport ist hierfür der Begriff „Grip" gebräuchlich. Betrachtet man den Kontaktbereich des Reifens mit der Fahrbahnoberfläche stark vergrößert, erkennt man eine gewisse „Verzahnung" zwischen Reifengummi und Straßenbelag. Je „inniger" dieser Verzahnungseffekt ist, desto größer ist die Reibung zwischen Reifen und Fahrbahn und desto größer sind auch die übertragbaren Kräfte.

Kriterien, die die Reibungsverhältnisse bestimmen, sind:

- Material des Fahrbahnbelags (Asphalt, Beton usw.)
- Materialeigenschaften der Reifenlauffläche (Gummimischung)
- Beschaffenheit des Fahrbahnbelags (trocken, nass, vereist usw.)
- Fahrzeuggeschwindigkeit
- Temperaturverhalten des Reifens (z.B. Unterschiede zwischen Sommer- und Winterreifen)
- Temperaturverhalten der Fahrbahn

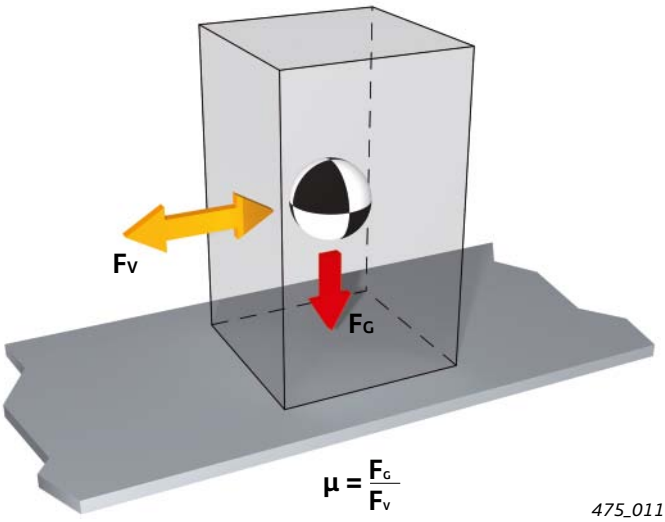


„Verzahnung" zwischen Reifen und Fahrbahn

475_010

Der Reibungskoeffizient µ

Ohne Reibung zwischen Reifen und Fahrbahn ist keine Kraftübertragung möglich. Das angetriebene Rad dreht ohne Vorwärtsbewegung „durch“. Das drehende, gebremste Rad blockiert, ohne die Fahrzeuggeschwindigkeit zu reduzieren. Zur Beschreibung der Reibverhältnisse zwischen den Oberflächen zweier Körper wurde der Reibungskoeffizient µ definiert. Er ist definiert als Verhältnis der Kraft, mit der ein Körper auf die Oberfläche eines anderen Körpers gepresst wird und die erforderliche Kraft, um den Körper auf dieser Oberfläche zu verschieben. Die größte Zug- oder Schubkraft tritt dabei im Moment des Übergangs von der Ruhestellung des Körpers zur beginnenden Bewegung auf. Der Reibungskoeffizient für diesen Zustand wird als Haftreibungskoeffizient bezeichnet. Befinden sich dann die Körper in relativer Bewegung zueinander wird der Koeffizient als Gleitreibungskoeffizient bezeichnet. Bei der Reibpaarung Reifengummi - Fahrbahnbelag lässt sich eine solche Unterscheidung jedoch nicht vornehmen. In der Praxis treten an einem rollenden Rad zwischen Reifen und Fahrbahn sowohl Haft- als auch Gleitreibung gemeinsam auf.
Im Falle der Reibpaarung Reifen - Fahrbahnoberfläche ist der Reibungskoeffizient im Wesentlichen abhängig von:



475_011

- Zustand der Fahrbahnoberfläche
- Zustand des Reifens
- Fahrgeschwindigkeit

Näherungswerte für den Reibungskoeffizienten bei unterschiedlichen Zuständen der Fahrbahnoberfläche und bei einer Fahrgeschwindigkeit von 60 km/h:

- trockener Asphalt: 0,9
- nasser Asphalt: 0,4
- trockener Beton: 0,9
- nasser Beton: 0,5

Durch die besonderen Eigenschaften des Reifenmaterials sind bei speziellen Anwendungsfällen (zum Beispiel im Rennsport) auch Reibungskoeffizienten >1 realisierbar (im Rennsport bis etwa 2).

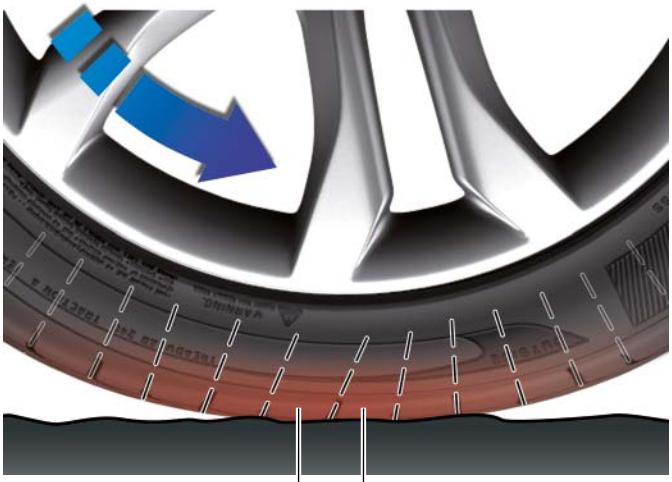


475_012

Der Schlupf
Damit die Kraftübertragung vom Reifen auf die Fahrbahn überhaupt möglich ist, müssen die Gummipartikel in den Reifenprofilblöcken verformt (verspannt) werden. Dadurch ergibt sich eine permanente Relativbewegung des Reifens gegenüber der Fahrbahn. Dieser Geschwindigkeitsunterschied wird als Schlupf bezeichnet.

Je nachdem, ob Antriebs- oder Bremskräfte eingeleitet werden, wird in Antriebs- und Bremsschlupf unterschieden. Die optimale Kraftübertragung beim Antrieb erfolgt bei Schlupfwerten bis etwa 10 %. In diesem Bereich können die maximalen Antriebskräfte übertragen werden.

In der Grafik ist die Verformung des Reifengummis eines rollenden Rads als Modell dargestellt. Der Gummi besteht im Modell aus vielen kleinen, einzelnen Blöcken. Mit dem „Einlaufen“ der Gummiblöcke in die Radaufstandsfläche werden diese gestaucht. Durch das elastische Verhalten des Gummis kommt es in der Folge zu einer Verformung der Blöcke. Im hinteren Bereich der Radaufstandsfläche entspannen sich die verformten Blöcke wieder, bevor sie die Reifenaufstandsfläche „verlassen“.



475_013

„gestauchte“ Profilblöcke

$$\frac{V_F - V_R}{V_F} \cdot 100\ \%$$

V_F **= Fahrzeuggeschwindigkeit**

V_R **= Radgeschwindigkeit**

475_014

Im Antriebsfall nimmt der Schlupf negative Werte an.
Bei Bremsvorgängen sind die Verhältnisse umgekehrt.

Weitere Faktoren, die die Größe der maximal übertragbaren Kräfte beeinflussen:
Neben dem Reibungskoeffizienten haben vor allem die Gewichtskraft (Radlast) und die Größe der Reifenaufstandsfläche Einfluss auf die Größe der übertragbaren Kräfte.
Mit wachsender Radlast werden die übertragbaren Kräfte größer, ebenso mit Vergrößerung der Reifenaufstandsfläche. Deshalb kommen für hochmotorisierte Fahrzeuge auch entsprechend großdimensionierte Reifen zum Einsatz.



475_015

Klassifizierung der Systeme

Ausgangspunkt für die sehr dynamische Entwicklung der Schlupfregelsyteme war das Antiblockiersystem ABS. Die folgenden Entwicklungen wie ASR und EDS sind wie das ABS „klassische“ Schlupfregelsysteme. Ihre Aufgabe besteht darin, durch Realisierung von definierten Radschlupfwerten Einfluss auf Antriebs- und Bremsvorgänge zu nehmen oder die Fahrdynamik direkt positiv zu beeinflussen (ESC). In den letzten Jahren wurden viele weitere Systeme entwickelt, für die eine eindeutige Zuordnung zu den genannten „klassischen“ Systemen nur noch teilweise möglich ist. So unterstützt z. B. die Funktion des Bremsscheibenwischers die Bremsfunktion bei Nässe und eingeschaltetem Scheibenwischer, hat aber keinen direkten Einfluss auf den Bremsschlupf zwischen Reifen und Fahrbahn.

Zur besseren Übersicht wird hier dennoch eine Einteilung der Systeme unter folgenden Kriterien vorgenommen:

- Systeme, die Einfluss nehmen auf Bremsvorgänge, Anfahr-/Beschleunigungsvorgänge oder auf den Fahrzustand selbst.
- Einige der in den letzten Jahren entwickelten Systeme nutzen auch die Möglichkeit, durch „Beauftragung“ des ESC aktiven Bremsdruckaufbau unabhängig vom Verhalten des Fahrers (automatisch) zu realisieren (z.B. ACC). Diese Systeme werden hier als „externe Systeme“ bezeichnet.
- Die dritte Systemhauptgruppe ist dadurch gekennzeichnet, dass das ESC selbst durch „Beauftragung“ ein anderes System nutzt, um dadurch die Fahrstabilität zu erhöhen.

Eine Ausnahme stellt die Reifendruck-Kontrollanzeige dar, die aufbereitete ESC-Messwerte für eine Fahrerassistenzfunktion nutzt. Sie agiert also wie ein externes System, obwohl die RKA-Software im ABS/ESC-Steuergerät integriert ist. Daher wird RKA in dieser Zusammenstellung zu den externen Systemen gezählt.

ABS-/ESC-basierte Regelsysteme

- ABS
- EBV
- HBA
- FBS
- Bremsscheibenwischer
- OHBV
- MSR

- ASR
- EDS
- Berganfahrassistent
- Anfahrassistent

- ESC
- elektronische Quersperre
- radselektive Momentensteuerung
- Bergabfahrassistent
- Gespannstabilisierung
- Dachträgererkennung

Externe Systeme

- ACC
- GRA+
- EPB
- RKA+

Durch ESC beauftragte Systeme

- Dynamiklenkung (für ESC und DSR)
- Elektromechanische Servolenkung (für DSR)
- Antriebsmotor (für ASR und MSR)

Einflussnahme auf Bremsvorgänge

Einflussnahme auf Anfahr-/Beschleunigungsvorgänge

Einflussnahme auf Fahrdynamik

ABS-/ESC-basierte Regelsysteme

Die Reihenfolge, in der die „klassischen“ Schlupfregelsysteme im Folgenden vorgestellt werden, entspricht etwa der Entwicklungshistorie.

Diese Reihenfolge wurde gewählt, um die jeweiligen Systemerweiterungen übersichtlich darzustellen.

Das Antiblockiersystem (ABS)

Historie, Grundfunktion

Bei der Erläuterung des „Kamm’schen Kreises“ wurde bereits das Beispiel eines Bremsvorganges angeführt, bei dem die Bremskraft so groß ist, dass keine Seitenführungskräfte mehr aufgebaut werden können. Das Fahrzeug ist in dieser Situation nicht mehr lenkbar. Bereits im Jahr 1920 wurde für den Einsatz in Flugzeugen ein hydraulisches System entwickelt, dass der Begrenzung der maximalen Bremskraft diente und ein Blockieren der gebremsten Räder verhindern sollte.

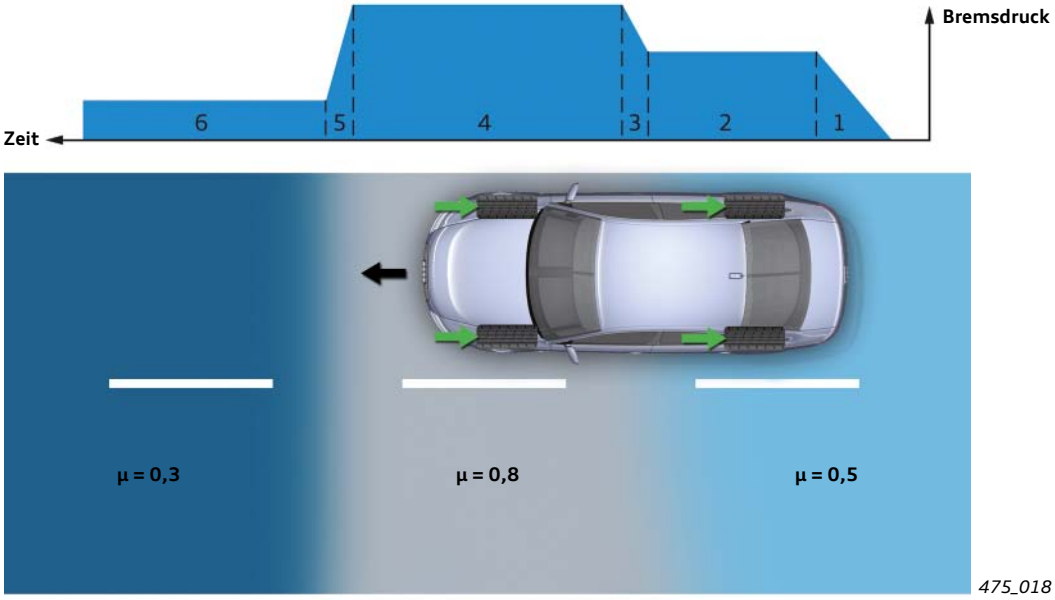
In der Folge wurde in den 30er Jahren ein Patent für die Firma Bosch erteilt, dass einen solchen Regler für Kraftfahrzeuge beschrieb.
Im Jahr 1969 wurde das erste elektronisch gesteuerte Antiblockiersystem der Firma ITT der Öffentlichkeit vorgestellt.
Bei der Audi AG wurde im Jahr 1980 der Audi 200 als erstes Fahrzeugmodell mit einem ABS der Firma Bosch ausgestattet.



475_017

Die grundlegende Funktionsweise des ABS besteht darin, den Bremsdruck auf ein solches Maß zu begrenzen, dass noch Seitenführungskräfte übertragen werden können.

Da sich die Fahrbahnbeschaffenheit während des Bremsvorganges ändern kann, muss das System in der Lage sein, den Bremsdruck zu halten oder durch schnelle Regelvorgänge Bremsdruckaufbau durch den Fahrer zuzulassen oder den Bremsdruck abzusenken (siehe folgendes Beispiel).



475_018

Der Fahrer beginnt mit der Abbremsung auf feuchter Fahrbahn (Abschnitt 1). Der von ihm eingesteuerte Bremsdruck würde bei diesen Fahrbahnverhältnissen zum Blockieren der Räder führen. Das ABS muss die Bremskraft auf einen geeigneten Wert einregeln, solange sich die Fahrbahnbeschaffenheit nicht ändert (Abschnitt 2) . In der Folge ändert sich die Fahrbahnbeschaffenheit, durch den nun trockenen Fahrbahnbelag kann der Bremsdruck wieder etwas erhöht werden (Abschnitt 3).

Nach der Erhöhung wird er wieder auf einen neuen Wert eingeregelt (Abschnitt 4). Geraten die Räder daraufhin auf den nassen Fahrbahnbelag, muss der Bremsdruck abgesenkt werden, um ein Blockieren zu verhindern (Abschnitt 5). Ziel dieser Regelstrategie ist es, trotz Beibehaltung der Lenkbarkeit des Fahrzeugs den Bremsweg auf ein minimales Maß zu reduzieren.

Technische Realisierung

Übersicht

Am Beispiel eines Audi Q5 werden alle wesentlichen Systemkomponenten, die für die Realisierung der im Folgenden erläuterten Regelsysteme erforderlich sind, kurz vorgestellt. Die blau gekennzeichneten Komponenten sind dabei für die Realisierung der ABS-Funktion erforderlich.

Die Realisierung des erforderlichen Bremsdrucks erfolgt generell durch folgende drei Regelfunktionen:

- Konstanthalten des jeweils aktuellen Bremsdrucks
- Absenken des jeweils aktuellen Bremsdrucks
- Erhöhen des jeweils aktuellen Bremsdrucks

Im Folgenden werden die drei Regelfunktionen mit „Bremsdruck halten“, „Bremsdruckabbau“ sowie „Bremsdruckaufbau“ bezeichnet.

ABS/ESC-Steuergerät (1)
- berechnet die notwendigen Bremsdrücke
- steuert die Stellglieder in der Hydraulikeinheit an

Kontrollleuchten und Displayanzeigen zur Fahrerinformation (2)

Geber für Quer-/Längsbeschleunigung und Gierrate (3)
- messen das dynamische Fahrzeugverhalten in Längs- und Querrichtung sowie die Drehung um die Fahrzeughochachse

Lenkwinkelgeber (4)
- misst die Stellung/Bewegung des Lenkrades

Taster für ASR und ESC (5)
- Einflussnahme durch den Fahrer auf ESC/ASR-Funktionen



475_019

ABS/ESC-Hydraulikeinheit (6)
- beinhaltet die Stellglieder zur Realisierung der erforderlichen Bremsdrücke
- beinhaltet Sensor(en) zur Erfassung des Bremsdrucks

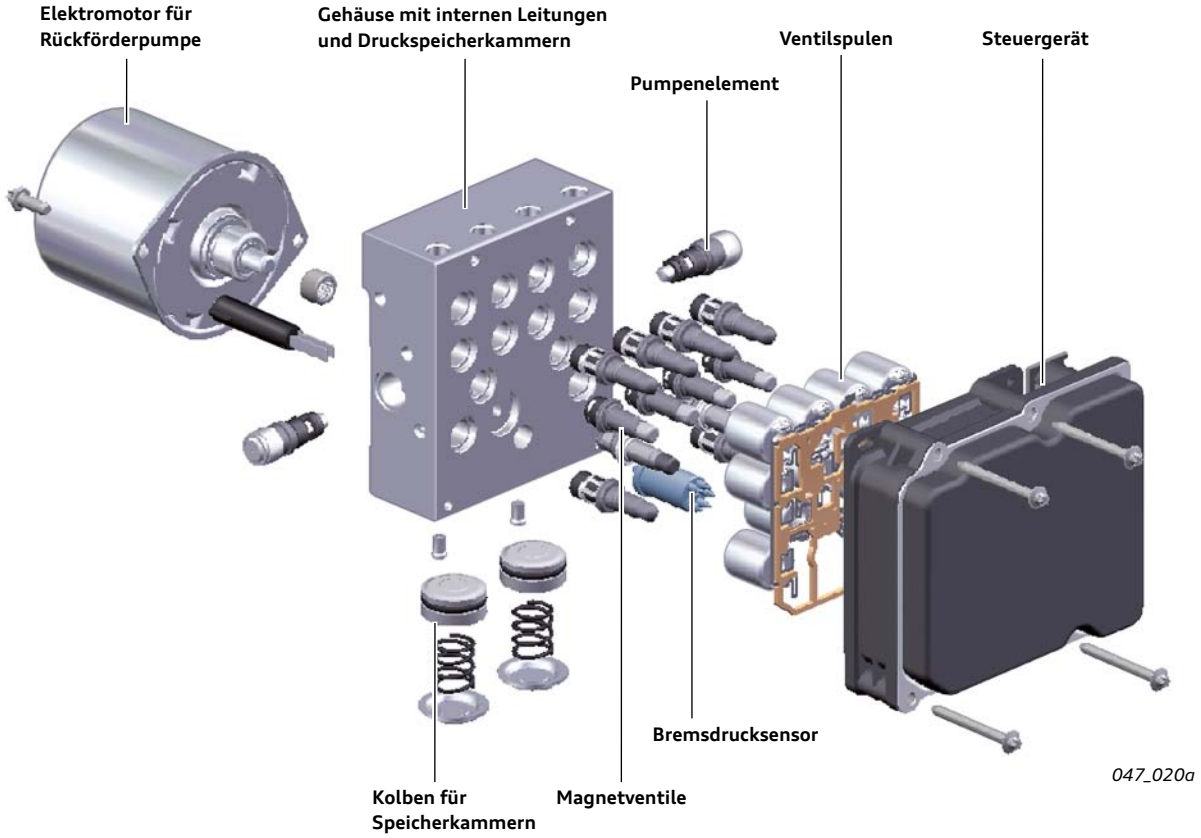
Bremslichtschalter (7)
- gibt ein Signal bei Betätigung des Bremspedals

Drehzahlfühler (8)
- messen die Raddrehzahlen
- jedem Rad ist ein separater Geber zugeordnet

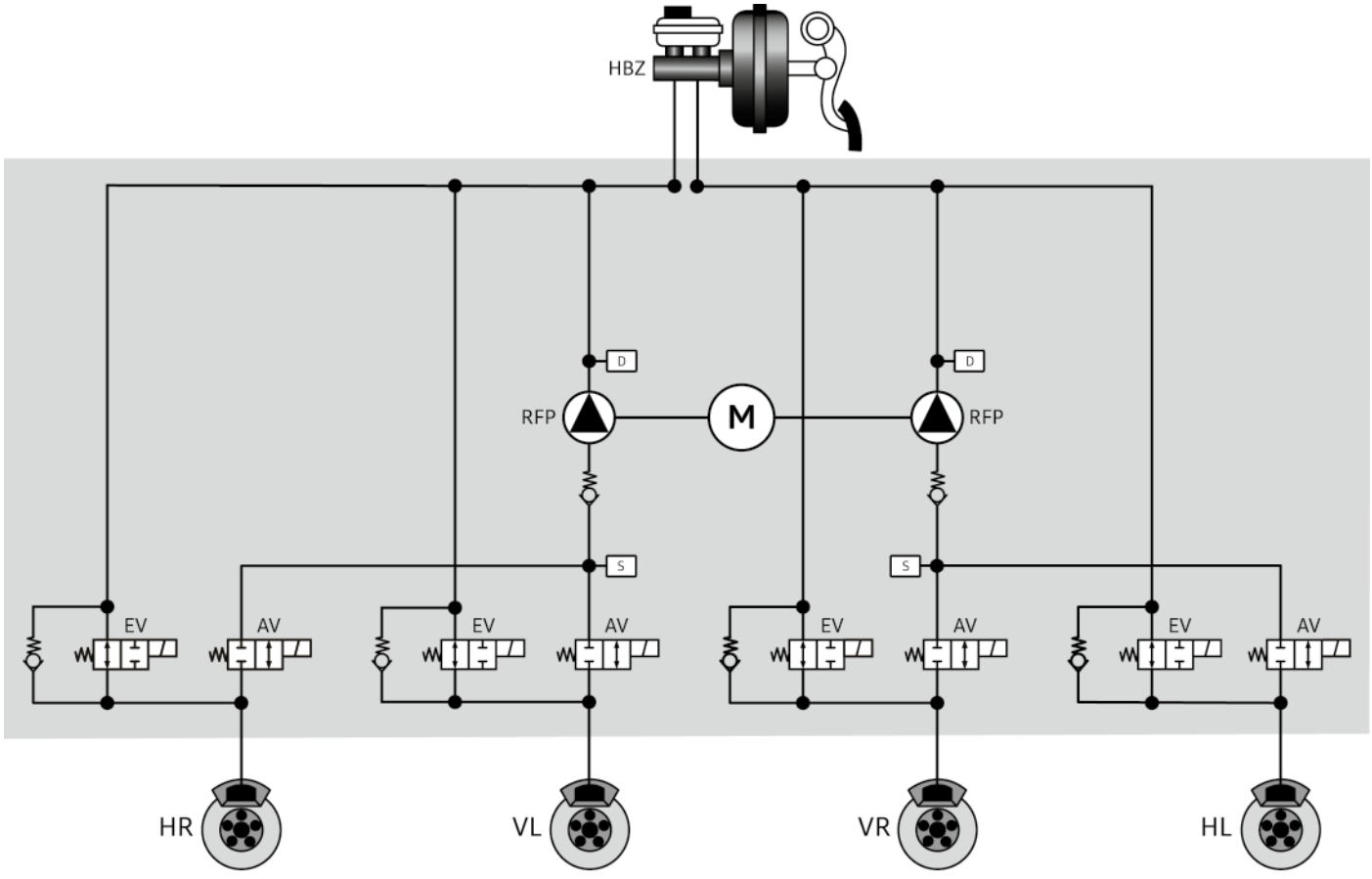
Hydraulikeinheit

Die Hydraulikeinheit beinhaltet alle hydraulischen Bauteile, die für die Realisierung der Funktionen Bremsdruckaufbau, Bremsdruck halten und Bremsdruckabbau erforderlich sind. Dies sind vor allem die elektrisch angesteuerten Magnetventile sowie die Rückförderpumpe und deren elektromotorischer Antrieb.

Komplettiert wird die Einheit durch Druckspeicherkammern, diverse interne Leitungen und Rückschlagventile. Für die Erfassung der eingesteuerten Bremsdrücke ist je nach Ausführung mindestens ein Bremsdrucksensor intern verbaut.



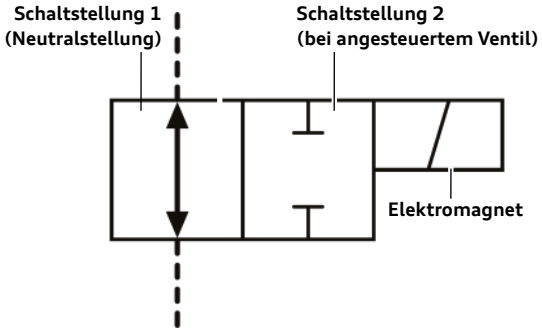
047_020a



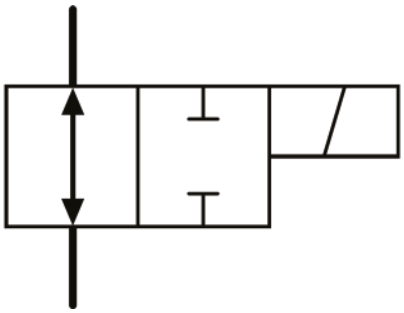
275_020

HBZ = Hauptbremszylinder mit Bremskraftverstärker und Bremspedal
HR = Radbremse hinten rechts
VL = Radbremse vorne links
VR = Radbremse vorne rechts
HL = Radbremse hinten links
M = Elektromotor zum Antrieb der Rückförderpumpe
RFP = Rückförderpumpe
EV = Einlassventile
AV = Auslassventile
S = Speicherkammer
D = Dämpferkammer

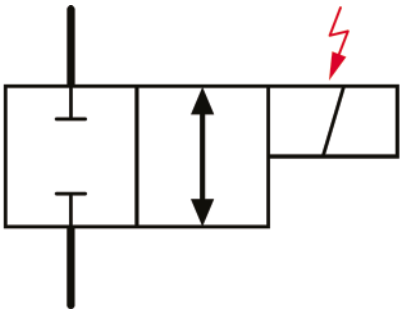
Zum besseren Verständnis des Hydraulikplans werden die Schaltstellungen der Magnetventile kurz erläutert. Zum Einsatz kommen sogenannte 2/2-Wege-Schaltventile. Die Bezeichnung bedeutet, dass es sich um Schaltventile mit zwei Anschlüssen und zwei möglichen Schaltstellungen handelt. Die Ventile können in Abhängigkeit von den jeweiligen Druckverhältnissen in beide Richtungen durchströmt werden.
Im Hydraulikplan sind alle Ventile in der unbetätigten (nicht angesteuerten) Schaltstellung wiedergegeben. Die Einlassventile sind in dieser neutralen Stellung geöffnet, die Auslassventile geschlossen.
Bei elektrischer Ansteuerung der Ventile schalten diese in die jeweils zweite Schaltstellung um, das Einlassventil schließt, das Auslassventil öffnet.



475_021

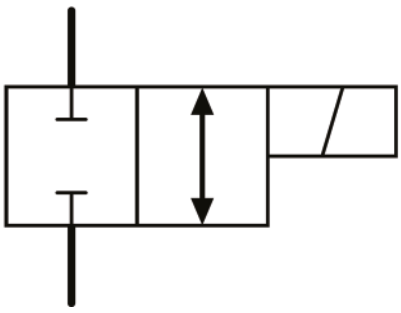


Einlassventil in Neutralstellung (geöffnet)

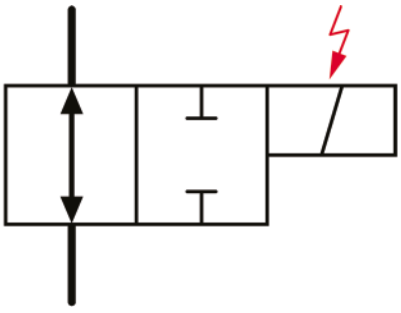


Einlassventil angesteuert (geschlossen)

275_022



Auslassventil in Neutralstellung (geschlossen)

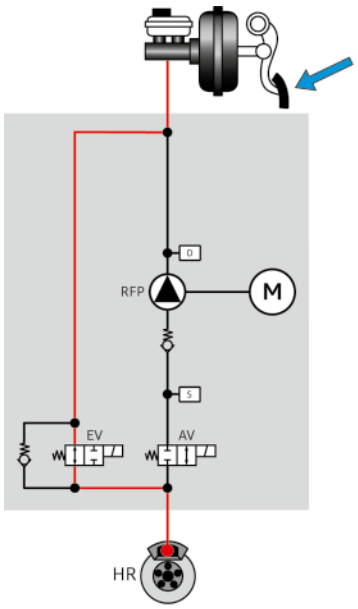


Auslassventil angesteuert (geöffnet)

275_023

Zur besseren Übersichtlichkeit wird im Folgenden jeweils nur die Ansteuerung der Radbremse eines Rads betrachtet. Durch das ABS-Steuergerät können alle vier Räder unabhängig voneinander angesteuert werden.

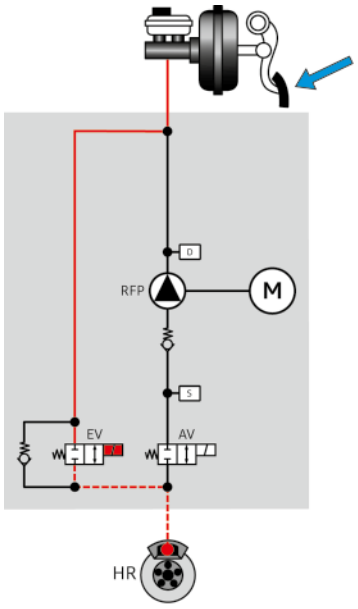
Bremsdruckaufbau durch den Fahrer (ohne aktive Regelung)
Betätigt der Fahrer das Bremspedal, wird auch bei nicht angesteuerten Ventilen (in Neutralstellung der Ventile) Bremsdruck aufgebaut. Durch die geöffneten Einlassventile besteht jederzeit die direkte Verbindung vom Hauptbremszylinder zu den Radbremsen. Nimmt der Fahrer den Fuß wieder vom Pedal, wird der Bremsdruck auf demselben Weg wieder abgebaut.



475_024

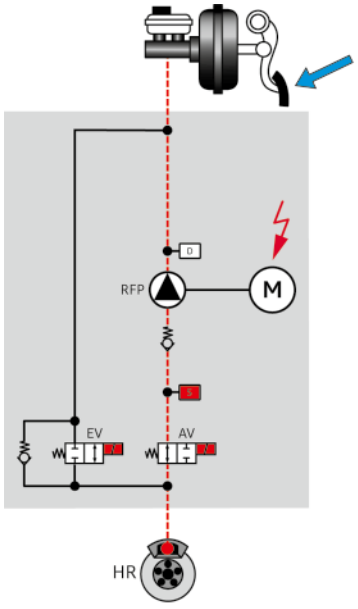
Regelfunktion „Bremsdruck halten“
Wird der vom Fahrer aufgebaute Bremsdruck zu groß (Bremskraft lässt keine zusätzliche Seitenführungskraft zu - siehe „Kamm’scher Kreis“), werden die entsprechenden Einlassventile radselektiv angesteuert und damit geschlossen. Obwohl durch den Fahrer weiterer Druck auf das Bremspedal ausgeübt wird, steigt die Bremskraft nicht weiter an.

Kann der Bremsdruck aufgrund sich ändernder Bedingungen wieder erhöht werden, wird das Einlassventil wieder geöffnet.

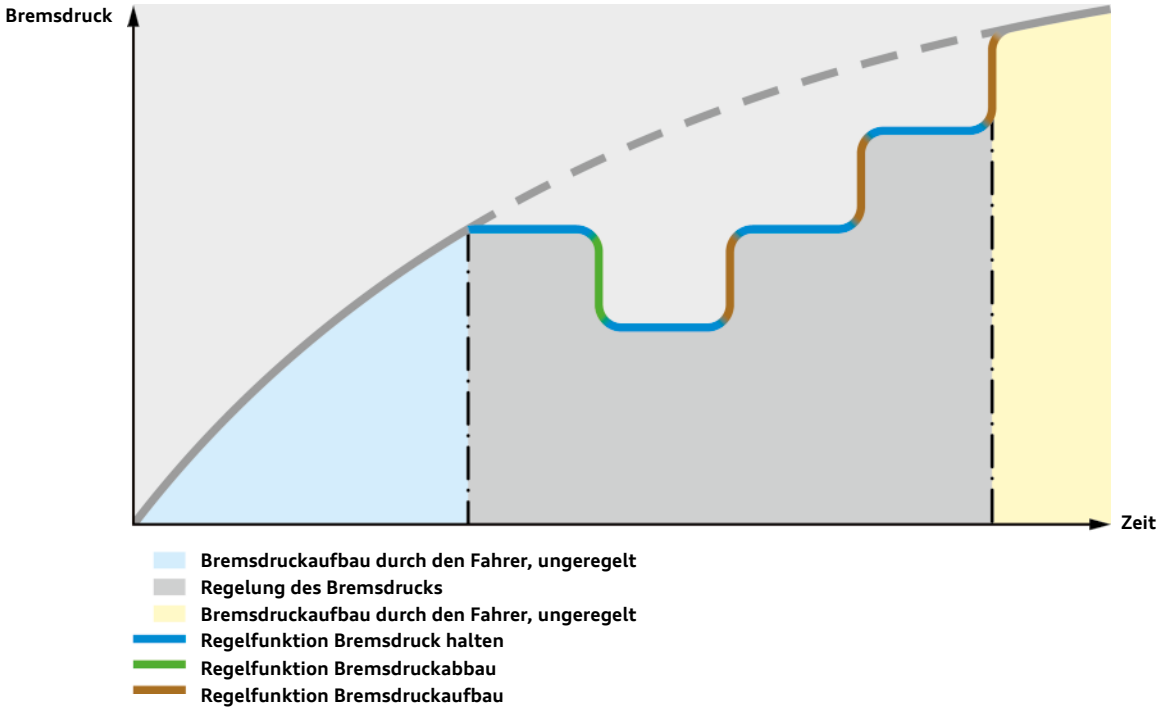


475_025

Regelfunktion „Bremsdruckabbau“
Ist der Bremsdruck an der jeweiligen Radbremse zu groß, wird die Funktion Bremsdruckabbau aktiviert. Das jeweilige Einlassventil wird geschlossen, das Auslassventil geöffnet. Zum schnellen Druckabbau werden zuerst die inneren Speicherkammern befüllt. Reicht dies nicht aus, muss die Bremsflüssigkeit gegen den vom Fahrer eingesteuerten Bremsdruck in den Hauptbremszylinder zurück gefördert werden. Der hierzu erforderliche Druck wird durch Ansteuerung des Elektromotors realisiert, der die Rückförderpumpe antreibt. Der sensible Fahrer spürt diesen Vorgang durch ein leichtes Pulsieren des Bremspedals.



475_026



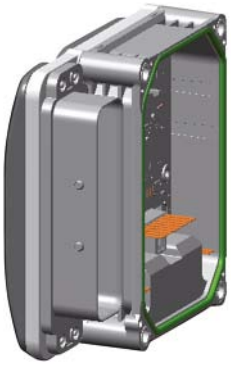
475_027

Eine ABS-Regelung besteht aus einer schnellen Folge der beschriebenen Funktionen Bremsdruckaufbau, Bremsdruckhalten und Bremsdruckabbau.

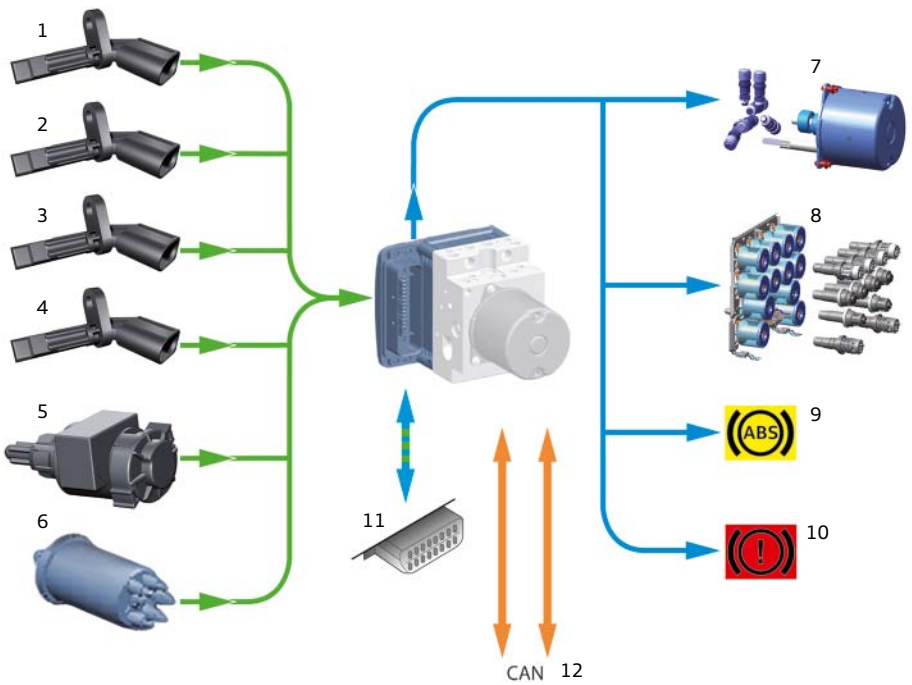
Die Funktionen werden durch kurze, im Millisekundenbereich liegende Pulse realisiert. In der Grafik ist eine solche Pulsfolge beispielhaft dargestellt.

Steuergerät

Das Steuergerät erkennt durch permanente Auswertung der Eingangssignale vorhandenen Regelbedarf.
Durch gezielte Ansteuerung der Magnetventile und der Rückförderpumpe führt das Steuergerät dann die Regelung durch. Bei den ersten ABS-Generationen waren Steuergerät und Hydraulikeinheit räumlich getrennt im Fahrzeug verbaut. Seit Generation Bosch 5.3 sind ABS-Steuergerät und Hydraulikeinheit eine bauliche Einheit. Seit Generation 5.7 sind ABS/ESC-Steuergerät und Hydraulikeinheit ebenfalls als Einheit verbaut.



475_028



1	Drehzahlfühler:	hinten rechts	G44
2	Drehzahlfühler:	vorne rechts	G45
3	Drehzahlfühler:	hinten links	G46
4	Drehzahlfühler:	vorne links	G47
5	Bremslichtschalter F + Bremstestschalter		
6	Bremsdruckgeber		
7	Rückförderpumpe mit Elektromotor		
8	Magnetventile		
9	Kontrollleuchte für ABS		K47
10	Kontrollleuchte für Bremsanlage		K118
11	Diagnoseanschluss		
12	Ausgabe von z. B.:		
	- Fahrzeuggeschwindigkeit		
	- Schlechtwegesignal		

475_029

Für ABS notwendige Eingangssignale

Raddrehzahlen:
Das Steuergerät ermittelt aus den Raddrehzahlen die Fahrzeuggeschwindigkeit. Es vergleicht die einzelnen Radgeschwindigkeiten mit der Fahrzeuggeschwindigkeit und berechnet die Werte für den Bremsschlupf.

Bremsdruck:
Der Bremsdrucksensor misst den Bremsdruck im Primärkreis. Dieser Bremsdruck wird bei der Festlegung des erforderlichen Regelungsalgorithmus berücksichtigt. Außerdem wird durch dieses Signal die Funktion des Bremslicht-/Bremstestschalters plausibilisiert.

Signal vom Bremslichtschalter:
Das Signal dient der Erkennung, wann der Fahrer eine Bremsung einleitet.

Signal vom Bremstestschalter:
Das inverse Signal des Bremslichtschalters wird als redundantes Signal genutzt.

Ausgangssignale

Ansteuerung der Magnetventile:
Das Steuergerät liefert die Ansteuersignale für die Magnetventile.

Ansteuerung der Rückförderpumpe:
Durch Antrieb des Elektromotors für die Rückförderpumpe wird die Funktion Bremsdruckabbau realisiert.

Ausgabe Fahrzeuggeschwindigkeit:
Die jeweils errechnete aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit wird ausgegeben und steht anderen Nutzern/Fahrzeugsystemen zur Verfügung. Da die vom ABS ermittelte Geschwindigkeit sehr genau ist, dient sie auch als Basis für die Geschwindigkeitsanzeige im Kombiinstrument.

Ausgaben zur Fahrerinformation:
Dem Fahrer werden wichtige Systeminformationen bei Bedarf in Textform und durch Kontrolllampen angezeigt. Detailinformationen hierzu finden Sie im Kapitel Bedienung und Fahrerinformation.

Ausgabe Schlechtwegesignal:
Das Schlechtwegesignal wird bei Bedarf vom ABS-Steuergerät an das Motorsteuergerät gesendet.
Das Motorsteuergerät nutzt die Signale der Klopfsensoren, um Verbrennungsaussetzer und dadurch bedingten unrunden Motorlauf zu erkennen.
Auf schlechten Wegstrecken können Anregungen (Kräfte), die von der Fahrbahn auf die angetriebenen Räder übertragen werden, ebenfalls Ursache für unrunden Motorlauf sein. Das ABS-Steuergerät erkennt schlechte Wegstrecken durch Auswertung der Raddrehzahlsignale. Dem Motorsteuergerät wird dies mitgeteilt. Das Motorsteuergerät kennt somit die Ursache für den unrunden Motorlauf und reagiert nicht durch Eingriffe in das Motormanagement.



475_030

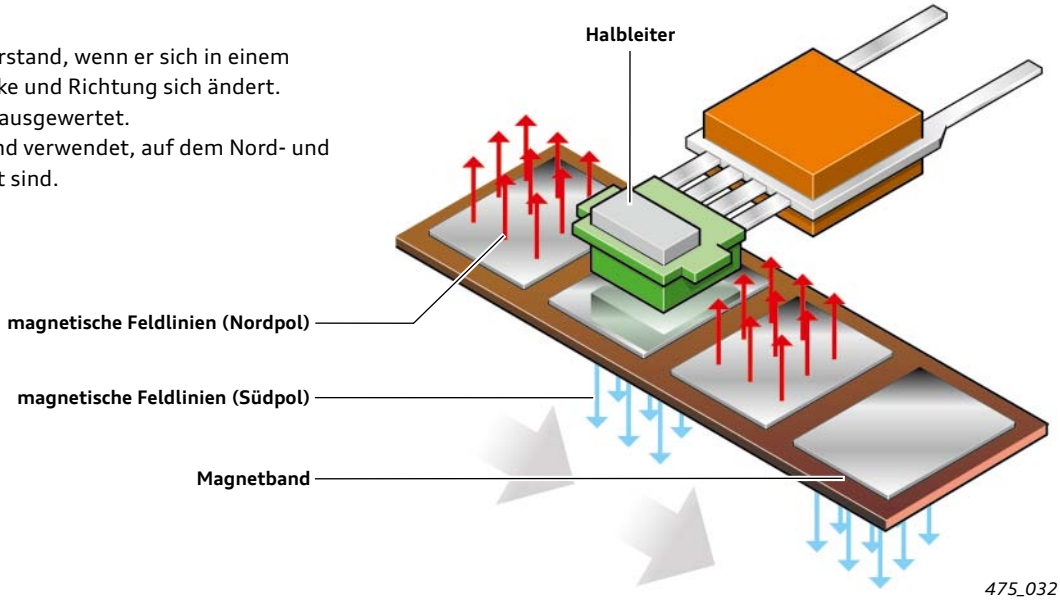
Sensoren

Drehzahlfühler G44-G47:
Die Raddrehzahlen werden an allen vier Rädern separat gemessen. Bei allen aktuellen Audi Modellen kommen hierfür aktive Sensoren zum Einsatz. Aktiv bedeutet, dass die Sensoren eine eigene Spannungsversorgung besitzen und physikalische Größen in elektrische Größen umwandeln oder diese in digitaler Form ausgeben.
Die bei Audi-Fahrzeugen eingesetzten Sensoren arbeiten nach zwei unterschiedlichen physikalischen Prinzipien. Sie nutzen entweder den magnetoresistiven Effekt oder den Halleffekt.



475_031

Magnetoresistiver Effekt:
Ein Halbleiter ändert seinen Widerstand, wenn er sich in einem Magnetfeld befindet, dessen Stärke und Richtung sich ändert. Diese Widerstandsänderung wird ausgewertet.
Als Impulsrad wird ein Magnetband verwendet, auf dem Nord- und Südpole wechselweise angeordnet sind.

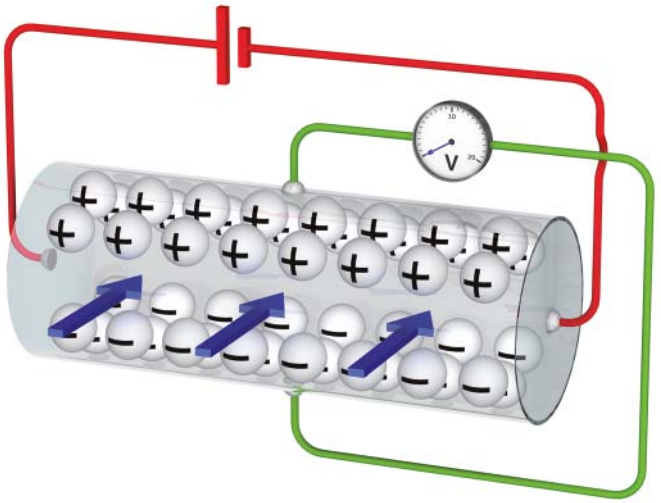


475_032

Halleffekt:
Befindet sich eine stromdurchflossene Leiterbahn in einem Magnetfeld, werden die Elektronen durch die Wirkung des Magnetfelds auf eine Seite der Leiterbahn verschoben. Auf dieser Seite herrscht Elektronenüberschuss. Auf der anderen Seite herrscht Elektronenmangel. Über Kontakte auf beiden Seiten der Leiterbahn kann somit eine elektrische Spannung gemessen werden. Die Polarität (Lage von + und -) hängt von der Richtung des Magnetfelds (blaue Pfeile) ab. Als Impulsrad wird ein Magnetband verwendet, auf dem Nord- und Südpole wechselweise angeordnet sind. Mit jedem Polwechsel erfolgt ein Richtungswechsel der gemessenen Spannung.

Die Anzahl der Polwechsel (Impulse) pro Zeiteinheit ist der Raddrehzahl direkt proportional und wird vom ABS-Steuergerät eingelesen. Das Steuergerät berechnet daraus für jedes Rad die aktuelle Geschwindigkeit (Drehzahl).

Auf Basis dieser Radgeschwindigkeiten berechnet das Steuergerät die Fahrzeuggeschwindigkeit, die für andere Nutzer als Busbotschaft ausgegeben wird.

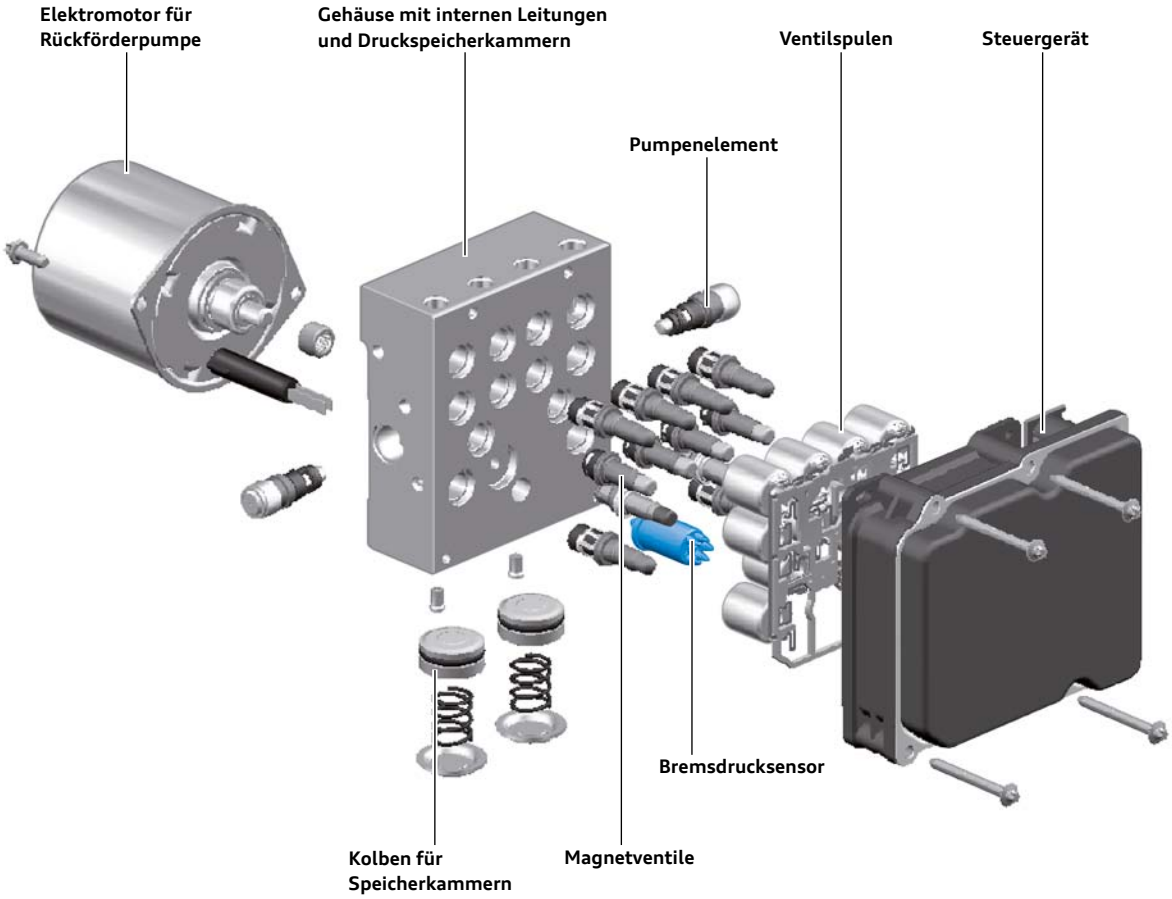


475_033

Bremsdrucksensor

Bei allen aktuellen Audi Modellen ist mindestens ein Bremsdrucksensor im Hydraulikaggregat integriert und von außen nicht zugänglich. Der Sensor misst den Druck im Primärkreis der Bremsanlage.

Sobald der Fahrer einen Bremsvorgang einleitet, steigt der Bremsdruck an. Das wird vom ABS-Steuergerät registriert und ausgewertet. Die Messwerte liefern die Grundlage für die Abschätzung der Bremsdrücke in den Radbremsen. Nur bei einem aktiven Bremsvorgang durch den Fahrer wird bei Bedarf eine ABS-Regelung aktiviert.



475_034

Bremslichtschalter F/Bremspedalschalter F47/F63

Der Bremslichtschalter/-pedalschalter ist bei allen aktuellen Audi Modellen außer Audi A1, TT und Q3 am Bremspedal verbaut. Bei den genannten Modellen befindet er sich am Hauptbremszylinder. Beim Audi A3 kommen beide Varianten zum Einsatz. Das ABS-Steuergerät benötigt die Information, dass der Fahrer einen Bremsvorgang einleitet, zur Plausibilisierung des Signals des Bremsdrucksensors. Nur bei einem aktiven Bremsvorgang durch den Fahrer wird bei Bedarf eine ABS-Regelung aktiviert.

Die Signale der Schalter werden je nach Fahrzeugmodell diskret vom ABS-Steuergerät oder vom Motorsteuergerät eingelesen. Das entsprechende Steuergerät gibt die Information an das Steuergerät weiter, dass für die Ansteuerung der Bremsleuchten zuständig ist.



475_035

Verbau am Bremspedal



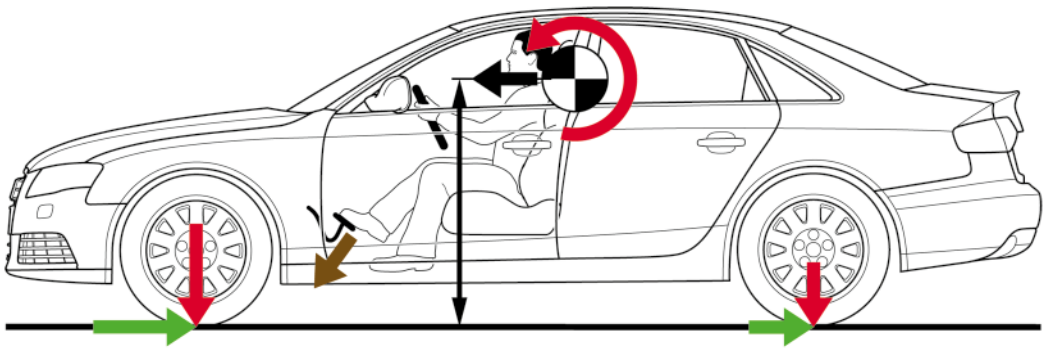
475_035a

Verbau am Hauptbremszylinder

Elektronische Bremskraftverteilung (EBV)

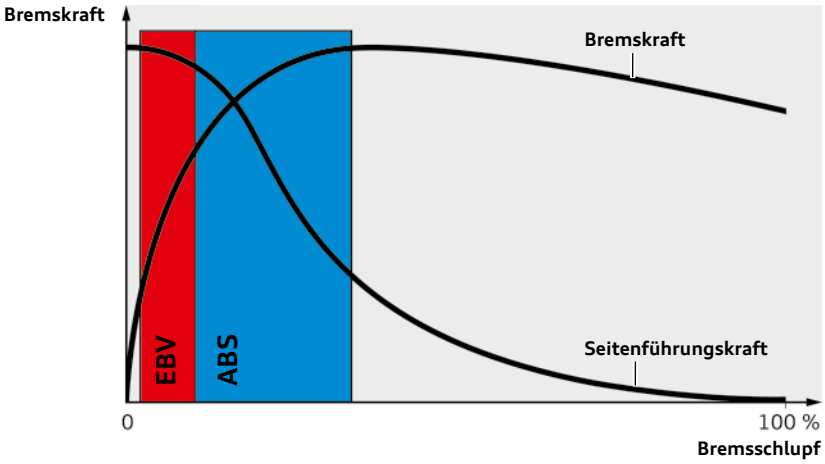
Beim Abbremsen eines Fahrzeugs erfolgt eine Achslasterhöhung an der Vorderachse, während die Hinterachse entlastet wird (dynamische Achslastverlagerung). Ursache ist die Massenträgheit des Fahrzeugaufbaus. Es entsteht ein Drehmoment um die Fahrzeugquerachse, dadurch wird die Vorderachse mehr belastet. In der Praxis ist dieser Effekt durch das Einfedern des Fahrzeugaufbaus an der Vorderachse während eines Bremsvorgangs zu beobachten (Bremsnicken).
Durch die Zunahme der Achslast an der Vorderachse steigen auch die dort übertragbaren maximalen Bremskräfte an. Die Entlastung der Hinterachse hat den gegenteiligen Effekt zur Folge, die maximal übertragbaren Bremskräfte werden kleiner.

Um einen instabilen Fahrzustand durch ein „Überbremsen“ der Hinterachse zu verhindern, darf die Hinterachse nur mit den Bremsdrücken beaufschlagt werden, die maximal übertragbare Bremskräfte erzeugen. Wird das Fahrzeug dabei mit gleichen Bremsdrücken an allen vier Rädern abgebremst, wird Bremsweg „verschenkt“. Dies geschieht dadurch, da an den Rädern der Vorderachse deutlich geringere Bremskräfte realisiert werden als dort maximal übertragen werden können.



475_036

Gewichtskraft
Bremskraft
Fliehkraft



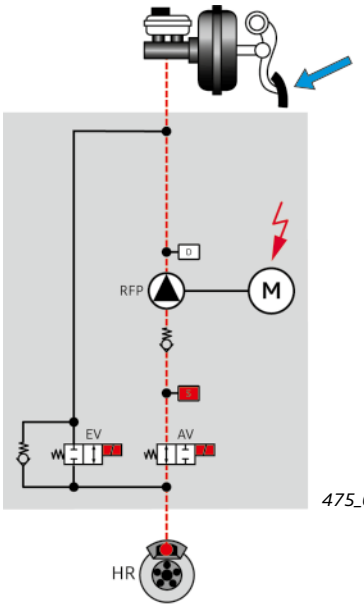
475_037

Die EBV-Regelung verhindert ein Überbremsen der Hinterachse. In Abhängigkeit von den Bremsschlupfwerten der Räder der Hinterachse wird der dort notwendige Bremsdruck durch das ABS-Steuergerät berechnet und eingestellt. An der Vorderachse wirkt weiterhin der ungeminderte, durch den Fahrer eingestellte Bremsdruck.

Dadurch wird die physikalisch größtmögliche Bremsleistung realisiert. Der Bremsweg wird auf ein Mindestmaß reduziert. Die EBV-Regelung setzt zeitlich vor der ABS-Regelung ein, also bereits bei deutlich geringeren Bremsschlupfwerten.

Funktion
In der Vergangenheit wurden hydraulische Druckminderventile eingesetzt, die den Bremsdruck an der Hinterachse begrenzten. Mit Einführung des ABS kann diese Funktion durch die EBV-Funktion übernommen werden. Bei Erkennen einer Blockiertendenz der Hinterräder wird der Bremsdruck an der entsprechenden Radbremse begrenzt. Dazu wird primär die Funktion „Bremsdruck halten“ durch Schließen der Einlassventile benutzt.

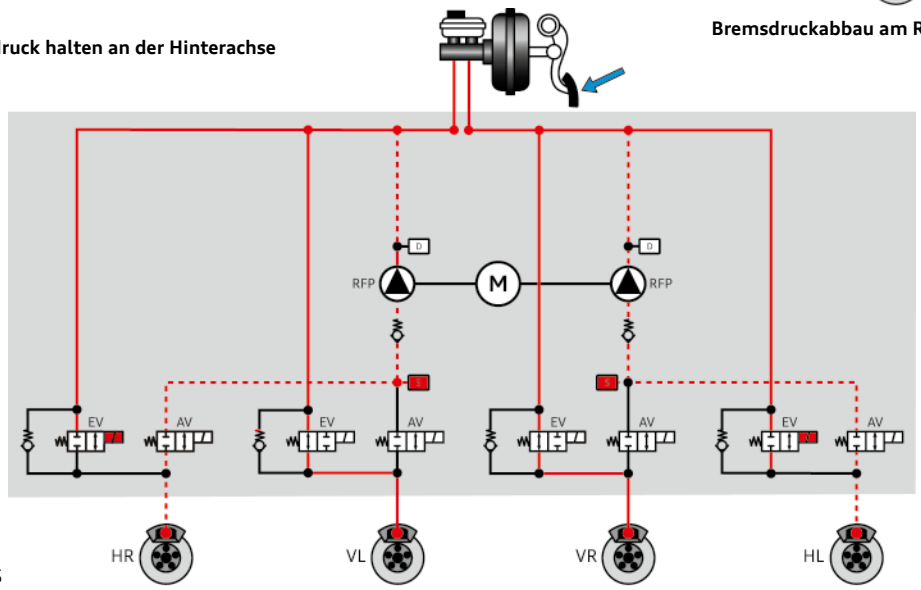
Wenn erforderlich, wird auch Bremsdruck abgebaut: durch Öffnen der Auslassventile und Schließen der Einlassventile. Zum Abbau des Druckniveaus strömt die Bremsflüssigkeit in die internen Speicherkammern. Erst ab einem definierten Füllungsgrad der Speicherkammern wird Bremsflüssigkeit durch die Rückförderpumpe gegen die Pedalkraft zurück zum Hauptbremszylinder gepumpt.



475_026

Bremsdruckabbau am Rad hinten rechts

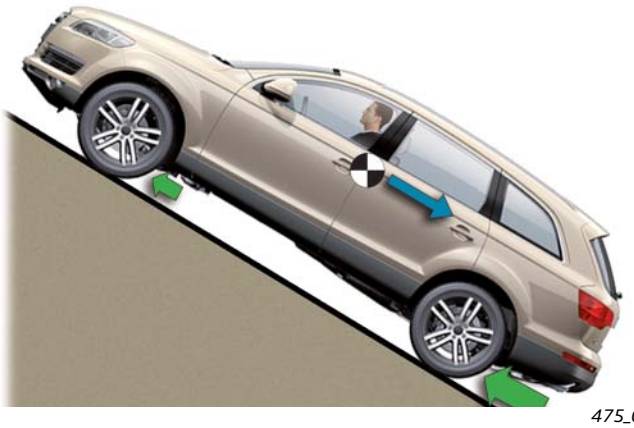
Bremsdruck halten an der Hinterachse



475_039

Hinweis: Legende siehe Bild 475_020 auf Seite 15

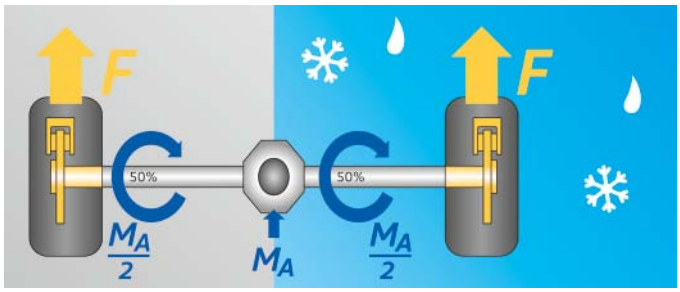
Bei Rückwärtsfahrt besteht die Möglichkeit des Überbremsens der Vorderachse durch die EBV-Funktion. Da bei Rückwärtsfahrt die Vorderachse die Fahrtrichtung vorgibt, kann ein Überbremsen der Vorderachse zu einem Ausbrechen des Fahrzeugs führen. Das Fahrzeug ist dann nicht mehr lenkbar. Ein fahrdynamisch instabiler Fahrzustand mit hoher Unfallgefahr ist die Folge.
Besonders kritisch ist diese Situation bei Rückwärtsfahrt in unbefestigtem Gelände hangabwärts.
Bei Audi Modellen, die auch für den Einsatz im Gelände vorgesehen sind (Audi Q7, Q5), wird bei Rückwärtsfahrt die EBV-Funktion umgekehrt: Die Vorderachse wird dann mit reduziertem Bremsdruck abgebremst. Beim Audi Q7 ist die Bedingung hierfür die Aktivierung des „offroad-Modus“ durch Betätigung des ESC-Tasters.
Beim Audi Q5 wird die „inverse“ EBV-Regelung mit Aktivierung der Funktion Bergabfahrassistent eingeschaltet.
Die Rückwärtsfahrt wird durch die Drehzahlfühler erkannt.
Bei Drehzahlfühlern ohne Drehrichtungserkennung (z.B. Audi A1, TT) erfolgt die Erkennung der Rückwärtsfahrt durch eine entsprechende Auswertung der Raddrehzahlen, des Lenkwinkels und der Gierrate.


475_040

Verweis
Detailinformationen zu den Funktionen des ESC-Tasters finden Sie auf Seite 68.

Elektronische Differenzialsperre (EDS)

Das folgende Beispiel beschreibt das Verhalten der Räder einer angetriebenen Achse mit konventionellem Mittendifferenzial: Ein Rad einer angetriebenen Achse befindet sich auf einem glatten Untergrund (geringer Reibungskoeffizient zwischen Reifen und Fahrbahn), das andere Rad der Achse steht auf Asphalt mit einem hohen Reibungskoeffizienten. Das Rad auf glattem Untergrund dreht sich mit größerer Geschwindigkeit, da der geringere Reibungskoeffizient zwischen Reifen und Fahrbahn dem drehenden Rad geringeren Widerstand entgegengesetzt. Im Extremfall (z.B. wenn ein Rad auf sehr glattem Untergrund wie zum Beispiel Eis steht) dreht das Rad durch, während das andere Rad stillsteht. Die gesamte Motorleistung wird dann in Reibleistung und nicht in Vortrieb umgesetzt.
Ursache für dieses Verhalten ist die Wirkungsweise des Differenzialgetriebes. Es überträgt auf beide Räder das gleiche Antriebsmoment. Hat ein Rad großen Antriebsschlupf, sinkt dort das übertragene Antriebsmoment. Das Moment ist dann bei ungünstigen Verhältnissen (z.B. ein Rad auf Eis) so gering, dass es für den Antrieb des anderen Rads nicht mehr ausreicht. Das Fahrzeug bleibt dann mit einem durchdrehenden und einem still stehenden Rad auf der Stelle stehen.



475_041

Hier schafft die EDS-Funktion Abhilfe. Das mit größerer Geschwindigkeit (und mit größerem Schlupf) drehende Rad wird gezielt abgebremst. Dieses Bremsmoment (M_B) erhöht den Widerstand, der dem drehenden Rad entgegengesetzt wird. Oder anders ausgedrückt: Um das Rad zu drehen, ist mehr Antriebsmoment erforderlich. Da aufgrund der oben beschriebenen Funktion des Differenzials an beiden Rädern das gleiche Moment übertragen wird, erhöht sich auch das Antriebsmoment am anderen Rad. Diese Drehmomenterhöhung durch Abbremsung des Rads mit größerem Antriebsschlupf findet solange statt, bis sich beide Antriebsräder mit annähernd gleicher Geschwindigkeit bewegen.



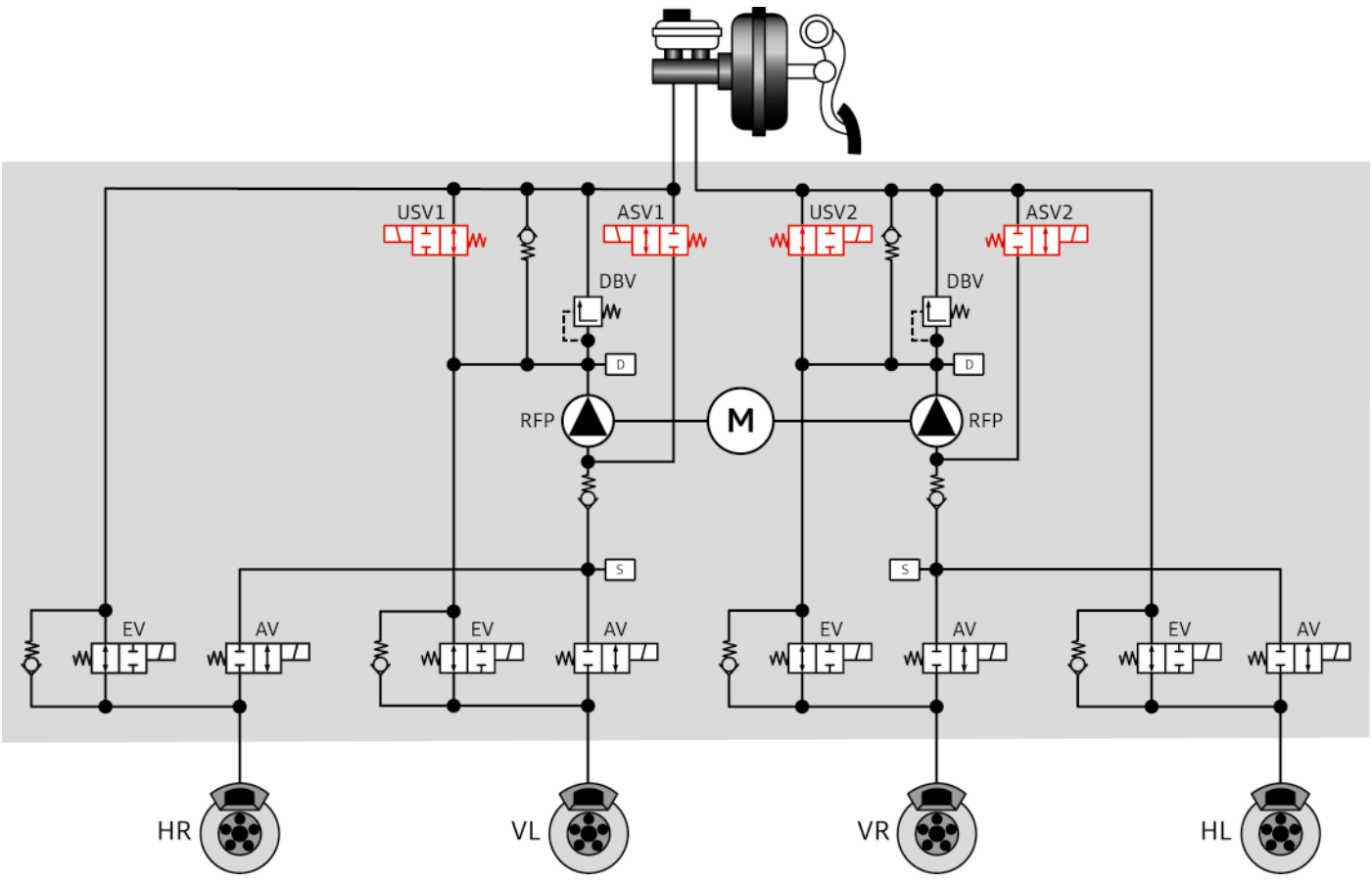
475_042

Aufbau

Um die EDS-Funktion zu realisieren, ist aktiver Bremsdruckaufbau erforderlich. Dafür wird die bereits für die ABS-Funktionen verwendete Rückförderpumpe genutzt. Das ABS-Hydraulikaggregat muss insgesamt um vier zusätzliche Schaltventile erweitert werden. Die Rückförderpumpe muss für die Realisierung der EDS-Funktion aus dem Vorratsbehälter Bremsflüssigkeit ansaugen können. Damit die ABS-Funktion „Bremsdruckabbau“ mit entsprechender Rückförderung der Bremsflüssigkeit gegen den vom Fahrer eingesteuerten Bremsdruck weiterhin realisiert werden kann, muss diese Ansaugleitung geschlossen werden. Dies wird durch die zusätzlichen Ansaugventile (ASV) realisiert.

Im Gegenzug muss bei einer EDS-Regelung die Leitung von der Rückförderpumpe zum Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter geschlossen werden, um Bremsdruck an der jeweiligen Radbremse aufbauen zu können. Auch diese Funktion übernimmt ein zusätzliches Magnetventil pro Bremskreis.

Die Software für die Ermittlung des Regelbedarfs, die Berechnung der Regelvorgänge und der Ansteuersignale für die entsprechenden Magnetventile und die Rückförderpumpe ist im ABS-Steuergerät implementiert. Weitere Änderungen an den ABS-Systemkomponenten sind für die Realisierung der EDS-Funktion nicht erforderlich.



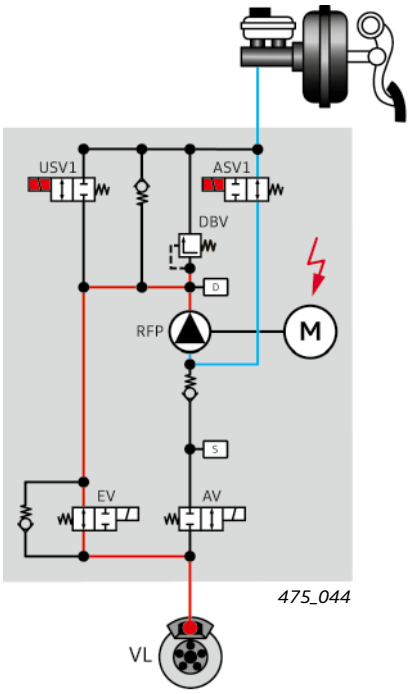
475_043

ABS/EDS-Hydraulikaggregat für Fahrzeuge mit Frontantrieb

ASV 1:	Ansaugventil für den Schwimmkolbenkreis des Hauptbremszylinders
ASV 2:	Ansaugventil für den Druckstangenkolbenkreis des Hauptbremszylinders
AV:	Auslassventil
D:	Dämpferkammer
DBV:	Druckbegrenzungsventil
EV:	Einlassventil
RFP:	Rückförderpumpe
S:	Speicherkammer
USV 1:	Umschaltventil für den Schwimmkolbenkreis des Hauptbremszylinders
USV 2:	Umschaltventil für den Druckstangenkolbenkreis des Hauptbremszylinders

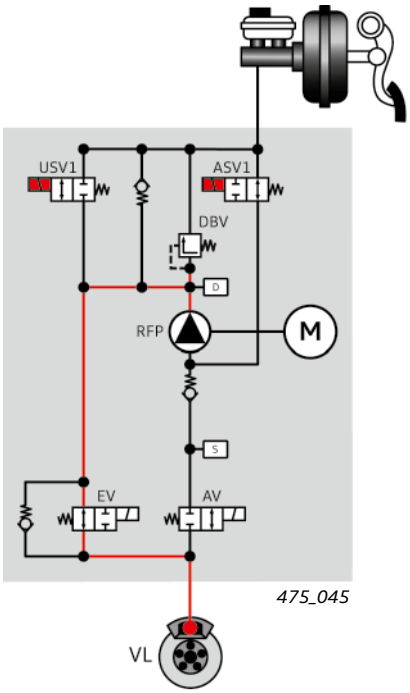
EDS-Funktion
Im Folgenden wird die Realisierung der EDS-Funktion am Beispiel eines Fahrzeugs mit Frontantrieb erläutert.

Bremsdruckaufbau
Zur Realisierung des Bremsdruckaufbaus wird das entsprechende Ansaugventil durch das Steuergerät angesteuert. Die Ansaugleitung ist damit geöffnet und die Rückförderpumpe kann Bremsflüssigkeit über den Hauptbremszylinder aus dem Bremsflüssigkeitsbehälter ansaugen.
Durch Schließen des entsprechenden Umschaltventils wird die Verbindung von der Druckseite der Rückförderpumpe zum Bremsflüssigkeitsbehälter geschlossen. Durch Ansteuerung des Elektromotors wird die Rückförderpumpe angetrieben und Bremsdruck aufgebaut.



475_044

Bremsdruck halten
Für die Realisierung der Funktion „Bremsdruck halten“ wird die Rückförderpumpe abgeschaltet. Die Ventilbeschaltung bleibt gegenüber der Funktion „Bremsdruck aufbauen“ unverändert.

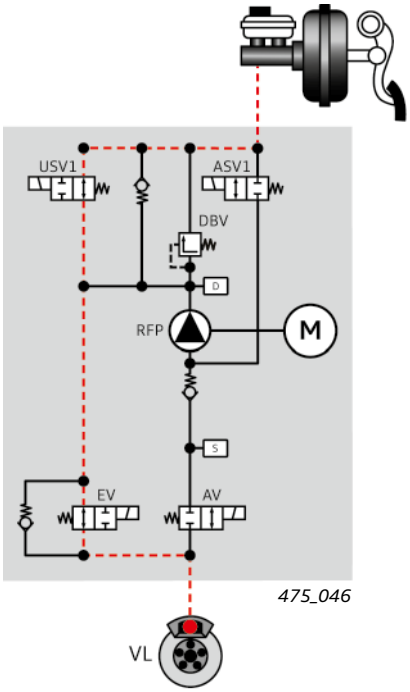


475_045

Bremsdruckabbau
Wird die Ansteuerung der Ventile deaktiviert, wird die direkte Verbindung von Radbremse und Bremsflüssigkeitsbehälter wieder hergestellt. Der Bremsdruck wird abgebaut.

Durch die aktiven Bremseingriffe erwärmen sich die Bauteile der Radbremsen. Um eine Überhitzung und dadurch verursachte Beschädigung zu verhindern, ist in der Software ein Temperaturmodell integriert. Auf Basis der Dauer der Bremseingriffe, der Fahrgeschwindigkeit, des jeweiligen Bremsdrucks und der Materialwerte der Bauteile werden die Temperaturen der Bremsscheiben berechnet. Werden Temperaturgrenzwerte erreicht, wird die Regelung gleitend deaktiviert.

Je nach Fahrzeugmodell ist die EDS-Funktion bis zu einer bestimmten Maximalgeschwindigkeit aktiv.



475_046

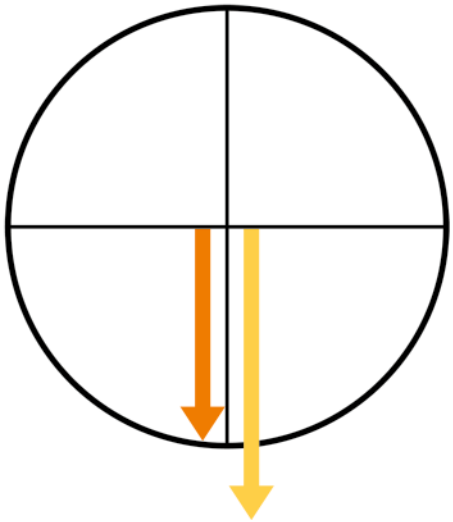
Antriebsschlupfregelung (ASR)

Die ASR-Regelung unterstützt den Fahrer bei Anfahr- und Beschleunigungsvorgängen. Vor allem bei hochmotorisierten Fahrzeugen kann es bei widrigen Straßenverhältnissen durch den geringen Reibungskoeffizienten zwischen Reifen und Fahrbahn und die großen Antriebsmomente zu erhöhtem Antriebsschlupf kommen. Im Extremfall drehen die Antriebsräder sogar zeitweise durch. Dadurch wird nicht nur der Vortrieb eingeschränkt, auch die Lenkbarkeit des Fahrzeugs ist beeinträchtigt. Das kann besonders bei Beschleunigungsvorgängen bei Kurvenfahrt zu fahrdynamisch kritischen Situationen führen.
ASR verhindert wirkungsvoll, dass der Antriebsschlupf ein kritisches Maß erreicht.



475_047

Darstellung im „Kamm'schen Kreis:
Die wirksame Antriebskraft (gelber Pfeil) ist größer als die maximal übertragbare. Der Antriebsschlupf erreicht ein kritisches Maß, ASR beginnt zu regeln. Die Antriebsleistung (Antriebskraft) wird auf einen in Vortrieb umsetzbaren Wert (oranger Pfeil) reduziert.

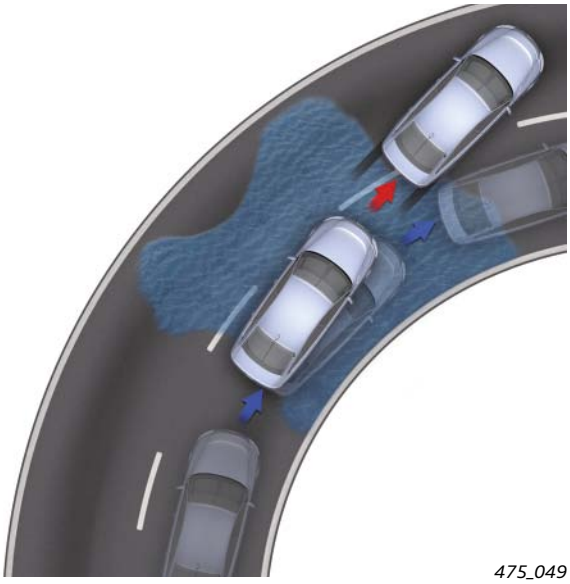


475_048

Aufbau und Funktionsweise des ASR-Systems
Für die Realisierung des ASR ist keine zusätzliche Hardware zum ABS mit EDS erforderlich. Die Regelungssoftware wird wie bei EDS mit in das ABS-Steuergerät integriert.
Die Kommunikation zwischen ASR und dem Motormanagement findet bei allen aktuellen Audi Modellen über Datenbus statt.

ASR gibt bei zu großem Antriebsschlupf dem Motorsteuergerät den Auftrag, das Drehmoment zu reduzieren. Dadurch werden die Antriebskräfte in der Radaustandsfläche reduziert. Der Antriebsschlupf wird reduziert und zusätzliche Seitenführungskräfte können bei Bedarf übertragen werden. Dadurch bleibt das Fahrzeug lenkbar und der oben beschriebene Fall eines kritischen Fahrzustands wird verhindert.

Die Regelung kann bei einigen Fahrzeugmodellen über den ASR-Taster abgeschaltet werden (s. Seite 68). Bei „Zündung ein" ist die ASR jedoch immer aktiviert.



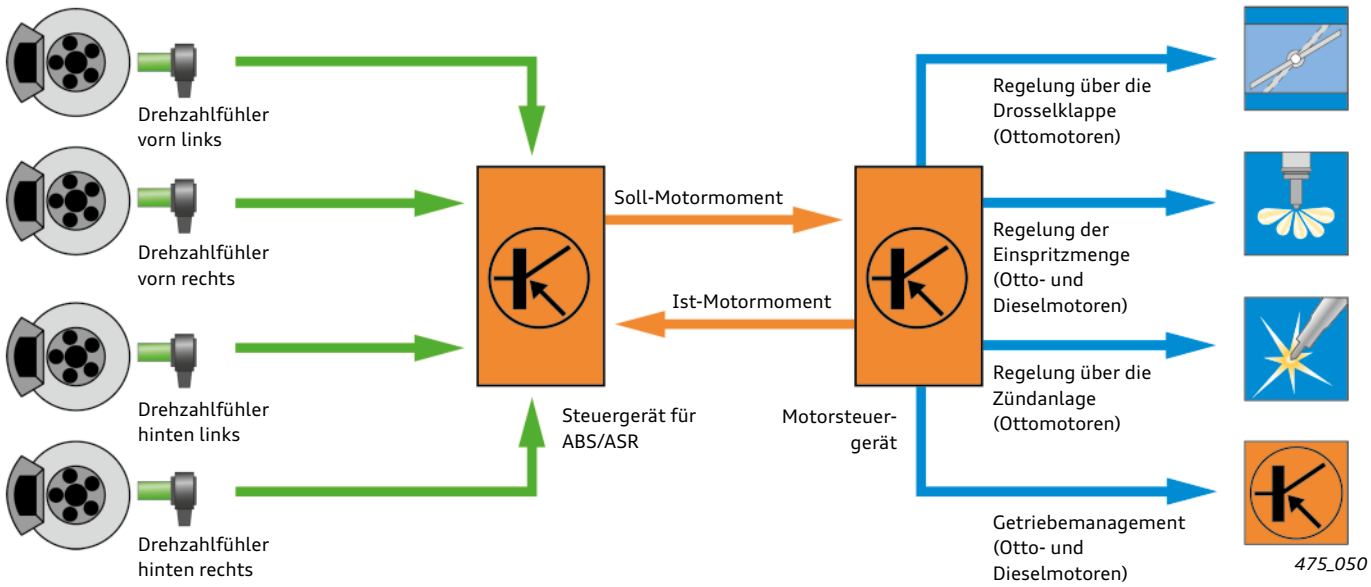
475_049

Wesentliche Eingangsinformationen für die ASR-Regelungssoftware sind die Raddrehzahlen und das jeweils aktuelle Drehmoment des Fahrzeugmotors („Ist-Motormoment“). Die Raddrehzahlinformationen sind die Basis für die Ermittlung des Antriebsschlupfs der angetriebenen Räder. Erreicht dieser Wert an einem Rad den vorgegebenen Grenzwert, wird ASR aktiv. ASR ermittelt die erforderliche Drehmomentreduzierung, um den Schlupf auf ein unkritisches Maß zu vermindern. Das Motorsteuergerät bekommt den „Auftrag“, das Motordrehmoment entsprechend zu reduzieren. Das dabei zu realisierende Drehmoment wird dem Motorsteuergerät in Form einer konkreten Momentenvorgabe übermittelt („Soll-Motormoment“)

Gleichzeitig erhält bei Fahrzeugen mit Automatikgetriebe oder automatisiertem Schaltgetriebe das Getriebesteuergerät die Anforderung, keine Schaltvorgänge während der aktiven Regelung vorzunehmen.
Das Motorsteuergerät kann eine Leistungsreduzierung durch entsprechende motorische Maßnahmen realisieren:

- Verstellwinkeländerung der Drosselklappe
- Reduzierung der Einspritzmenge bzw. Ausblendung von Einspritzimpulsen
- Zündwinkelverstellung (Spätzündung) oder Ausblendung von Zündimpulsen

Welche Maßnahmen zur Anwendung kommen, ist von der Applikation abhängig (vom Fahrzeugtyp, von der Motorisierung, etc.).



Einsatz von ASR und EDS

ASR und EDS ergänzen sich. Beide Systeme erfüllen die Aufgabe, die Traktion des Fahrzeugs zu verbessern.
Die ASR-Regelung beeinflusst aufgrund der Drehmomentreduzierung beide Räder einer angetriebenen Achse in gleichem Maß.
Wenn beide Räder einen zu großen Antriebsschlupf aufweisen, ist die ASR-Regelung die geeignete Maßnahme, diesen Schlupf zu begrenzen.

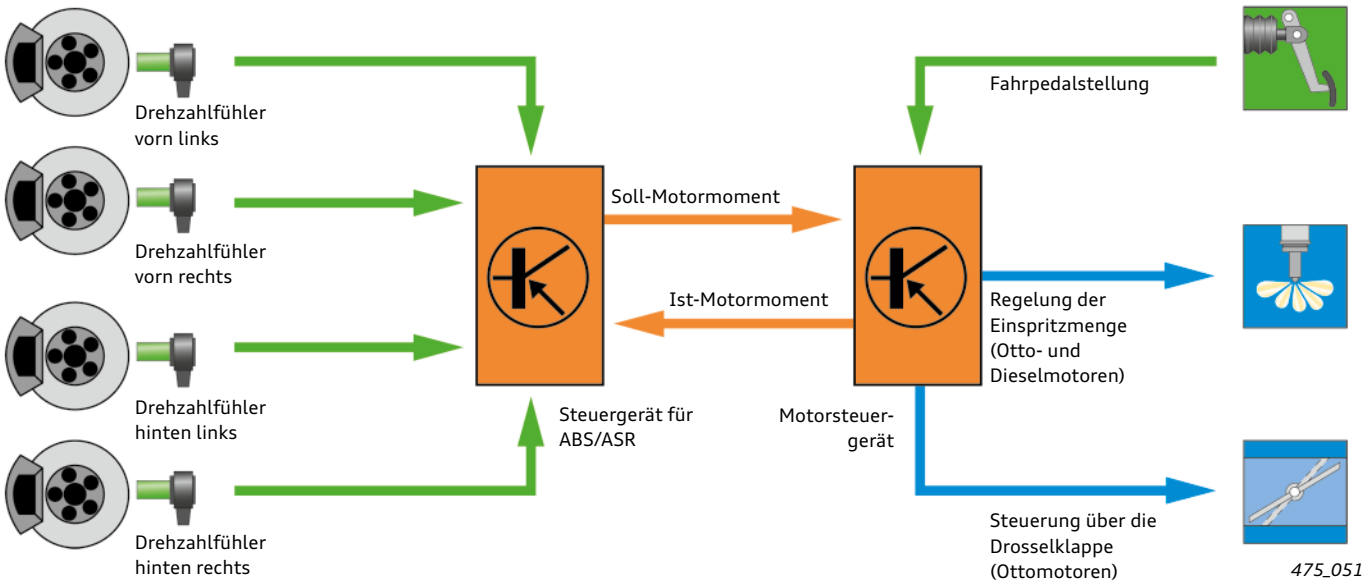
In bestimmten Situationen befinden sich die angetriebenen Räder jedoch auf unterschiedlich „griffiger“ Fahrbahn. In diesen Fällen wird das Rad mit dem geringeren Reibungskoeffizienten größeren Antriebsschlupf aufweisen. Hier wird vorzugsweise die EDS-Regelung aktiviert.
Ist in der Folge der Antriebsschlupf an beiden Rädern zu hoch und annähernd gleich groß, wird ASR aktiviert.

Motorschleppmomentregelung (MSR)

Aufgabe der MSR ist es, den Bremsschlupf an den angetriebenen Rädern, der durch Einsatz der Motorbremse entsteht, zu begrenzen. Die Regelungssoftware ist im ABS-Steuergerät integriert.

Nimmt der Fahrer während der Fahrt den Fuß vom Fahrpedal, wird die Drehzahl des Antriebsmotors plötzlich stark reduziert. Die Antriebsräder werden dadurch entsprechend abgebremst. In Abhängigkeit von den Reibverhältnissen zwischen Fahrbahn und Reifen baut sich entsprechender Bremsschlupf auf. Im Extremfall kann es zum Blockieren der Räder kommen, verbunden mit dem Verlust der Lenkfähigkeit des Fahrzeugs.
Der gleiche Zustand kann eintreten, wenn der Fahrer eine für den jeweiligen Fahrzustand zu niedrige Gangstufe einschaltet.

Durch Auswertung der Raddrehzahlen ermittelt die Regelungssoftware die Schlupfwerte der angetriebenen Räder. Überschreitet der Bremsschlupf an einem Rad einen festgelegten Grenzwert, wird die Regelung aktiviert. Auf Basis des vom Motorsteuergerät empfangenen Ist-Motormoment-Werts berechnet MSR das zur Reduzierung des Bremsschlupfs erforderliche Motormoment. Dieser berechnete Wert wird dem Motorsteuergerät als Soll-Motormoment-Anforderung übermittelt. Das Motorsteuergerät realisiert dieses Sollmoment durch entsprechende motorische Maßnahmen (Änderung der Drosselklappenstellung). Die Drehzahl der angetriebenen Räder wird dadurch wieder erhöht und der Schlupf reduziert. Die realisierten Schlupfwerte liegen in einem Bereich, der ein bestmögliches Motorbremsmoment ermöglicht. Gleichzeitig ist noch ausreichendes Potenzial für Seitenführungskräfte (Lenkbarkeit des Fahrzeugs) gegeben.



Die MSR wird bei Bedarf aktiv, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- unbetätigtes Fahrpedal
- unbetätigtes Kupplungspedal
- eingelegter Gang

Die MSR ist unter den genannten Voraussetzungen auch bei abgebremstem Fahrzeug aktiv.

Bosch ABS/ESC-Systeme verfügen bei Fahrzeugen mit Automatikgetrieben über eine weitere Funktion, die bei gleichzeitiger Betätigung von Fahrpedal und Bremspedal aktiviert wird. Diese Funktion ist speziell für den Anfahrvorgang konzipiert und ist bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von etwa 15 km/h wirksam. Wird zuerst das Bremspedal betätigt und im Anschluss daran zusätzlich das Fahrpedal, sendet das Steuergerät für ABS J104 eine Busbotschaft an das Motorsteuergerät.

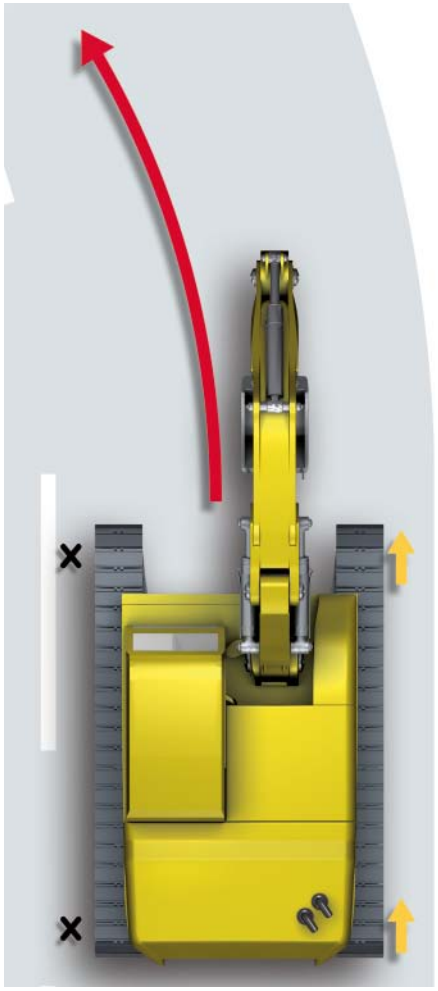
Das Motorsteuergerät wird damit „beauftragt“, das Motormoment zu reduzieren. Die Höhe der jeweiligen Reduktion ist dabei abhängig von der Höhe des vom Fahrer eingesteuerten Bremsmoments. Überschreitet das Maß der Fahrpedalbetätigung den Betätigungsweg des Bremspedals um einen vorgegebenen Grenzwert (etwa 30 %), wird die Funktion abgebrochen. Ein Abbruch erfolgt ebenfalls bei Ausführung von „kickdown“.

Elektronische Stabilisierungskontrolle (ESC)

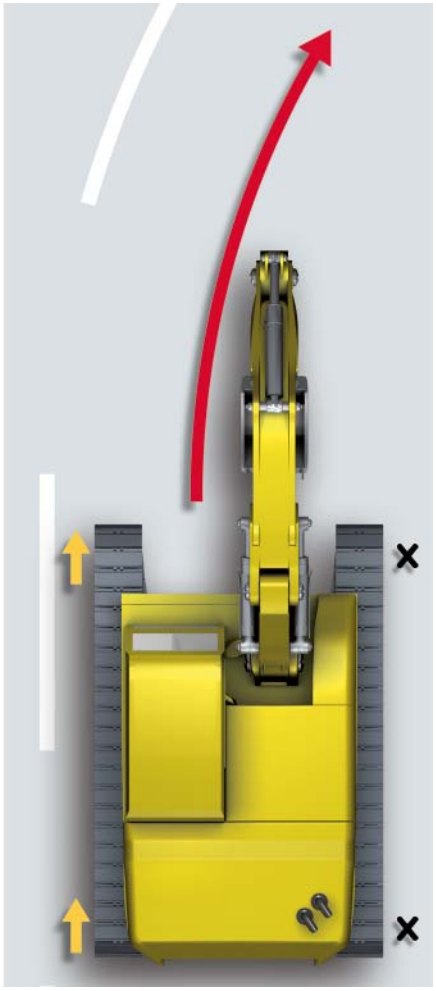
Grundprinzip

Das Grundprinzip des ESC-Systems ist schnell beschrieben: Durch Abbremsen einzelner Räder kann die Fahrtrichtung eines Fahrzeugs beeinflusst werden.

Besonders anschaulich kann dies am Beispiel eines Kettenfahrzeugs beobachtet werden. Hier nutzt man dieses Verhalten gezielt aus, um das Fahrzeug zu steuern.



Abbremsen der linken Kettenräder führt zum Befahren einer Linkskurve

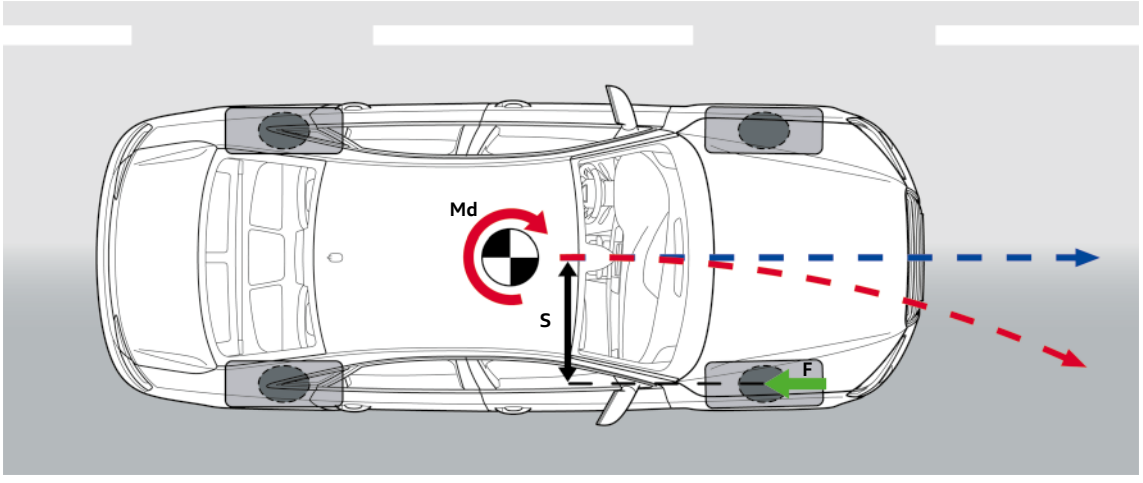


Abbremsen der rechten Kettenräder führt zum Befahren einer Rechtskurve

475_052

Am dargestellten Fahrzeug wird das rechte Vorderrad während der Geradeausfahrt abgebremst. Die an diesem Rad wirksame Bremskraft F hat den Abstand s von der Fahrzeughochachse. Dadurch erzeugt die Bremskraft ein Drehmoment Md um die Fahrzeughochachse.

Drehmoment = Kraft x Hebelarm
Md = F x s
Findet keine Lenkkorrektur durch den Fahrer statt, bewirkt dieses Drehmoment eine Änderung der Fahrtrichtung (Eindrehen nach rechts).

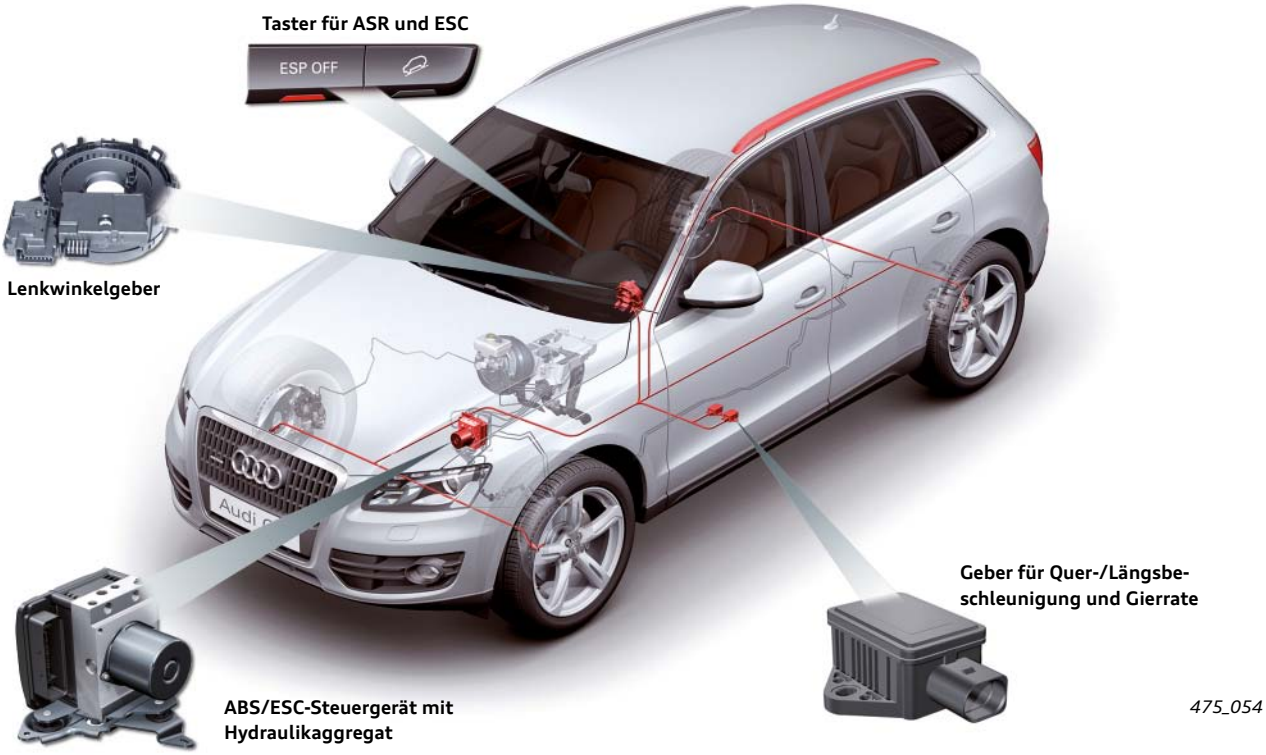


475_053

Aufbau - Übersicht

Gegenüber ABS mit EDS kommt eine im Aufbau geänderte Hydraulikeinheit zum Einsatz. Die Regelungssoftware für ESC und die der anderen Regelsysteme befinden sich zentral in einem Steuergerät. Außer den Raddrehzahlsensoren sind für die ESC-Funktion weitere Sensoren erforderlich, die die Fahrzeugbewegungen erfassen. Bei den aktuellen Audi Modellen befinden sich diese Sensoren zur Erfassung der Fahrzeugbewegungen in einem zentralen Bauteil bzw. im ABS/ESC-Steuergerät (Audi A1, A3) oder im Steuergerät für elektromechanische Feststellbremse (Audi Q3).

Zusätzlich zu ABS mit EDS ist auch ein Drehwinkelsensor für die Erfassung des Lenkradwinkels erforderlich. Kontrollleuchten und Displayanzeigen informieren den Fahrer über den Systemzustand. Mit einem Schalter (Taster) kann der Fahrer je nach Fahrzeugmodell bestimmte Systemab- und -umschaltungen vornehmen.



geänderte/zusätzliche Systemkomponenten zur Realisierung der ESC-Funktion

Funktion

Wie der Name schon angibt, dient das ESC zum Stabilisieren des Fahrzeugs bei fahrdynamisch kritischen Fahrzuständen. Dazu nutzt das System generell drei verschiedene Einflussnahmen:

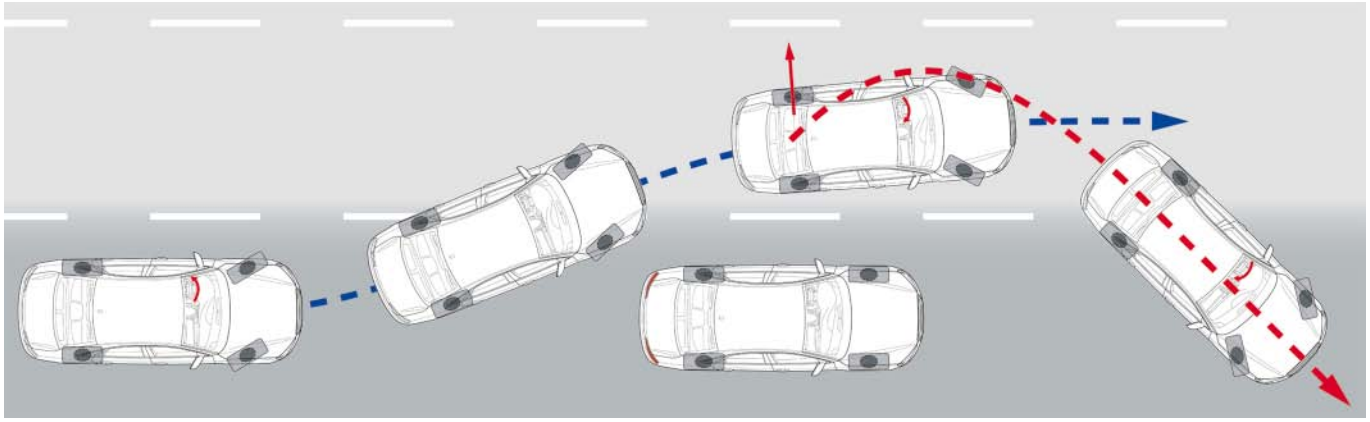
- aktiver Bremsdruckaufbau mit Bremseingriff an bestimmten Rädern
- Eingriffe in das Motormanagement zur Leistungsreduzierung
- Eingriffe in das Getriebemanagement zur Schaltunterdrückung

Bei Fahrzeugen mit Dynamiklenkung werden durch das ESC bei Bedarf auch stabilisierende Lenkwinkelkorrekturen eingeleitet. (Detailinformationen s. Seite 64/65)

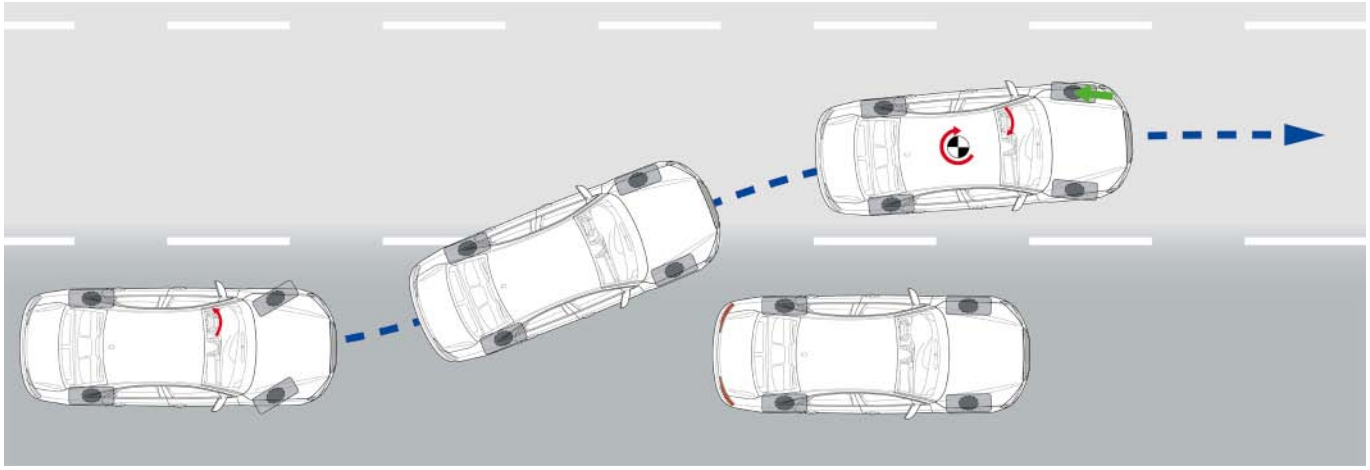
Im Vordergrund der Regelung stehen die Bremseingriffe.
Die Leistungsreduzierung erfolgt durch dieselben Maßnahmen, die bei der ASR-Funktion zur Anwendung kommen. (s. Seite 26/27)

Am Beispiel eines Ausweichvorgangs ist ein ESC-Regelvorgang mit Bremseingriff im Folgenden dargestellt:

Der Fahrer bemerkt vor sich ein stehendes Fahrzeug auf seiner Fahrspur. Durch eine schnelle Lenkbewegung steuert er das Fahrzeug auf die benachbarte linke Fahrspur. Aufgrund widriger Straßenverhältnisse neigt das Fahrzeug zum Übersteuern, das Fahrzeugheck hat die Tendenz auszubrechen. Das Fahrzeug würde sich ohne entsprechenden Regeleingriff „querstellen“. Auch eine durch den Fahrer eingeleitete Gegenlenkbewegung reicht zur Stabilisierung des Fahrzeuges nicht aus.
ESC reagiert durch aktiven Bremsdruckaufbau am linken Vorderrad. Das dadurch erzeugte Drehmoment wirkt dem Ausbrechen des Fahrzeughecks entgegen und stabilisiert so das Fahrzeug.
ESC-Regelungen laufen im Bereich von Millisekunden ab. Zur Anwendung kommen die bereits beschriebenen Teilfunktionen „Bremsdruck aufbauen“, „Bremsdruck halten“ und „Bremsdruck abbauen“.



ohne ESC-Regelung: Das Fahrzeug übersteuert und folgt nicht der beabsichtigten Fahrtrichtung *475_055*



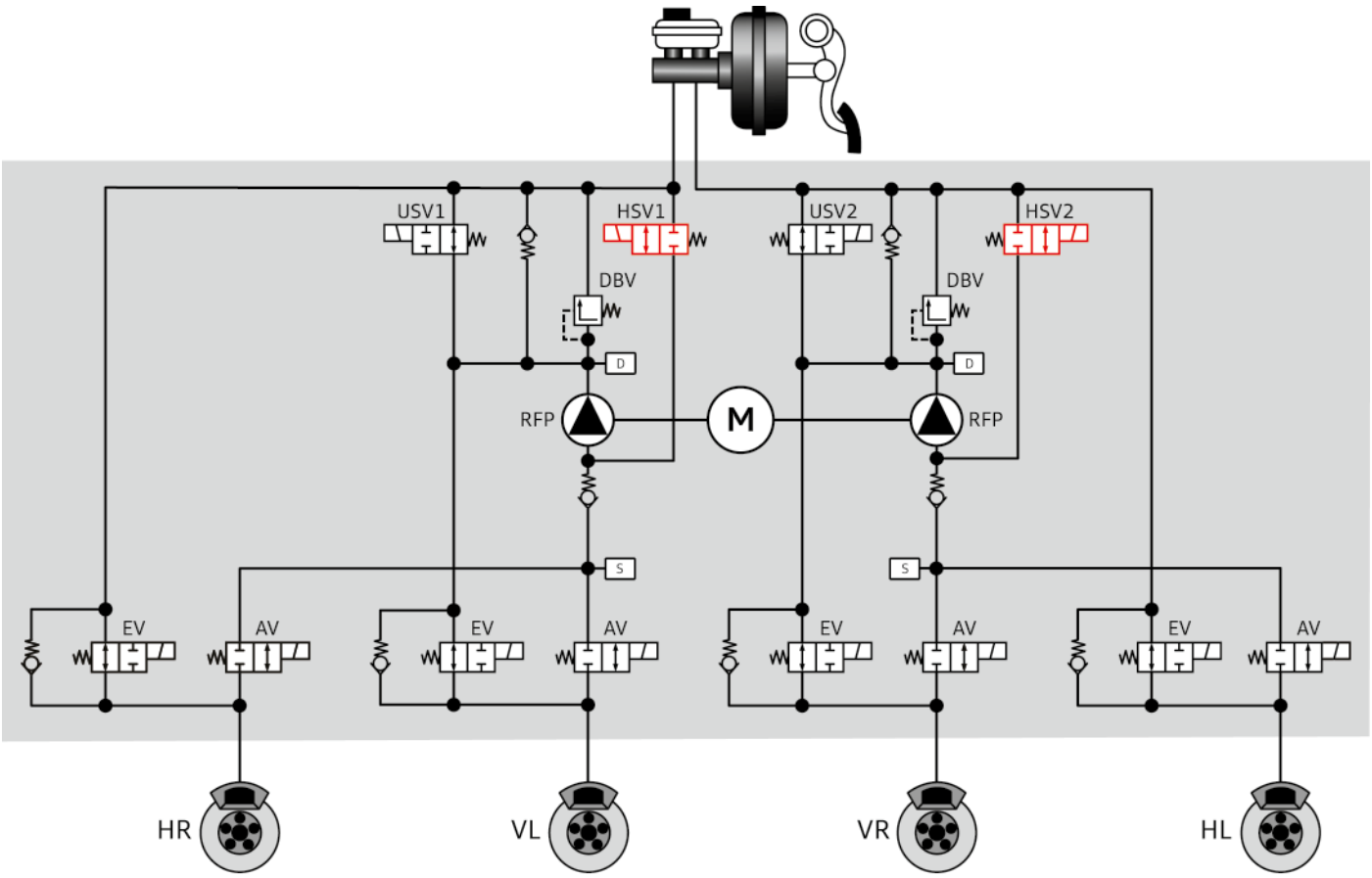
475_056

mit ESC-Regelung: Durch gezieltes Abbremsen des linken Vorderrades wird ein stabilisierendes Drehmoment um die Fahrzeughochachse erzeugt. Das Übersteuern wird verhindert und das Fahrzeug folgt der beabsichtigten Fahrtrichtung.

Hydraulikeinheit

Im Vergleich zur ABS/EDS-Hydraulikeinheit ist für die ESC-Regelung eine Erweiterung notwendig. EDS ist in der Lage, automatisch Bremsdruck an den angetriebenen Rädern aufzubauen. ESC muss jedoch auch bei Fahrzeugen mit Frontantrieb Bremsdruck an allen vier Rädern individuell einsteuern können. Außerdem müssen die Ansaugventile für die Rückförderpumpe im Unterschied zu EDS in der Lage sein, auch bei vollem, durch den Fahrer eingesteuerten Bremsdruck zu schalten. Dies ist erforderlich, da im Unterschied zum EDS die ESC-Regelung bei Bedarf auch während eines Bremsvorgangs realisiert werden muss.

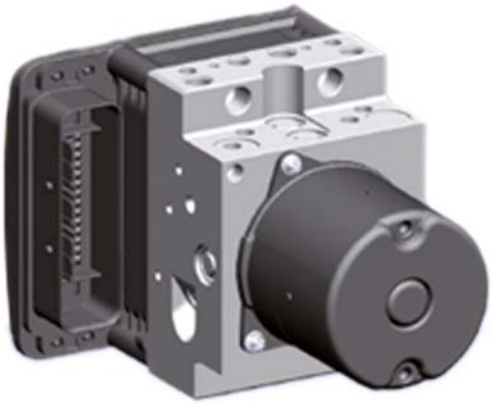
In diesem Fall wird der Bremsdruck an dem entsprechenden Rad zusätzlich über das vom Fahrer eingesteuerte Maß hinaus erhöht. Als Ansaugventile kommen deswegen in der ESC-Hydraulikeinheit spezielle Hochdruckschaltventile zum Einsatz. Die hydraulische Realisierung der Teilfunktionen „Bremsdruck aufbauen“, „Bremsdruck halten“ und „Bremsdruck abbauen“ entspricht der der EDS-Funktion (siehe Seite 25). Bei den aktuellen Audi Modellen ist die Hydraulikeinheit mit dem Steuergerät als Einheit verbaut.



475_057

HSV 1: Hochdruckschaltventil für den Schwimmkolbenkreis des Hauptbremszylinders
HSV 2: Hochdruckschaltventil für den Druckstangenkolbenkreis des Hauptbremszylinders
AV: Auslassventil
D: Dämpferkammer
DBV: Druckbegrenzungsventil
EV: Einlassventil
RFP: Rückförderpumpe
S: Speicherkammer
USV 1: Umschaltventil für den Schwimmkolbenkreis des Hauptbremszylinders
USV 2: Umschaltventil für den Druckstangenkolbenkreis des Hauptbremszylinders

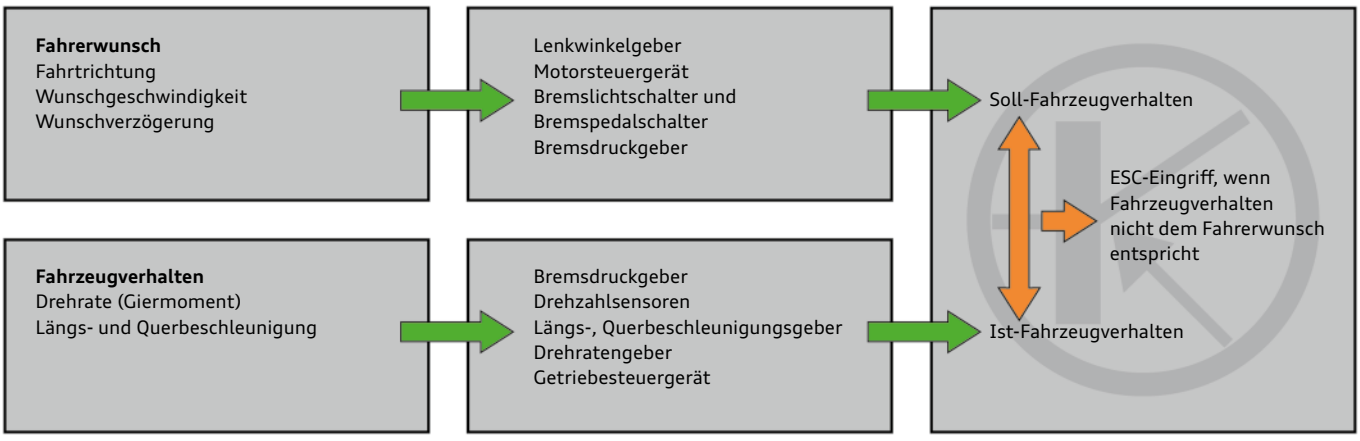
Steuergerät
Die Software für die ESC-Regelung ist gemeinsam mit der für ABS-, EBV-, EDS- und ASR-Regelung in einem Steuergerät integriert.
Das Steuergerät ermittelt und vergleicht permanent das Fahrzeug-Ist- und das Fahrzeug-Soll-Verhalten. Überschreitet die Abweichung von Soll- und Ist-Verhalten vorgegebene Grenzwerte, wird die Regelung aktiviert.



475_029a

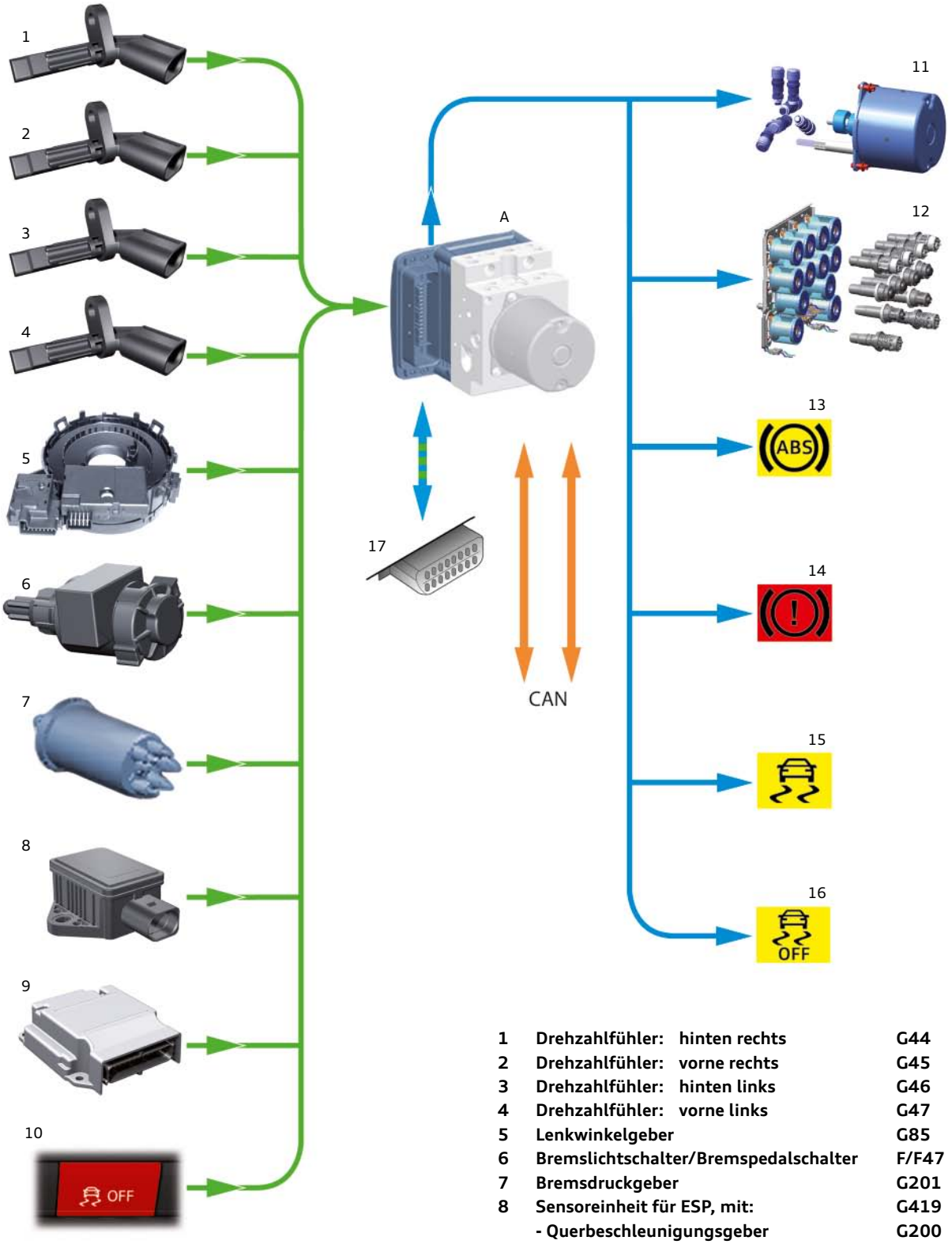
Ermittlung des Fahrzeug-Ist-Verhaltens:
Ausgewertet werden die Messwerte der Drehrate (Giermoment um die Fahrzeughochachse), der Längs- und Querbeschleunigung. Aus den Messwerten der Drehzahlfühler werden die Rad-Schlupfwerte sowie Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung und Verzögerung ermittelt. Der (die) Bremsdruckgeber liefern die Information zum aktuellen Druck im Primärkreis des Bremssystems. Bei Fahrzeugen mit Automatikgetriebe wird dem ABS/ESC-Steuergerät außerdem die aktuelle Gangwahl durch eine Datenbusbotschaft übermittelt.

Ermittlung des Fahrzeug-Soll-Verhaltens:
Zur Bestimmung des Soll-Verhaltens des Fahrzeuges müssen folgende Fahreraktivitäten erfasst werden: Lenken, Betätigung des Fahrpedals (Beschleunigen/Verzögern) und Bremsen.
Der Messwert des Lenkwinkelgebers übermittelt den Fahrtrichtungswunsch des Fahrers. Die Betätigung des Fahrpedals durch den Fahrer wird dem ABS/ESC-Steuergerät durch eine Busbotschaft vom Motorsteuergerät mitgeteilt. Durch das Signal des Bremslichtschalters berücksichtigt das Steuergerät einen durch den Fahrer eingeleiteten Bremsvorgang. Der Messwert des Bremsdruckgebers liefert ein redundantes Signal, das dann auch eine Grundlage für die Berechnung von stabilisierenden ESC-Bremseingriffen ist.



475_058

ESC-Systemübersicht



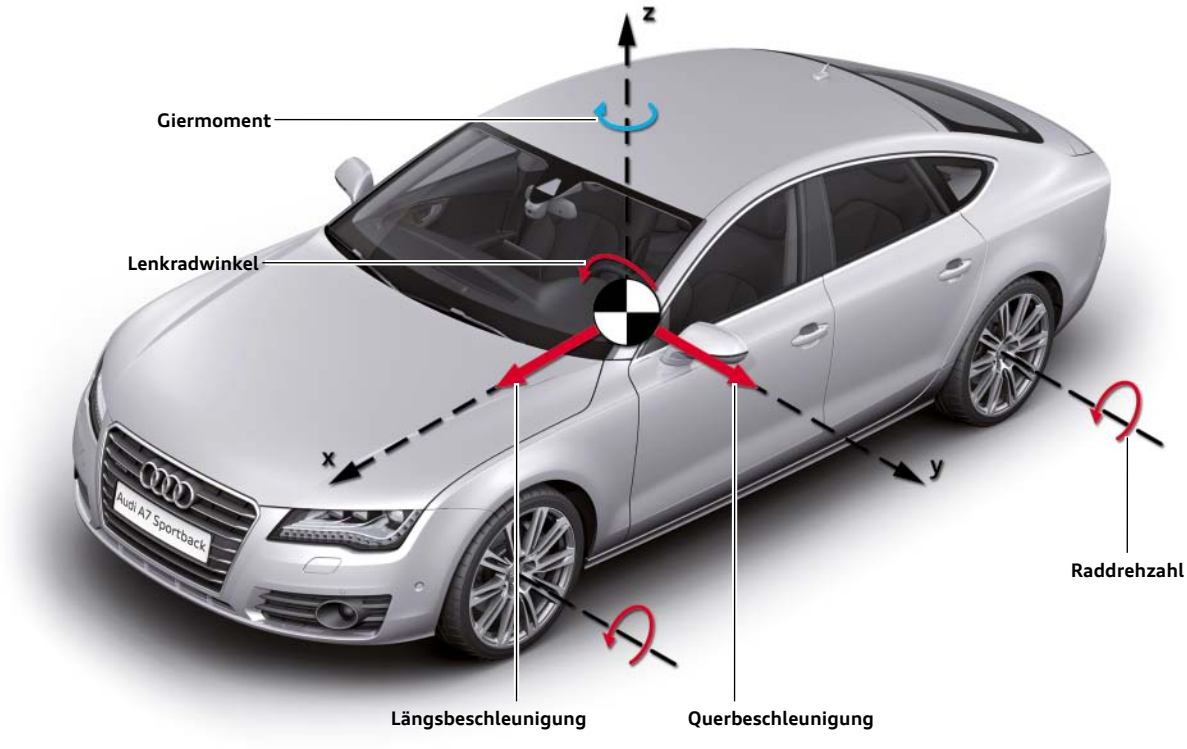
475_059

1	Drehzahlfühler: hinten rechts	G44
2	Drehzahlfühler: vorne rechts	G45
3	Drehzahlfühler: hinten links	G46
4	Drehzahlfühler: vorne links	G47
5	Lenkwinkelgeber	G85
6	Bremslichtschalter/Bremspedalschalter	F/F47
7	Bremsdruckgeber	G201
8	Sensoreinheit für ESP, mit:	G419
	- Querbeschleunigungsgeber	G200
	- Drehratengeber	G202
	- Längsbeschleunigungsgeber	G251
9	Steuergerät für Sensorelektronik (alternativ zu G419)	J849
10	Taster für ASR und ESC	E256
11	Hydraulikeinheit mit Rückförderpumpe und Schaltventilen	
12	Magnetventile	
13	Kontrollleuchte für ABS	K47
14	Kontrollleuchte für Bremsanlage	K118
15	Kontrollleuchte für ESC und ASR	K155
16	Kontrollleuchte 2 für ESC und ASR	K216
17	Diagnoseanschluss	
A	Steuergerät für ABS/ESC	

Sensoren

Um diese äußerst komplexen Regelvorgänge realisieren zu können, reichen die Signale der Raddrehzahlen allein nicht aus. Wichtig ist die Kenntnis der Bewegungen des Fahrzeugs (Fahrzeugdynamik) sowie die des Lenkradwinkels.

Alle Fahrzeugbewegungen werden durch spezielle Sensoren Querbeschleunigung, Längsbeschleunigung und Giermoment (Drehbewegung um die Fahrzeughochachse) erfasst.
Der Lenkradwinkel kennzeichnet den Fahrerwunsch (beabsichtigte Fahrtrichtung).



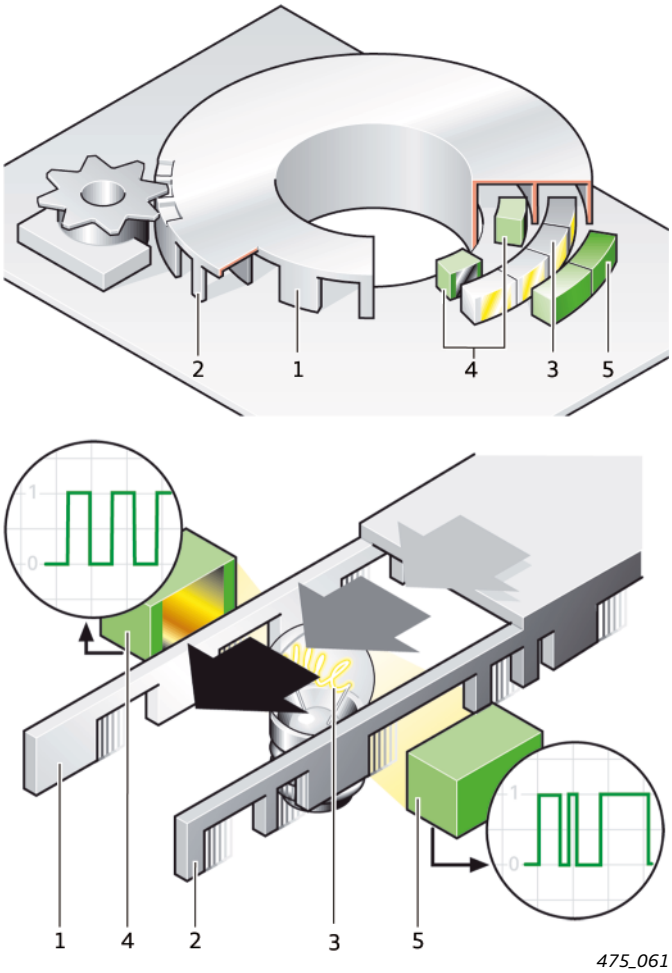
475_060

Lenkwinkelgeber

In den aktuellen Audi Modellen kommen drei verschiedene Geber zum Einsatz. Alle verwendeten Geber legen den Lenkradwinkel als Botschaft auf den Datenbus.

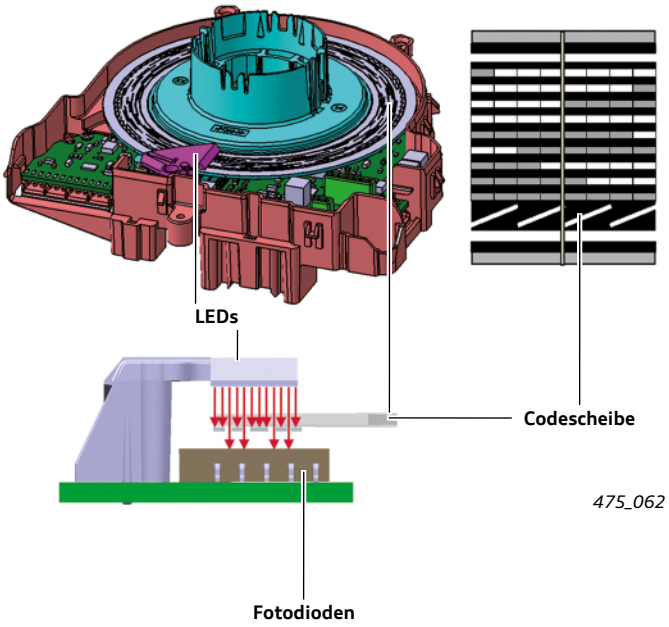
Der im Audi Q7 eingesetzte Geber hat ein optisches Funktionsprinzip.

Fällt das Licht der Dioden (3) durch die Inkrementallochmaske (1) und Absolutlochmaske (2) auf die optischen Sensoren (4+5) entsteht eine Signalspannung, die sich durch die unterschiedliche Zahnteilung ändert.
Diese „Codierung“ wird von der Elektronik ausgewertet und liefert eine Winkelinformation im Messbereich von 0-360°.

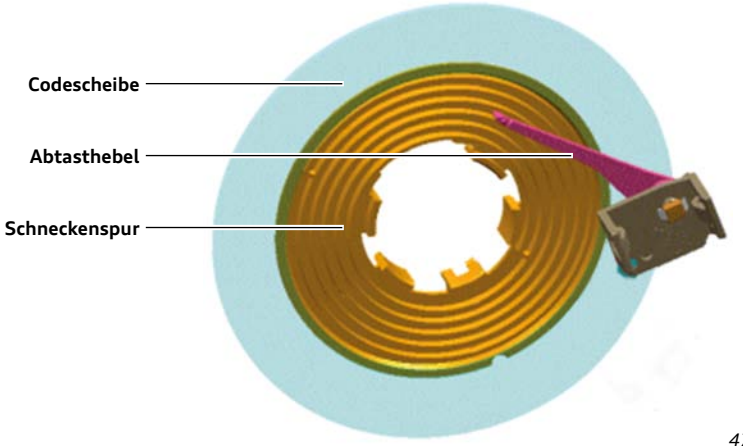


475_061

In den aktuellen Audi Modellen A3, TT, Q5, A8, R8 kommt ein Gebersystem zum Einsatz, das den Lenkwinkel auf Basis eines Kamerasystems ermittelt.
Als „Kamera“ werden Fotodioden genutzt, die im Gebergehäuse (feststehend) verbaut sind. Mit der Lenkspindel ist eine Codescheibe verbunden. Auf dieser Scheibe sind verschiedene Codespuren analog und digital aufgebracht (ähnlich einem Barcode). Die nicht bedruckten Bereiche dieser Codespuren sind transparent. Als Lichtquelle werden LEDs genutzt.
Die Fotodioden empfangen das durch die transparenten Bereiche der Codespuren dringende Licht und tasten so die sich mit jeder Lenkradbewegung drehenden Codespuren ab. Die Erkennung, ob sich das Lenkrad im Drehwinkelbereich von 0°-360° (im Bereich einer Umdrehung) befindet oder im Bereich von 361°-720°, erfolgt durch einen zusätzlichen mechanischen Abgriff. Ähnlich wie bei einer Schallplatte wird dabei ein kleiner Hebel in einer Schneckenspur auf der Unterseite der Codescheibe geführt. Die Auswertung der Codesignale und der Position des mechanischen Hebels liefert das Signal des Lenkradwinkels.

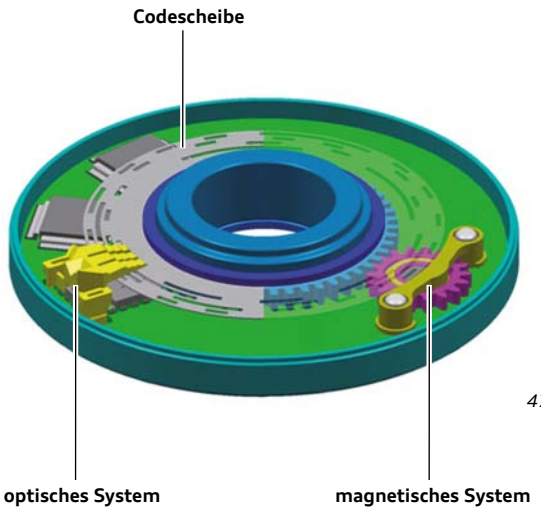


475_062



475_063

In den aktuellen Audi Modellen A6 und A7 kommt ein Sensor zum Einsatz, dessen Funktionsweise optisches und magnetisches Funktionsprinzip kombiniert. Dabei funktioniert der optische Sensor ähnlich wie der oben beschriebene Sensor. Mit dem Rotor, der auf der Lenkspindel befestigt ist, ist die Codescheibe verbunden. Der Rotor ist als Zahnrad ausgebildet. Dieses Zahnrad steht im permanenten Eingriff mit einem kleineren, im Gehäuse gelagerten zweiten Zahnrad. Dieses zweite Zahnrad ist mit einem zweipoligen Permanentmagneten verbunden. Durch jede Lenkbewegung wird der Magnet in eine Drehbewegung versetzt. Zwei im Gehäuse gelagerte Hallsensoren erfassen die Position (Drehwinkel) des Magneten. Durch Auswertung des optischen Signals und des Hallsignals kann die Elektronik den Lenkradwinkel in seinem gesamten Verstellbereich erfassen.



475_064

Sensoren für Querbeschleunigung, Längsbeschleunigung und Gierrate

Es kommen zwei verschiedene Sensoreneinheiten zum Einsatz, in die die genannten Sensoren integriert sind.
Ausnahmen bilden die aktuellen Modelle Audi A1, A3 und Q3. Beim Audi A1 und A3 sind die Sensoren Bestandteil des Steuergerätes für ABS J104. Beim Audi Q3 sind die Sensoren in das Steuergerät für elektromechanische Feststellbremse J540 integriert.

Die „klassische“ Sensoreinheit für ESP G419 wird in Fahrzeugen ohne FlexRay-Datenbus eingesetzt.



475_065

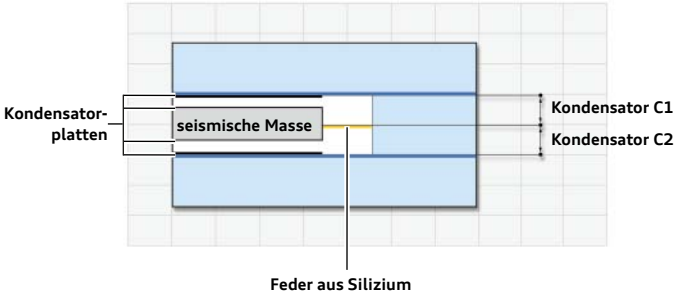
Steuergerät für Sensorelektronik J849



475_065a

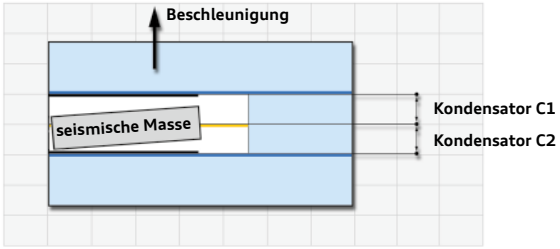
Sensoreinheit für ESP G419

Quer- und Längsbeschleunigungssensoren arbeiten nach dem Prinzip der „seismischen Masse“. Vereinfacht dargestellt befindet sich dabei eine schwingend gelagerte Masse zwischen zwei Kondensatorplatten. Die Masse selbst ist beidseitig mit Kontakten versehen, so dass mit den beiden äußeren Kondensatorplatten zwei Kondensatoren gebildet werden.



475_066

Wird das Fahrzeug beschleunigt, ändert die Masse aufgrund ihrer Trägheit ihre Lage zwischen den Kondensatorplatten. Dadurch ändert sich auch der Abstand der Platten beider Kondensatoren. Wird der Abstand größer, nimmt die Kapazität des Kondensators ab. Im Beispiel wird die Kapazität des Kondensators C1 kleiner, die von C2 größer. Diese Kapazitätsänderungen werden durch die Elektronik ausgewertet und sind ein direktes Maß für die jeweilige Beschleunigung.



475_067

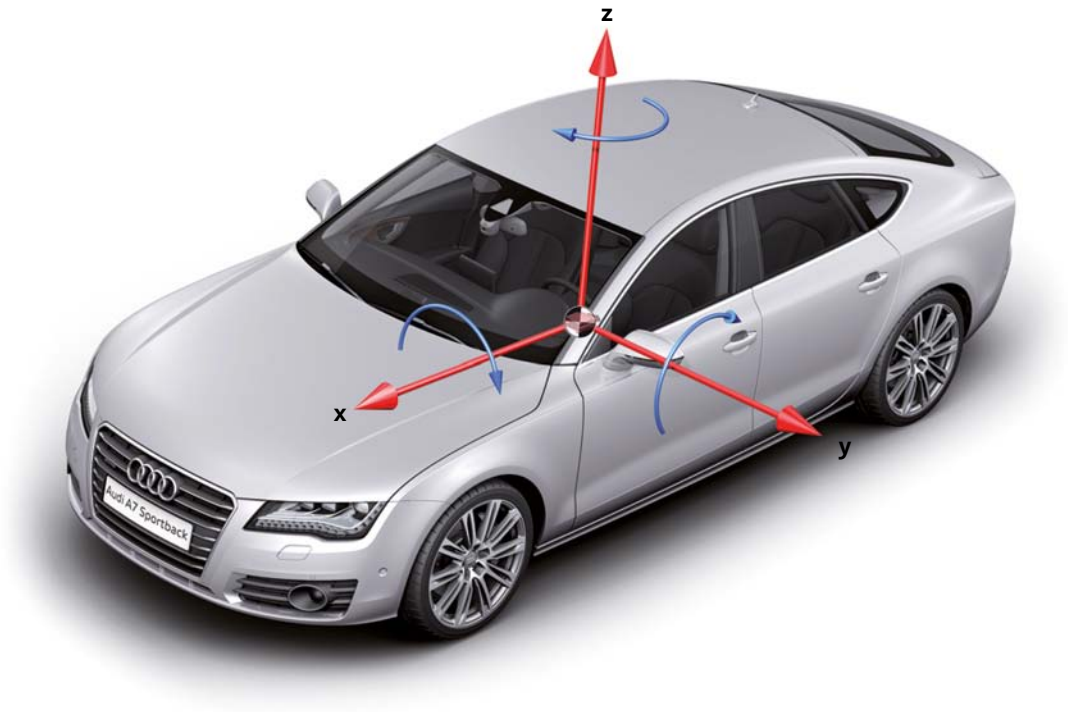
Der Längsbeschleunigungsgeber ist bei den Modellen Audi A3 und TT erforderlich, wenn diese mit quattro-Antrieb und/oder Berganfahrassistent/Anfahrassistent ausgestattet sind. Bei diesen Modellen wird der quattro-Antrieb durch eine Haldex-Kupplung realisiert. Bedingt durch ihre Funktionsweise existiert bei geschlossener Kupplung eine starre Kopplung von Vorder- und Hinterrädern. Bei niedrigen Reibwerten kann in diesen Fällen das ESC unter bestimmten Umständen die reale Fahrzeuggeschwindigkeit aus den Messwerten der Drehzahlfühler nicht mehr genau genug ermitteln. Das Signal des Längsbeschleunigungsgebers kann dann als Referenzsignal dienen. Für die Funktionen Berganfahrassistent und Anfahrassistent ist die Kenntnis des Neigungswinkels der Fahrbahn wichtig. Auch der Längsbeschleunigungsgeber arbeitet nach dem Funktionsprinzip der „seismischen Masse“.

Je nach Größe des Neigungswinkels der Fahrbahn ändert sich auch die Wirkrichtung der Erdbeschleunigung (Gravitation) auf die seismische Masse und damit auch der Messwert des Sensors. Ältere Fahrzeugmodelle mit elektromechanischer Parkbremse sind ebenfalls mit einem Längsbeschleunigungsgeber ausgestattet. Dessen Messwerte werden sowohl für die Parkbremsfunktion als auch für Anfahrassistent und Berganfahrassistent ausgewertet. Je nach Fahrzeugmodell ist der Längsbeschleunigungsgeber Bestandteil des Steuergerätes für ABS J104, der Sensoreinheit für ESP G419 oder des Steuergerätes für Sensorelektronik J849.

In den aktuellen Fahrzeugen mit FlexRay-Datenbus (Audi A6, A7 und Audi A8) erfolgt die Ermittlung der Fahrzeugbewegungen durch das Steuergerät für Sensorelektronik J849. Dieses Steuergerät wird in mehreren Varianten je nach Fahrzeugausstattung eingesetzt. In der Maximalausstattung sind Sensoren zur Erfassung der Längs-, Vertikal- und Querbeschleunigungen sowie der Drehmomente um die drei Fahrzeugachsen x, y und z integriert. Für die ESC-Funktion sind die Signale für Quer- und Längsbeschleunigung sowie das der Drehrate um die Fahrzeughochachse (Giermoment) erforderlich.



475_068



475_069

Verweis
Detailinformationen zu Aufbau und Funktion des Steuergerätes für Sensorelektronik finden Sie im SSP 458.

Hydraulischer Bremsassistent (HBA)

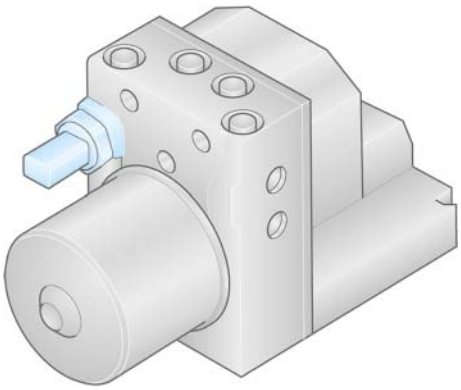
Untersuchungen über das Bremsverhalten in Notsituationen zeigen, dass der überwiegende Teil der Fahrer das Bremspedal mit zu geringer Kraft betätigt. Dadurch werden die physikalisch möglichen Bremskräfte nicht erreicht, es wird Bremsweg „verschenkt“.

Ziel des HBA ist es, den Bremsdruck bei einer Gefahrenbremsung auf ein solches Maß zu erhöhen, dass ein möglichst geringer Bremsweg bei gleichzeitigem Erhalt der Lenkbarkeit des Fahrzeugs realisiert wird.
Der HBA ist eine Funktionserweiterung des ESC und ist in allen aktuellen Audi Modellen integriert. Er ist durch den Fahrer aus Sicherheitsgründen nicht deaktivierbar.

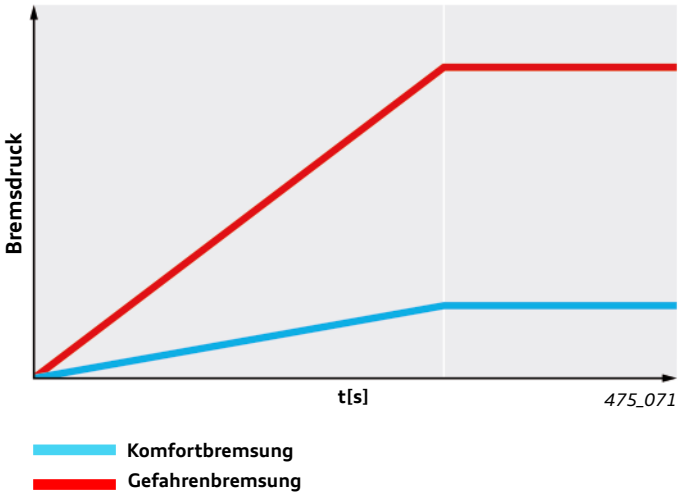
Ablauf eines Bremsvorganges mit HBA-Regelung
Folgende Voraussetzungen müssen für die Aktivierung von HBA erfüllt sein:

- Der durch den Fahrer eingesteuerte Bremsdruck muss einem Mindestwert entsprechen (etwa 30 bar).
- Die Geschwindigkeit des Bremsdruckaufbaus muss einem Mindestwert entsprechen.
- Der Bremslichtschalter am Bremspedal muss betätigt sein (Fahrer bremst).

Bei einer Gefahrenbremsung betätigt der Fahrer das Bremspedal mit deutlich höherer Geschwindigkeit und größerer Fußkraft als bei einem vorausschauend eingeleiteten Bremsvorgangs (Komfortbremsung). Die Folge ist ein sehr schneller Bremsdruckanstieg. Während bei einer Komfortbremsung die Druckaufbaugeschwindigkeit etwa in einem Bereich von 30-60 bar/s liegt, beträgt sie bei einer Gefahrenbremsung ein Vielfaches dieses Wertes.
Die Regellogik erkennt die Notbremssituation durch Auswertung der Geschwindigkeit des Bremsdruckanstiegs. Diese Information liefern die in der ESC-Hydraulikeinheit integrierten Drucksensoren. Der sich anschließende Regelvorgang setzt sich aus drei Phasen zusammen.

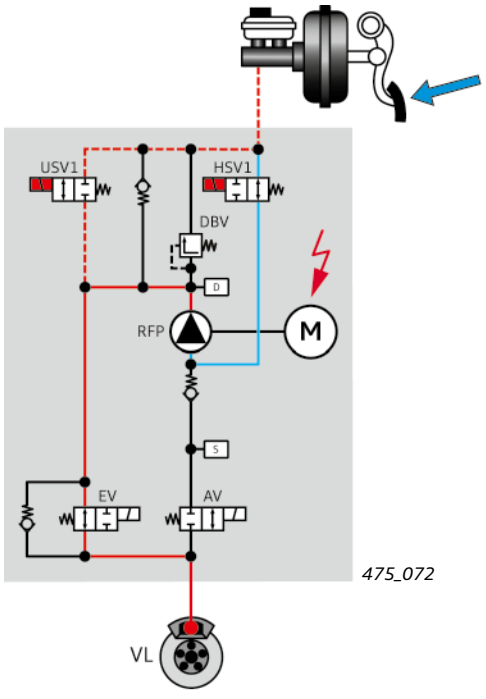


475_070



475_071

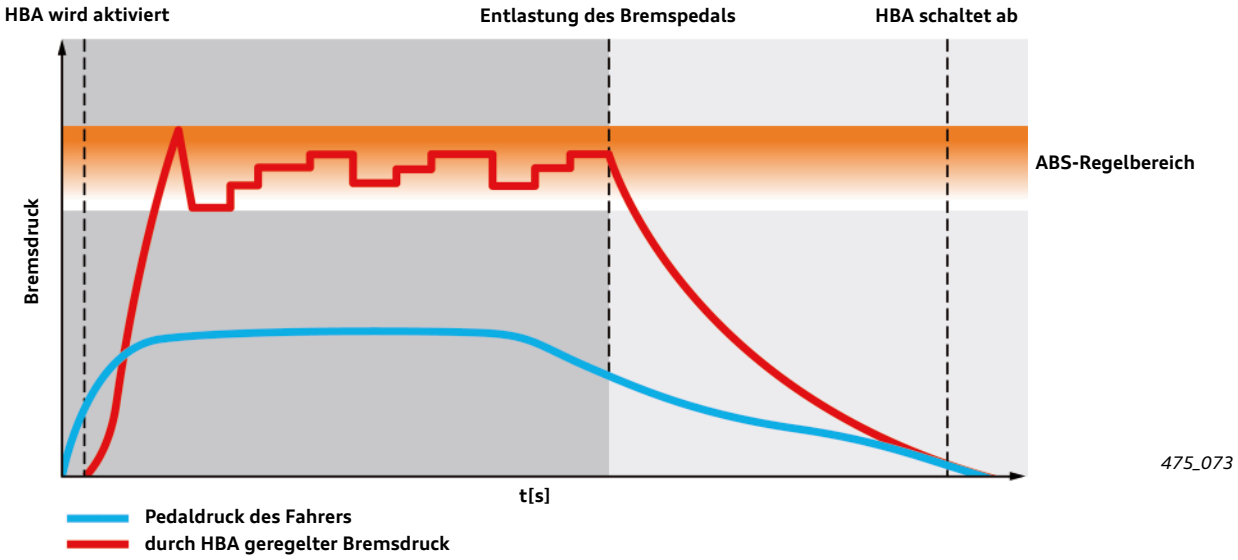
Phase 1
Ein definierter Grenzwert der Geschwindigkeit des durch den Fahrer eingeleiteten Bremsdruckaufbaus wird überschritten, die Notbremssituation wird erkannt. Es wird aktiver Bremsdruckaufbau eingeleitet. Dazu werden die Hochdruckschaltventile und die Umschaltventile angesteuert. Die Rückförderpumpe wird angesteuert und saugt die Bremsflüssigkeit über die offenen Hochdruckschaltventile an. Der durch den Fahrer eingesteuerte Bremsdruck wird zusätzlich durch den aktiven Druckaufbau an allen vier Radbremsen erhöht. Ziel ist es, so schnell wie möglich die ABS-Regelung auszulösen.



475_072

Phase 2
Durch die Abbremsung bis in den ABS-Regelbereich wird das Fahrzeug mit der physikalisch bestmöglichen Bremsverzögerung verzögert bei gleichzeitigem Erhalt der vollen Lenkfähigkeit.

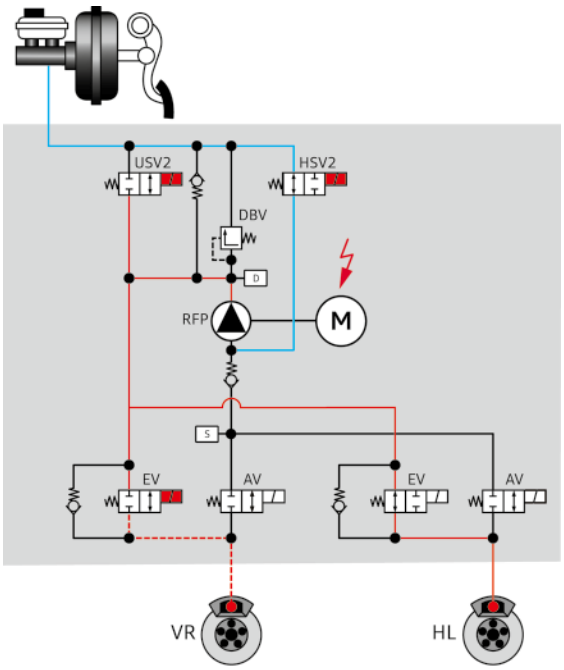
Die ABS-Regelung erfolgt durch die Funktionen „Bremsdruck aufbauen“, „Bremsdruck halten“ und „Bremsdruck abbauen“.



475_073

Dabei wird in jedem Bremskreis das Rad mit dem niedrigeren Bremsdruck mit dem jeweils zugeordneten Einlassventil geregelt, das Rad mit höherem Bremsdruck mit dem jeweiligen Umschaltventil.

Im angegebenen Beispiel ist der Bremsdruck in der Radbremse vorne rechts größer als hinten links. Der Bremsdruck vorne rechts soll durch „Bremsdruck halten“ nicht weiter erhöht werden, der Bremsdruck hinten links kann weiter ansteigen. Das entsprechende Einlassventil für das Rad vorn rechts wird angesteuert. Dadurch wird die Verbindung Pumpe-Radbremse unterbrochen. Am Rad hinten links kann über das geöffnete Einlassventil ein weiterer Druckaufbau stattfinden.
Soll auch hier der Bremsdruck konstant gehalten werden, wird das entsprechende Einlassventil ebenfalls geschlossen.



475_074

Phase 3
Der Fahrer entlastet das Bremspedal. Durch Auswertung des Drucksignals vom Bremsdrucksensor wird dies erkannt und die HBA-Regelung abgebrochen.

HBA bei Fahrzeugen mit Adaptive Cruise Control (ACC)
Bei Fahrzeugen mit ACC wird die Verkehrssituation vor dem ACC-Fahrzeug permanent durch die Radarsensorik „beobachtet“. Dies geschieht auch dann, wenn ACC durch den Fahrer nicht aktiviert ist. Wird dabei eine Situation mit höherem Unfall-Gefahrenpotenzial erkannt, werden die Aktivierungsbedingungen des HBA geändert. Die Funktion wird dann bereits entsprechend früher, also bei geringerer Bremsdruckaufbaugeschwindigkeit aktiviert. Durch dieses sensiblere Auslösen wird bei Notbremsungen der Bremsweg zusätzlich minimiert.



475_075

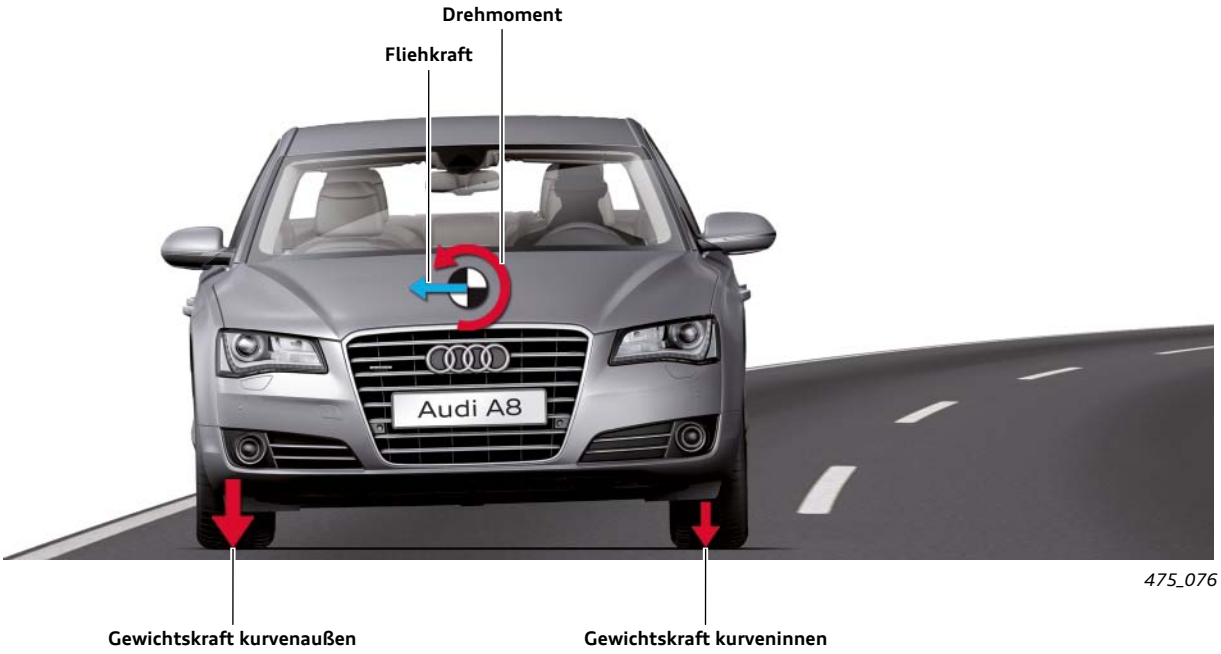
Elektronische Quersperre

Die elektronische Quersperre dient der Traktionsverbesserung bei Kurvenfahrt sowie der Verminderung/Neutralisierung der Untersteuerneigung und der Dynamikerhöhung. Zum Einsatz kommt dieses System bei Audi Modellen mit Frontantrieb. Die elektronische Quersperre ist eine Softwareerweiterung im ABS/ESC-Steuergerät. Die Regelung ist bei Bedarf immer aktiv und kann durch den Fahrer nicht ausgeschaltet werden.

Bei jeder Kurvenfahrt wirkt die Fliehkraft. Sie greift im Fahrzeugschwerpunkt an und wirkt radial nach kurvenaußen. Als Folge werden die kurveninneren Räder entlastet und die kurvenäußeren Räder stärker belastet. Wie bereits im Kapitel „Fahrdynamische Grundlagen“ erläutert, sind mit zunehmender Radlast generell auch größere Kräfte im Radaufstandspunkt übertragbar. Das bedeutet, dass an den kurvenäußeren Rädern größere Antriebskräfte übertragen werden können als an den kurveninneren Rädern. Bei Einsatz eines konventionellen Differenzials für den Drehzahlausgleich ist dies jedoch nicht möglich.
Das Differenzial „verteilt“ das Gesamtdrehmoment des Antriebs immer zu jeweils 50 % auf die angetriebenen Räder (siehe dazu auch die Erläuterungen zur Funktion der Elektronischen Differenzialsperre EDS).

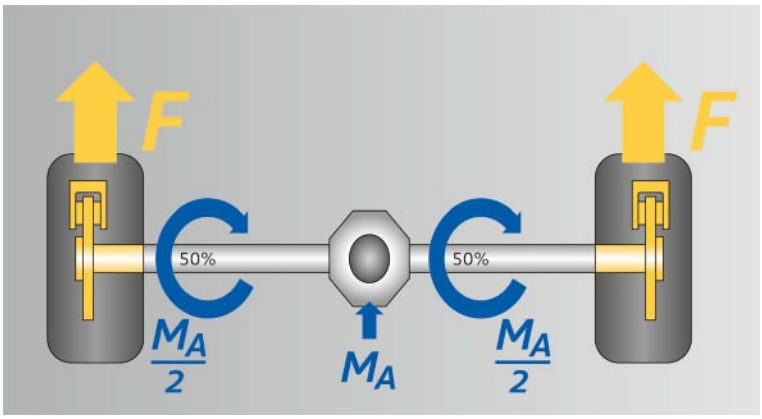
Da am kurveninneren Rad aufgrund der geringeren Radlast auch nur kleinere Antriebskräfte (und damit auch kleinere Drehmomente) übertragbar sind, kann am kurvenäußeren Rad trotz größeren Potenzials auch nur die gleiche Antriebskraft (das gleiche Drehmoment) wie kurveninnen übertragen werden.

Im Unterschied zur EDS-Regelung ist die elektronische Quersperre präventiv aktiv, also wenn noch kein kritischer Schlupf an den Rädern besteht. Die Regelungssoftware schätzt zu diesem Zweck die Radlaständerungen auf Basis des Fahrzeugverhaltens ab. Das Fahrzeugverhalten wird hierbei im Wesentlichen bestimmt auf Basis der Messwerte des Lenkwinkelgebers und der Querbeschleunigung.
Die Regelung ist mit den aktiven Bremseingriffen der EDS-Regelung vergleichbar.
Da jedoch schon geregelt wird, bevor sich kritische Schlupfwerte ergeben, können die Bremseingriffe mit deutlich geringeren Bremsdrücken stattfinden als bei der EDS-Regelung. Dadurch wird das Material geschont und der Regelkomfort erhöht. Die EDS-Regelung bleibt aktiv, setzt aber erst bei definierten Schlupfwerten ein.



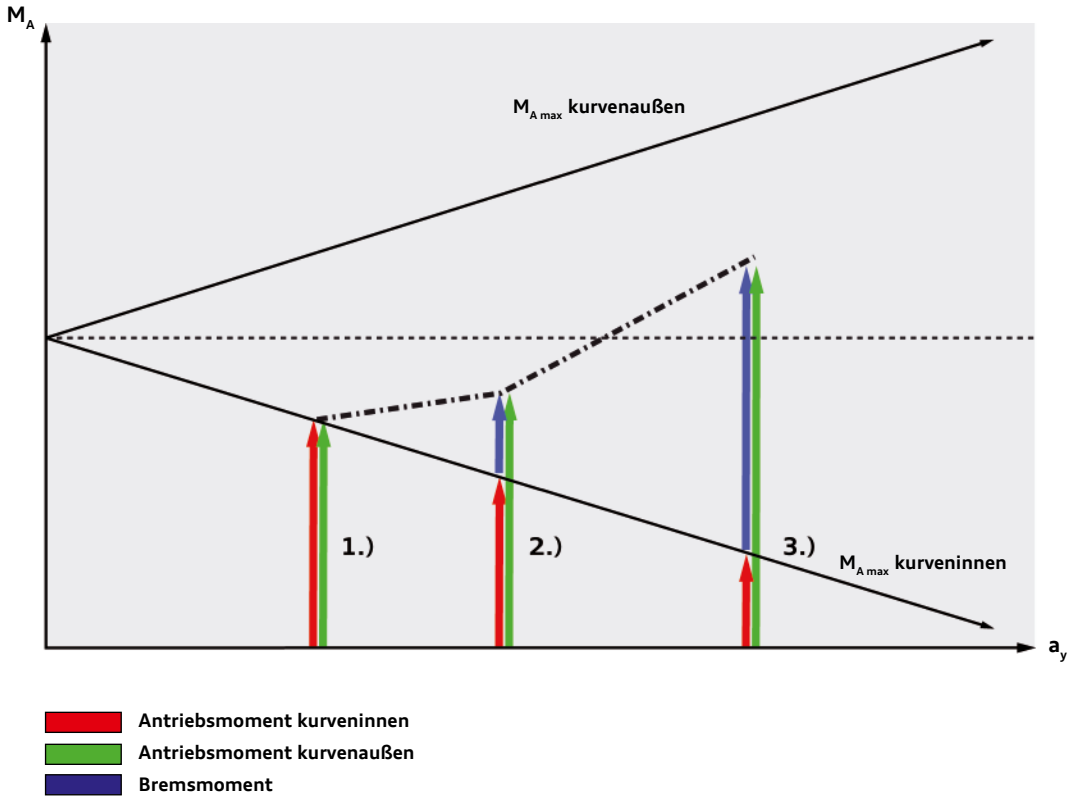
475_076

Durch die im Schwerpunkt des Fahrzeugaufbaus angreifende Fliehkraft ergibt sich ein Drehmoment, durch das die kurvenäußeren Räder stärker belastet werden. Gewichtskraft kurvenaußen > Gewichtskraft kurveninnen



475_077

Ein konventionelles Differenzial teilt das Gesamtdrehmoment des Antriebs immer zu gleichen Teilen (je 50 %) beiden Antriebsrädern zu.



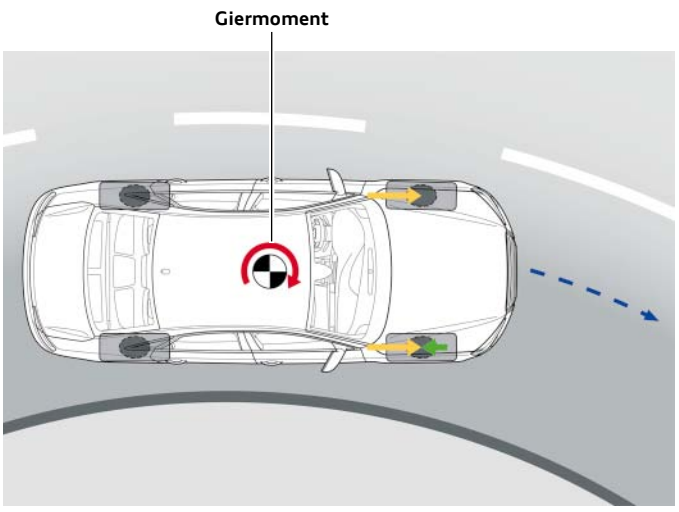
In der Grafik dargestellt ist die Übertragung der Antriebsmomente der Räder M_A in Abhängigkeit von der Querbeschleunigung a_y. Generell ist zu ersehen, dass die maximal übertragbaren Momente mit zunehmender Querbeschleunigung am kurvenäußeren Rad größer werden. Am inneren Rad werden sie in etwa gleichem Verhältnis kleiner.

1.) Kurvenfahrt mit offenem Differenzial ohne Quersperreneingriff:
Die übertragbaren Antriebsmomente sind am belasteten kurvenäußeren Antriebsrad genau so groß wie am entlasteten kurveninneren Antriebsrad.
Am kurvenäußeren Antriebsrad könnten jedoch größere Antriebsmomente übertragen werden. Das ist mit einem konventionellen Differenzial ohne zusätzliche Bremseingriffe nicht möglich.

2.) + 3.) Kurvenfahrt mit offenem Differenzial und Quersperreneingriff:
Durch aktiven Bremsdruckaufbau wird am entlasteten kurveninneren Rad ein zusätzliches Bremsmoment aufgebracht. Dieses zusätzliche Bremsmoment erhöht das Gesamtmoment an diesem Rad, da zusätzliches Antriebsmoment notwendig ist, um das Bremsmoment zu überwinden. Folglich ist auch am kurvenäußeren Rad ein höheres Antriebsmoment (gleich groß wie das Gesamtmoment am kurveninneren Rad) wirksam.

Die größere Antriebskraft kurvenaußen bewirkt ein Drehmoment (Giermoment) um die Fahrzeughochachse. Dieses Giermoment unterstützt den Fahrer beim Einlenken und bewirkt damit eine spürbar höhere Fahrzeugagilität (Dynamik).

Die elektronische Quersperre wird nicht aktiv bei sehr kleinen Reibwerten zwischen Reifen und Fahrbahn. Die Funktion ist durch den Fahrer nicht abschaltbar.



475_079

Radselektive Momentensteuerung

Die radselektive Momentensteuerung kommt bei Fahrzeugen mit quattro-Antrieb zum Einsatz. Das System ist eine Weiterentwicklung der elektronischen Quersperre. Hiermit sind separate automatische Bremseingriffe an allen vier Rädern möglich. Die generelle Funktionsweise entspricht der der elektronischen Quersperre. Auch die radselektive Momentensteuerung wird durch Bremseingriffe bereits wirksam, bevor sich erhöhter Antriebsschlupf aufbauen kann. Das Fahrverhalten bleibt spürbar länger neutral.

Untersteuern beim Einlenken und Beschleunigen wird nahezu neutralisiert. Regeleingriffe des ESC erfolgen deutlich später, falls sie überhaupt noch notwendig sind. Wie die elektronische Quersperre wird auch die radselektive Momentensteuerung nicht aktiv, wenn der Reibwert zwischen Reifen und Fahrbahn sehr klein ist. Auch die radselektive Momentensteuerung ist eine Softwareerweiterung im ABS/ESC-Steuergerät. Die Regelung ist bei Bedarf immer aktiv und kann durch den Fahrer nicht abgeschaltet werden.





Geradeausfahrt:
Radlast und Antriebsmoment sind gleichmäßig verteilt.





Kurvenfahrt unter Last:
Durch die Fliehkraft erfolgt eine Radlastverlagerung zur Kurvenaußenseite.

Durch Bremseingriffe an den kurveninneren Rädern wird Antriebsmoment auf die kurvenäußeren Räder umgeleitet.

Das resultierende Giermoment unterstützt das Eindrehen des Fahrzeugs in die Kurve.





475_080

Systeme zur Unterstützung des Anfahrvorgangs

In Audi Modellen kommen drei verschiedene Systeme zum Einsatz, die den Fahrer bei Anfahrvorgängen unterstützen. Der „EPB-Anfahrassistent“ ist ausschließlich bei Fahrzeugen mit elektromechanischer Parkbremse (EPB) realisiert und nutzt die EPB-Funktion. Dieses System soll hier nicht näher betrachtet werden, da es ohne aktiven Bremseingriff arbeitet.

Die beiden anderen Systeme, der „Berganfahrassistent“ und der „Anfahrassistent“ nutzen die ABS/ESC-Hydraulik zur Realisierung der Anfahrunterstützung.
Die entsprechende Regelungssoftware ist im ABS/ESC-Steuergerät integriert.

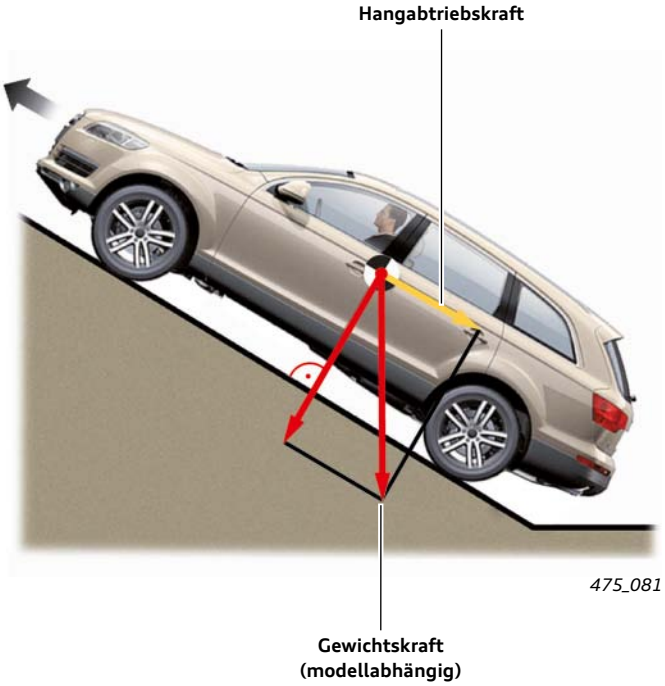
Berganfahrassistent

Der Berganfahrassistent wurde erstmals im Audi A3 des Modelljahrs 2006 realisiert.

Das System wurde entwickelt, um dem Fahrer das Anfahren an Steigungen speziell bei Stop-and-go-Verkehr zu erleichtern. Je größer die Hangneigung ist, desto größer ist die Komponente der Gewichtskraft, die das Fahrzeug im ungebremsten Zustand zurückrollen lässt: die Hangabtriebskraft.
Kritisch ist bei einem Anfahrvorgang am Hang die Zeitspanne vom Umsetzen des Fußes vom Bremspedal auf das Fahrpedal bis zum Aufbau des erforderlichen Drehmoments des Antriebsmotors. Ist diese Zeitdauer zu lang, rollt das Fahrzeug zurück, bevor ausreichendes Drehmoment zum Antrieb des Fahrzeugs verfügbar ist. Hier unterstützt der „Berganfahrassistent“.

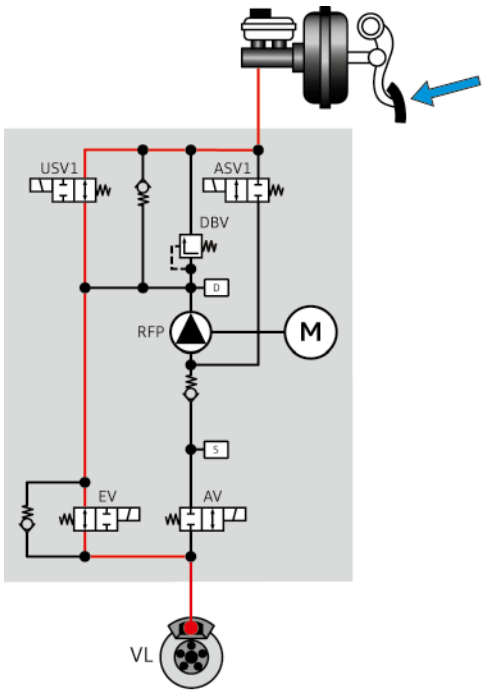
Der Berganfahrassistent wird aktiviert, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Das Fahrzeug steht, die Erkennung erfolgt durch die Drehzahlfühler.
- Bei Audi A3, Q3 und TT muss die Fahrertür geschlossen sein. Der Antriebsmotor läuft.
- Die Hangneigung der Fahrbahn (Steigung) ist größer als ca. 3-5 %. Die Erkennung erfolgt durch den Längsbeschleunigungssensor (sh. Seite 37).



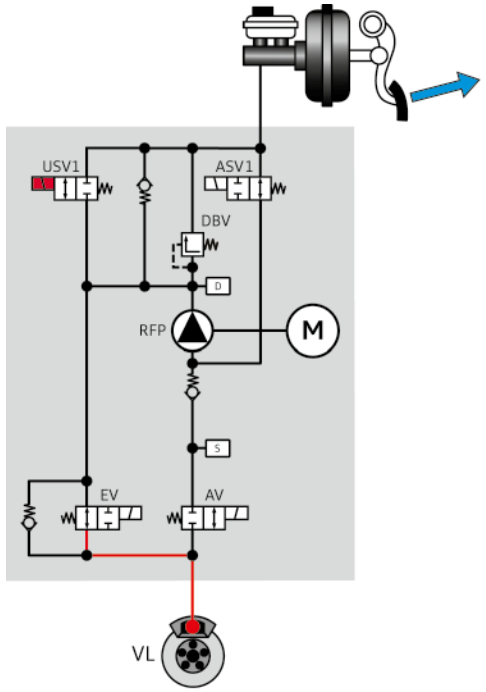
475_081

Während des Bremsvorgangs durch den Fahrer sind die Umschaltventile in der ESC-Hydraulikeinheit geöffnet. Der durch den Fahrer eingesteuerte Bremsdruck gelangt zu den Radbremsen.



475_082

Nimmt der Fahrer den Fuß vom Bremspedal, werden die Umschaltventile in der ESC-Hydraulikeinheit geschlossen. Der vorher durch den Fahrer eingesteuerte Bremsdruck wird dadurch gehalten, das Fahrzeug kann nicht zurückrollen. Diese Haltefunktion ist zeitlich begrenzt auf maximal etwa 1,5 s. Nach Ablauf der maximalen Zeitdauer wird die Ansteuerung der Ventile abgeschaltet. Für das Umsetzen des Fußes zum Zweck des unmittelbaren Anfahrens ist dies ausreichend. In der Regel erfolgt der Umsetzvorgang sogar schneller, so dass der Fahrer bereits nach weniger als 1,5 s Gas gibt. Die Regellogik ermittelt auf Basis der Hangneigung, welches Motordrehmoment erforderlich ist, damit das Fahrzeug nicht zurückrollt. Ist dieses Motordrehmoment erreicht, werden die Ventile auch vor der maximalen Ansteuerdauer von 1,5 s wieder geöffnet.
Der Neigungswinkel der Fahrbahn wird durch den Sensor für Längsbeschleunigung (je nach Fahrzeugmodell im ABS/ESC-Steuergerät, in der Sensoreinheit G419 oder durch das Steuergerät für Sensorelektronik J849) ermittelt.
Das jeweils aktuelle Motordrehmoment bekommt das ABS/ESC-Steuergerät durch eine Busbotschaft vom Motorsteuergerät mitgeteilt.



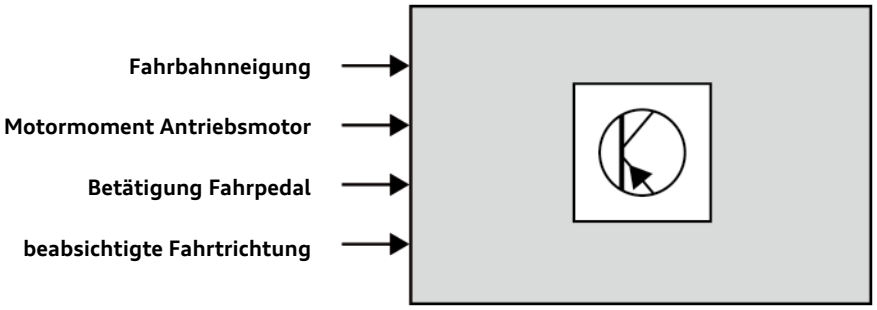
475_083

Die Funktion ist durch den Fahrer nicht deaktivierbar.

Aktuell wird die Funktion bei allen Fahrzeugen mit Automatikgetriebe als Serienausstattung eingesetzt. Optional kommt sie beim Audi A1, A3, TT und Q3 mit Handschaltgetriebe zum Einsatz.
Beim Audi Q7 wird die Funktion mit dem aktiven Bremskraftverstärker und nicht mit der ABS/ESC-Hydraulik realisiert.

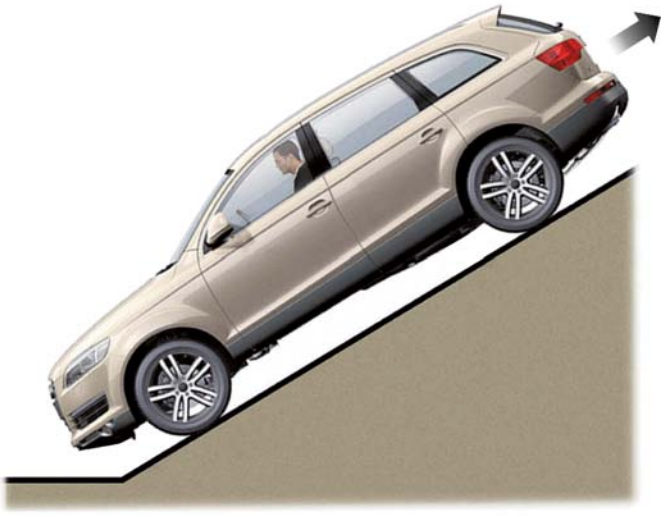
Bei Fahrzeugen mit Schaltgetriebe werden die in der Grafik dargestellten Informationen für die Ermittlung des Lösezeitpunktes der Betriebsbremse genutzt. Wie bei Fahrzeugen mit Automatikgetriebe wird auch hier die Hangneigung in die Regelung einbezogen. Durch eine Busbotschaft vom Motorsteuergerät erhält die Regelungssoftware Informationen zur Betätigung des Fahrpedals. Hier wird primär die Betätigungsgeschwindigkeit des Pedals ausgewertet. Die Betätigung des Fahrpedals kennzeichnet den Zeitpunkt des Wiederanfahrens durch den Fahrer.

Bei Fahrzeugen mit Start-Stop-System und Schaltgetrieben wird die jeweils eingelegte Gangstufe durch entsprechende Sensorik erkannt und in die Regelung einbezogen.
Bei Fahrzeugen ohne Start-Stop-System und mit Schaltgetrieben erfolgt die Erkennung der beabsichtigten Fahrtrichtung durch Auswertung des Rückfahrlichtschalters.



475_084

Der Berganfahrassistent ist auch dann aktiv, wenn das Anfahren in Rückwärtsfahrt hangaufwärts geschieht. Der eingelegte Rückwärtsgang wird dem ABS/ESC-Steuergerät durch eine Busbotschaft mitgeteilt.



475_086

Anfahrassistent

Der Anfahrassistent ist eine Weiterentwicklung des Berganfahrassistenten. Im Gegensatz zum Berganfahrassistenten ist das System durch den Fahrer ein- und abschaltbar. Außerdem wird das Fahrzeug bei aktivierter Funktion unabhängig vom Fahrbahnneigungswinkel während der gesamten Stillstandszeit im gebremsten Zustand gehalten. Bedingung hierfür ist, dass das Fahrzeug durch den Fahrer in den Stillstand gebremst wurde.
Der Anfahrassistent nutzt auch die Funktion der elektromechanischen Parkbremse (EPB) und ist folglich an die Ausstattung des Fahrzeugs mit EPB gebunden.



475_087

Taster für Auto Hold E540

Der Anfahrassistent realisiert drei Funktionen:

- Bremst der Fahrer das Fahrzeug bis zum Stillstand ab, hält der Anfahrassistent das Fahrzeug während der Stillstandszeit im gebremsten Zustand. Der Fahrer wird entlastet und muss nicht während der gesamten Stillstandszeit das Bremspedal betätigen, um ein Wegrollen des Fahrzeugs zu verhindern.

- Beim Anfahren wird die Bremse dann gelöst, wenn das Drehmoment des Antriebsmotors ausreicht, um ein Zurückrollen des Fahrzeugs bei geneigter Fahrbahn zu verhindern.

- Wird das Fahrzeug mit aktiviertem Anfahrassistenten angehalten, wird die Feststellbremse unter folgenden Bedingungen automatisch aktiviert:

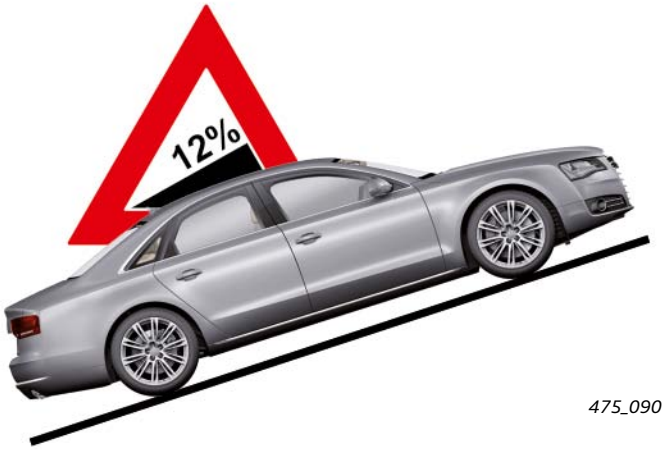
  - Gurtschloss des Fahrers wird geöffnet
  - Fahrertür wird geöffnet
  - Zündung (Kl.15) wird ausgeschaltet



475_088



475_089



475_090

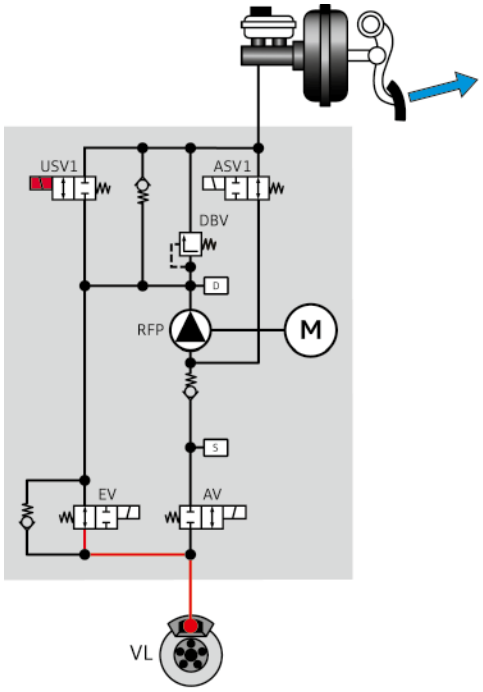
Zur Aktivierung des Anfahrassistenten müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Fahrertür und Gurtschloss des Fahrers sind geschlossen
- der Antriebsmotor läuft
- der Anfahrassistent wurde durch Betätigung des Tasters für Auto Hold E540 aktiviert
- ESC und EPB arbeiten fehlerfrei

Funktion

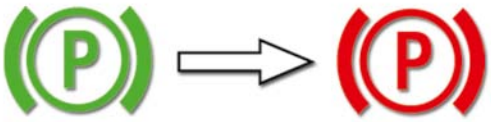
Bei Stillstand des Fahrzeugs werden die Umschaltventile in der ESC-Hydraulikeinheit geschlossen. Der vorher durch den Fahrer eingesteuerte Bremsdruck wird dadurch gehalten. Ist der durch den Fahrer eingesteuerte Bremsdruck zu gering, um das Fahrzeug sicher im Stand zu halten, wird durch ESC zusätzlicher Bremsdruck aufgebaut.

Da sich die Magnetspulen der Ventile bei Ansteuerung erwärmen, ist deren Ansteuerdauer zeitlich begrenzt. Wird die maximale Temperatur von etwa 200 °C erreicht, erfolgt eine „Übergabe“ an die elektromechanische Parkbremse (EPB). Die Parkbremse wird dann mechanisch geschlossen und das Fahrzeug wird während der gesamten Stillstandszeit in gebremstem Zustand gehalten.



475_083

Der Fahrer bekommt die aktivierte Funktion durch die LED im Taster und durch eine Anzeige (P) im Schalttafeleinsatz angezeigt. Wurde die Bremsfunktion von der EPB übernommen, wechselt die Farbe der Anzeige im Schalttafeleinsatz von grün auf rot.
Setzt der Fahrer seine Fahrt fort, wird die Bremse dann wieder geöffnet, wenn das Motordrehmoment groß genug ist, um ein Zurückrollen des Fahrzeugs zu verhindern.



475_085

Der Anfahrassistent ist für die aktuellen Audi Modelle A4, A5, S5 und Q5 als Option erhältlich.

In den Modellen A6, A7 und A8 wird der Anfahrassistent als Serienausstattung eingesetzt.

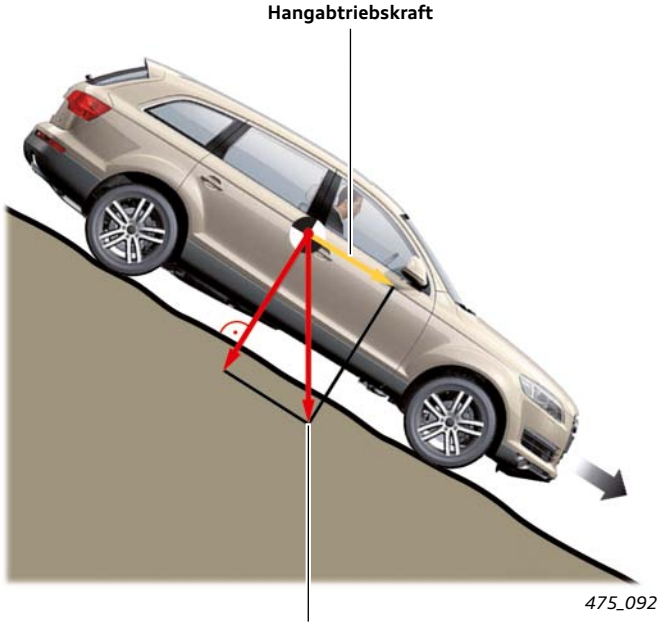
Der Anfahrassistent wird nicht in Nordamerika angeboten.

Verweis

Weitere Informationen zum Anfahrassistenten finden Sie im SSP 394.

Bergabfahrassistent

Der Bergabfahrassistent unterstützt den Fahrer bei Bergabfahrten im Gelände.
Durch die Wirkung der Hangabtriebskraft wird ein hangabwärts fahrendes Fahrzeug selbst dann beschleunigt, wenn der Fahrer das Fahrpedal nicht betätigt.
Der Bergabfahrassistent bremst das Fahrzeug radselektiv ab, um eine konstante Geschwindigkeit sicherzustellen. Durch gezielte Bremskraftverteilung wird außerdem die Lenkbarkeit des Fahrzeugs verbessert.
Die Funktion wird durch eine Zusatzsoftware im ABS/ESC-Steuergerät realisiert. Sie wird bei den Audi Modellen Q7 und Q5 als Seriensetzung angeboten.
Die generelle Funktionsweise ist in beiden Modellen gleich:
Wenn das Motorschleppmoment des Antriebsmotors nicht mehr ausreicht, um ein Beschleunigen des Fahrzeugs zu verhindern, erfolgen aktive Bremseingriffe. Die Rückförderpumpe wird angesteuert und die betreffenden Räder werden durch Bremsdruckaufbau abgebremst. Wie bei EDS oder ESC kommen auch beim Bergabfahrassistenten die Teilfunktionen Bremsdruck aufbauen, Bremsdruck halten und Bremsdruck abbauen zur Anwendung. Die ABS-Regelung ist weiterhin aktiv.



475_092

Im Detail unterscheiden sich die Anwendungen im Audi Q5 und Audi Q7.
Beim Audi Q7 wird die Funktion durch Betätigung des Tasters für ASR und ESC und Einschalten des offroad-Modus aktiviert.
Beim Audi Q5 kann der Fahrer die Funktion durch einen separaten Schalter aktivieren.



475_093

Taster für ASR und ESC im Audi Q7



475_094

Schalter zur Aktivierung des Bergabfahrassistenten im Audi Q5

Der Bergabfahrassistent wird automatisch aktiviert, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Audi Q5

- Die Funktion ist durch den Taster eingeschaltet.
- Die Fahrgeschwindigkeit liegt im Bereich von 9-30 km/h (Fahrzeuge mit Schaltgetriebe) sowie 4-30 km/h (Automatikgetriebe).
- Das Gefälle beträgt etwa 10 %.
- Fahr- und Bremspedal sind nicht betätigt.

Audi Q7

- Der Modus offroad ist aktiv.
- Die Fahrgeschwindigkeit ist kleiner als 20 km/h.
- Das Gefälle beträgt etwa 10 %.
- Fahr- und Bremspedal sind nicht betätigt.

Der Bergabfahrassistent wird auch aktiv, wenn kein Gang eingelegt ist oder in Schaltstufe N und ebenso bei Rückwärtsfahrt hangabwärts.
Der Fahrer kann jederzeit die Geschwindigkeit durch Betätigung des Fahrpedals oder des Bremspedals erhöhen oder erniedrigen. Während der Betätigung wird die Regelung abgeschaltet. Nimmt der Fahrer den Fuß wieder vom Pedal wird die neu eingestellte Geschwindigkeit gehalten.



475_095

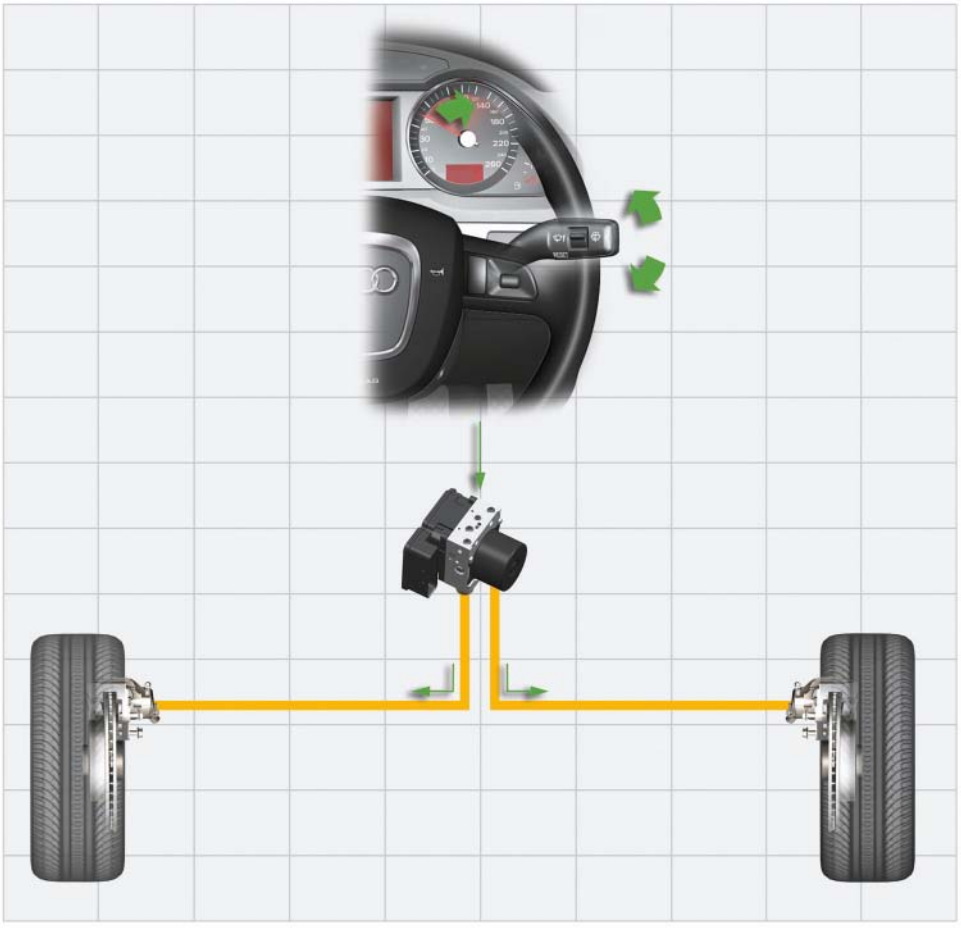
Bremsscheibenwischer

Bei nasser Fahrbahn ist es nicht zu verhindern, dass sich auch auf den Bremsscheiben und Bremsbelägen Wasser und Schmutz niederschlägt. Der Bremsvorgang wird dadurch negativ beeinflusst. Im ersten Moment des Anlegens des Bremsbelags an die Bremsscheibe setzt der Wasserfilm die Reibung zwischen Belag und Scheibe deutlich herab. Erst wenn die Feuchtigkeit verdrängt bzw. verdampft ist, setzt die beabsichtigte Bremswirkung ein.

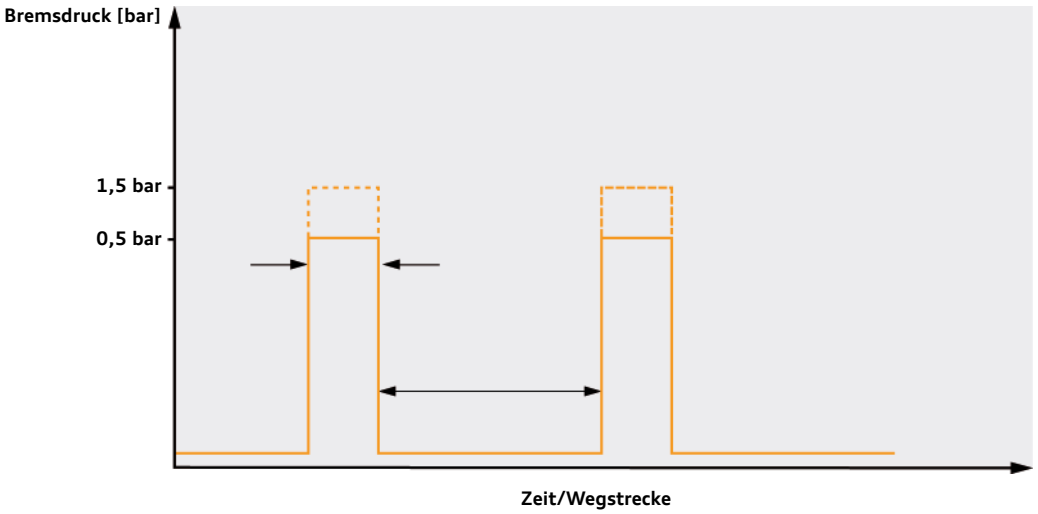
Dadurch wird wertvoller Bremsweg „verschenkt“. Vollkommen verhindern kann man dieses Verhalten durch technische Systeme nicht. Doch durch die Funktion des Bremsscheibenwischers wird eine wesentliche Verbesserung erreicht. Der Bremsscheibenwischer ist eine Softwareerweiterung im ABS/ESC-Steuergerät und ist in allen aktuellen Audi Modellen realisiert. Die Funktion kann vom Fahrer nicht deaktiviert werden.

Funktion:
Bei Erkennung von Nässe auf der Fahrbahn werden die Bremsbeläge der Radbremsen an der Vorderachse periodisch mit geringem Bremsdruck (je nach Fahrzeugmodell zwischen 0,5 und 1,5 bar) an die Bremsscheiben angelegt. Dadurch wird der Wasser-/Schmutzfilm zwischen Belag und Scheibe beseitigt. Aufgrund des geringen Bremsdrucks nimmt der Fahrer die Regelung nicht wahr und es entsteht auch kein nennenswerter Verschleiß an Bremsbelag und Bremsscheibe. Die Zeitdauer des Anlegens des Bremsbelags ist sehr kurz und beträgt modellabhängig nur wenige Sekunden.

Die periodischen Abstände für das Anlegen der Bremsbeläge sind ebenfalls modellabhängig und können feste Zeitintervalle sein oder von der Fahrtstrecke abhängen.
Die Erkennung der nassen Fahrbahn erfolgt durch Auswertung der Betätigung des Scheibenwischers. Wurde der Scheibenwischer durch den Fahrer oder automatisch bei Ausstattung mit Regensensor betätigt (auch Intervallbetrieb), wird die Regelung bei Überschreiten einer definierten Mindestgeschwindigkeit aktiviert.



475_096

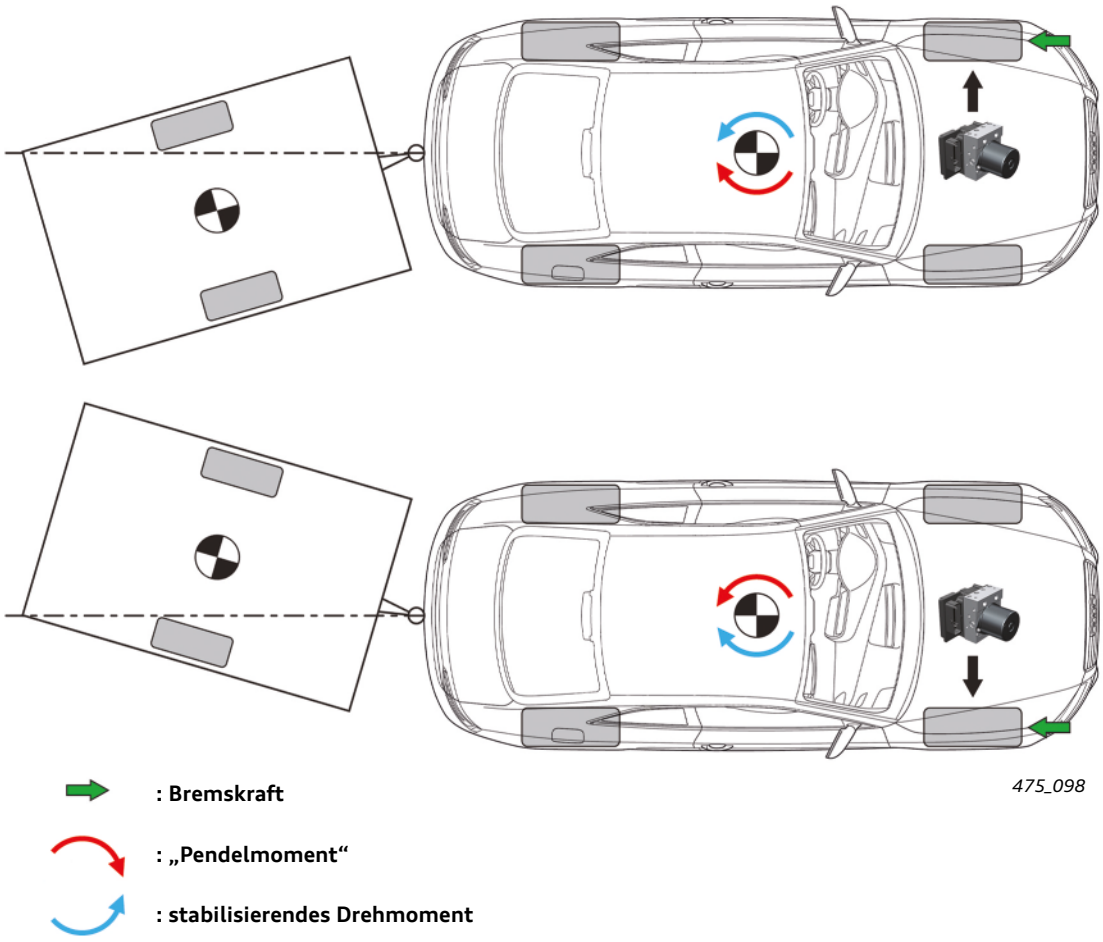


475_097

Gespannstabilisierung

Leichte Pendelbewegungen eines Anhängers können sich bei bestimmten Fahrzuständen so verstärken, dass es zu einem kritischen Fahrzustand kommt. Diese Situation tritt meist ab etwa 75 km/h auf. Hier verstärken die schwingungsauslösenden Anregungen (z.B. Fahrbahnverhältnisse, Spurrinnen, Seitenwind) die Amplitude der Schwingung. Wird dann der kritische Geschwindigkeitsbereich nicht verlassen, „schaukelt“ sich die Schwingung auf. Die Pendelbewegungen des Anhängers werden auch auf das Zugfahrzeug übertragen.

Diese Gierbewegungen um die Fahrzeughochachse werden durch den Geber für Drehrate G202 oder durch das Steuergerät für Sensorelektronik J849 erfasst und durch das ABS/ESC-Steuergerät J104 ausgewertet. Bei Bedarf werden zu Beginn der Regelung wechselseitig kurze stabilisierende ESC-Regeleingriffe an der Vorder- und Hinterachse veranlasst. Reicht das nicht aus, muss der kritische Geschwindigkeitsbereich möglichst rasch verlassen werden. Dazu beauftragt das ABS/ESC-Steuergerät das Motorsteuergerät, Drehmoment zu reduzieren um die Fahrgeschwindigkeit zu verringern. Gleichzeitig werden alle vier Räder durch das ESC abgebremst.



475_098

Die Gespannstabilisierung kommt bei Fahrzeugen mit werkseitig verbauter Anhängerkupplung zum Einsatz.
Ein angekuppelter und elektrisch angeschlossener Anhänger wird vom ABS/ESC-Steuergerät automatisch erkannt.

Die Gespannstabilisierung ist eine Softwareerweiterung im ABS/ESC-Steuergerät. Sie kann vom Fahrer nicht deaktiviert werden.

Wird eine Anhängerkupplung mit Audi-Originalteilen nachgerüstet, dann wird bei ESC-Systemen der Firma Bosch das ABS/ESC-Steuergerät online neu kodiert. Ebenso ist der Zieldatencontainer der SVM-Datenbank zu ändern.

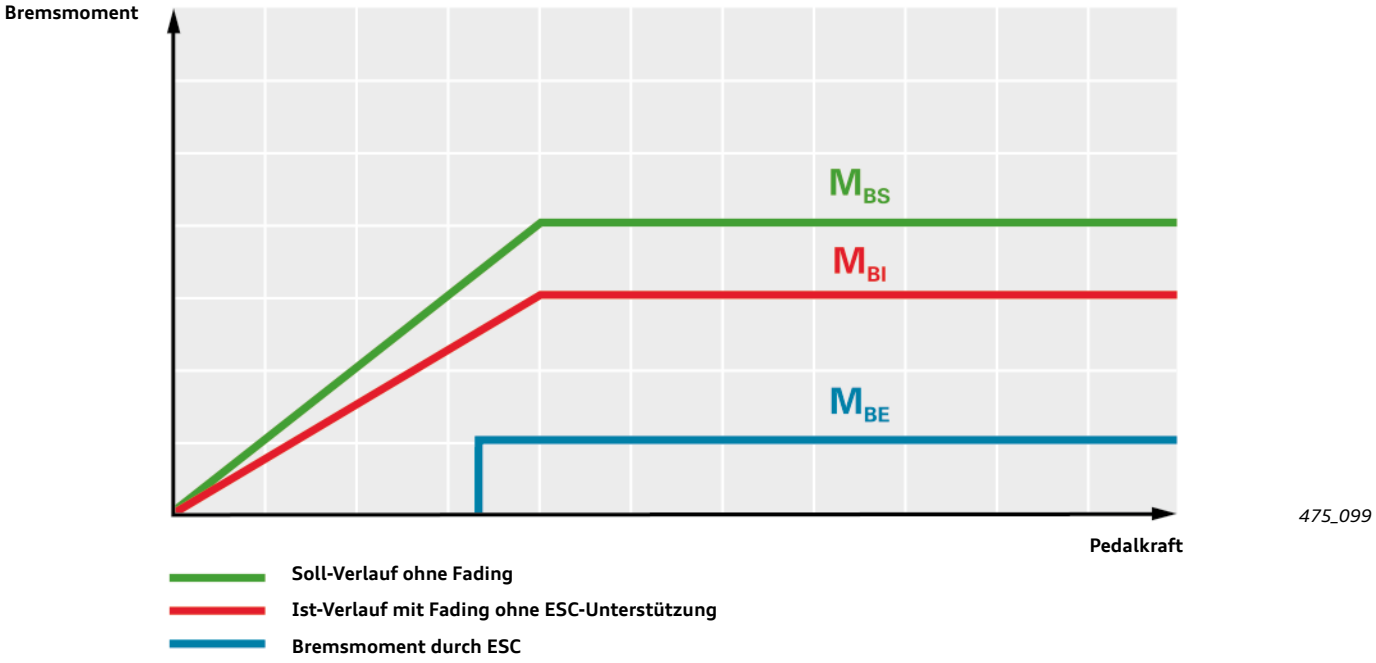
Bei ESC-Systemen der Firma Continental wird die Gespannstabilisierung automatisch bei Bedarf aktiviert, wenn ein Anhängersteuergerät verbaut ist bzw. vom ABS/ESC-Steuergerät erkannt wird.

Hinweis
Die Funktion ist nur bei Ausstattung mit Anhängerkupplung ab Werk oder mit einer mit Audi-Originalteilen nachgerüsteten Anhängerkupplung verfügbar.

Fading Brake Support (FBS)

Bei extrem starker Beanspruchung der Bremsanlage kann Fading („Bremsschwund“) auftreten. Die Bremskraft lässt dabei nach, obwohl der Fahrer den Druck auf das Bremspedal konstant hält oder sogar erhöht. Dieser Effekt wird durch hohe Temperaturen von Bremsscheibe und Bremsbelag hervorgerufen. Der Reibwert zwischen Scheibe und Belag nimmt ab, die übertragene Bremskraft sinkt. Dieser Verlust an Bremskraft wird durch einen zusätzlichen Bremsdruckaufbau der ESC-Pumpe ausgeglichen.
Die im ABS/ESC-Steuergerät enthaltene Regellogik wertet den vom Fahrer eingesteuerten Bremsdruck und die Verzögerung an den gebremsten Rädern aus.

Entspricht die Radverzögerung bei hohem Bremsdruck nicht vorgegebenen Sollwerten, erkennt das Steuergerät Fading. Werden dabei vorgegebene Grenzwerte überschritten, wird die FBS-Regelung aktiv.
Das ABS/ESC-Steuergerät realisiert aktiven Bremsdruckaufbau zusätzlich zum Bremsdruck, der durch den Fahrer eingesteuert wird. Dabei ist die Höhe des realisierten Bremsdrucks so bemessen, dass die Bremswirkung auf das Fahrzeug die gleiche ist wie bei Fading-freiem Bremsvorgang. Der Fahrer bemerkt den Regelvorgang durch deutlich verschlechterten Bremskomfort und bekommt die aktive Regelung nicht angezeigt.
Sobald der Bremsdruck vom Fahrer wieder deutlich reduziert wird, wird die Regelung wieder abgeschaltet.



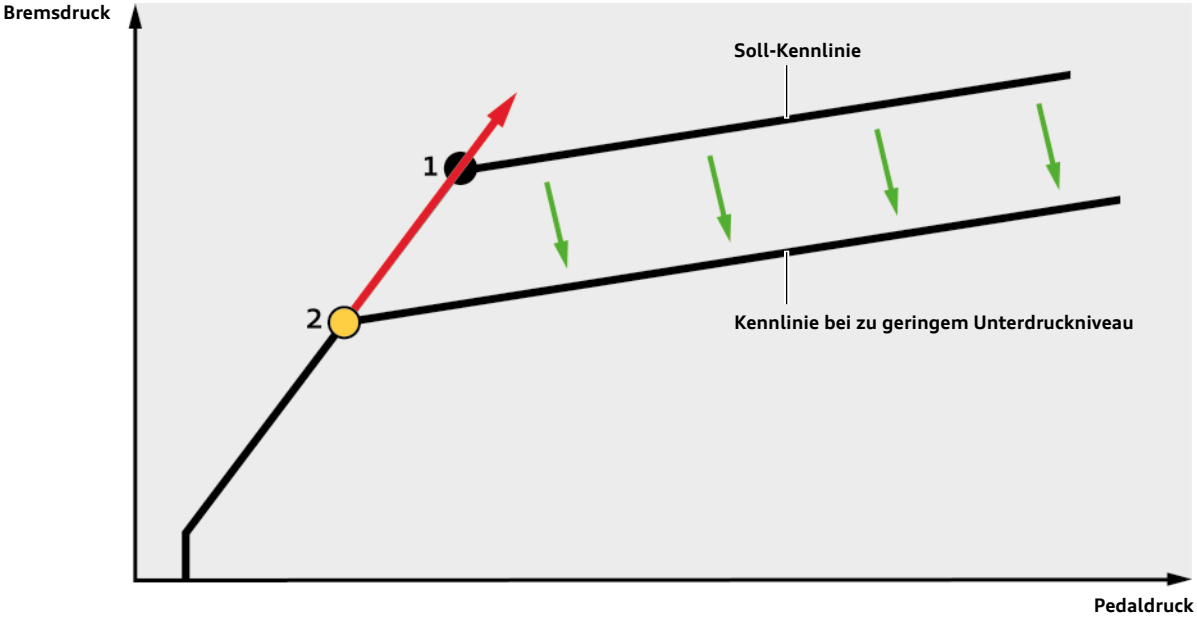
475_099

$$M_{BI} + M_{BE} = M_{BS}$$

Optimierte hydraulische Bremskraftverstärkung (OHBV)

Die effektivste Art der Unterdruckversorgung des Bremskraftverstärkers ist die Nutzung des Saugrohrunterdruckes des Verbrennungsmotors. In Abhängigkeit von den verwendeten Motor- und Getriebevarianten ist der Saugrohrunterdruck jedoch bei bestimmten Lastzuständen nicht immer ausreichend. Dies kann zum Beispiel bei Ottomotoren mit Automatikgetrieben besonders während der Kaltstartphase der Fall sein. Wird hier bei Last die Drosselklappe weit geöffnet, bricht der Saugrohrunterdruck zusammen. In Folge des Unterdruckmangels wird der Aussteuerpunkt des Bremskraftverstärkers früher erreicht. Dann findet keine weitere Bremskraftverstärkung mehr statt. Weiterer Bremsdruckaufbau ist dann nur noch in dem Maß möglich, in dem der Fahrer den Druck auf das Bremspedal erhöht.

Der nötige Unterdruck kann generell von einem separaten Erzeuger (z.B. elektrische/mechanische Unterdruckpumpe) zur Verfügung gestellt werden. Alternativ kann der Unterdruckmangel auch durch aktiven Bremsdruckaufbau ausgeglichen werden.
Das ESC-Steuergerät vergleicht den erforderlichen (Soll-) Unterdruck mit dem tatsächlich im Saugrohr vorhandenen Istwert. Wird eine definierte Abweichung registriert, leitet das Steuergerät aktiven Druckaufbau zur Unterstützung des Fahrers ein. Der jeweilige Bremsdruck an den Radbremsen wird dann auf den gleichen Wert eingestellt, der bei ausreichender Unterdruckversorgung vorhanden wäre. Der Fahrer spürt von diesem „Helfer“ wenig, für ihn ist das Verhältnis von Pedaldruck und realisierter Bremskraft immer das Gleiche. Das ist auch das Ziel der Regelung:
Der Fahrer soll nicht durch ungewohntes Bremsverhalten seines Fahrzeugs verunsichert werden.



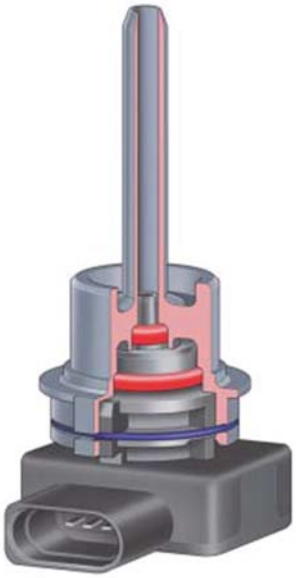
475_130

Bremskraftverstärkung durch OHBV

1 Aussteuerpunkt des Bremskraftverstärkers der Soll-Kennlinie

2 Aussteuerpunkt des Bremskraftverstärkers bei zu geringem Unterdruckniveau

Die OHBV-Funktion setzte erstmals 2004 im Audi A3 ein. Hier wurde ein Differenzdrucksensor zur Druck-/Unterdruckmessung verwendet. Der Aussteuerpunkt des Bremskraftverstärkers wurde durch Messung der Drücke in beiden Kammern des Bremskraftverstärkers ermittelt. Bei Druckgleichheit ist der Aussteuerpunkt erreicht. Ist das bei zu geringem Bremsdruck der Fall, wurde die OHBV-Funktion durch Einleiten von Bremsdruckaufbau aktiviert. Aktuell erfolgt eine direkte Messung des Saugrohrunterdruckes durch einen Sensor in der Leitung vom Saugrohr zum Bremskraftverstärker.



475_131

Reifendruck-Kontrollanzeige (RKA)

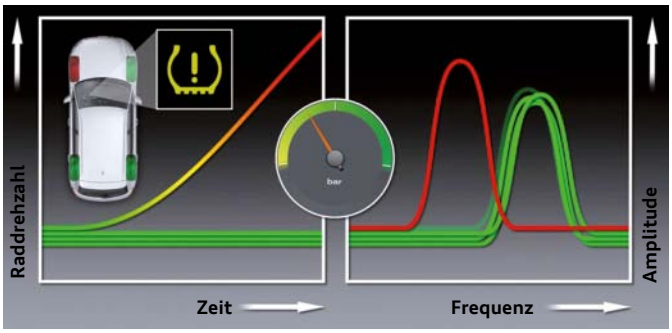


475_100

Das ESP ist in fast allen neuen AUDI-Modellen auch die Heimat für das indirekt messende Reifendruckkontrollsystem der zweiten Generation, bei VW/ AUDI als Reifendruck-Kontrollanzeige+ (RKA+) bezeichnet. Bei RKA+ handelt es sich um ein reines Softwaremodul, dass das ESP als Wirtssteuergerät benutzt. Grundsätzlich wäre es vorstellbar, diese Software auch in jedem beliebigen anderen Steuergerät im Fahrzeug unterzubringen, das ausreichend ROM, RAM und Prozessorlaufzeit zur Verfügung stellt. Die Unterbringung im ESP hat den entscheidenden Vorteil, dass hier die von RKA+ benötigten Raddrehzahlsignale bereits in der erforderlichen Qualität vorliegen. Es müssen nicht noch separate Drehzahlfühlerausgänge mit zusätzlichen Signalleitungen im Fahrzeug berücksichtigt werden.

RKA+ nutzt die Rohsignale der Drehzahlsensoren für eine Analyse der Radabrollumfänge und die Auswertung charakteristischer Schwingungen der Reifen (Spektralanalyse), um so indirekt auf einen möglichen Luftdruckverlust zu schließen.
Zusätzlich eingelesene Signale wie z.B. Gierrate oder Motordrehmoment ermöglichen die Erkennung des Fahrzustands und somit eine Plausibilisierung der eingelesenen Raddrehzahlinformationen. Die Spektralanalyse ergänzt dabei die Informationen aus der Abrollumfangsauswertung und ermöglicht neben der Positionsanzeige des vom Luftverlust betroffenen Reifens auch die Erkennung des schleichenden Reifendruckverlustes durch Diffusion. Das ausgewertete Spektrum der Reifenschwingungen in Umfangsrichtung (siehe Grafik 1) zeigt dabei einen Anstieg der Schwingungsamplitude der Reifen bei Luftverlust, während gleichzeitig die Eigenfrequenz abfällt.

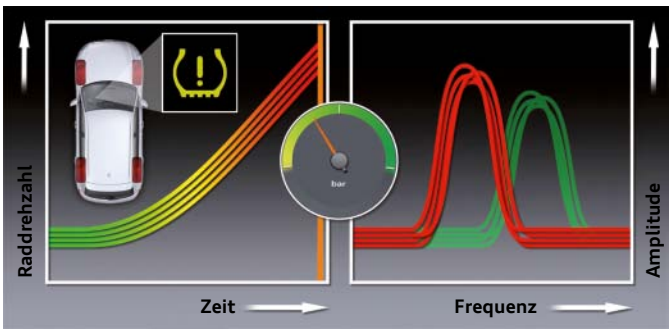
In der Grafik 1 ist schematisch ein Signalverlauf bei Druckverlust vorne links dargestellt. Zur Erkennung dieses „Pannenfalls“ wird die Änderung des Abrollumfangs ausgewertet.



Erkennung Druckverlust an einem Rad (Pannenfall)

475_101

Zur Erkennung eines schleichenden Druckverlustes an mehreren Reifen werden hauptsächlich die Informationen der Schwingungsanalyse herangezogen (siehe Grafik 2).



Erkennung Druckverlust an allen Reifen (Diffusion)

475_102

Sowohl direkt als auch indirekt messende Reifendruckkontrollsysteme erfordern bei unterschiedlichen Reifendruck-Niveaus (Vorderachse/Hinterachse, Volllast/Teillast) eine Systembedienung durch den Kunden, wenn:

- Räder/Reifen gewechselt (Sommer/Winter) oder am Fahrzeug getauscht werden (vorne/hinten, links/rechts).
- Drücke in einem oder mehreren Reifen geändert werden, z.B. aufgrund von signifikanter Beladungsänderung, Anhängerbetrieb, oder nach Behebung einer Reifenpanne.

Der Kunde muss an allen 4 Reifen die vorgeschriebenen Reifendrücke (nach Fülldruckaufkleber bzw. Betriebsanleitung) eingestellt haben und diesen Sollzustand der Reifendrücke abspeichern.
Das Reifenverhalten bei diesen Druckwerten (bzw. aus Sicht RKA+ die Abrollumfänge und charakteristischen Schwingungen) wird daraufhin vom System eingelernt und als Referenz mit dem jeweiligen Istzustand des Reifenverhaltens verglichen.
Erkennt das System deutliche Abweichungen vom eingelernten Referenzzustand wird eine Reifendruckwarnung ausgesprochen. Wird ein signifikanter Druckverlust an nur einem Reifen erkannt (Pannenfall), ist die Warnung positionsbezogen. Sind mehrere Reifen betroffen, erfolgt eine allgemeine Druckverlustwarnung.



Druckverlustwarnung mit Positionsanzeige *475_091*

Verweis
Detailinformationen zu RKA und RKA+ finden Sie in der Service TV-Sendung vom 02.12.2010 in Audi Training Online.

Dachträgererkennung

Erstmals bei einem SUV wird beim Audi Q5 ein montierter Dachträger erkannt und in die ESC-Regellogik einbezogen. Ein Dachträger hat wesentlichen Einfluss auf die Schwerpunkthöhe eines Fahrzeugs. Beim Audi Q5 wird das ESC-Regelverhalten der geänderten Schwerpunkthöhe angepasst.

In der serienmäßigen Dachreling ist ein Hallsensor verbaut, der durch eine diskrete Leitung mit dem Steuergerät für ABS/ESC verbunden ist.
Im ebenfalls serienmäßigen Grundträger befindet sich ein Dauermagnet, der bei montiertem Grundträger das entsprechende Sensorsignal auslöst.



475_103

ABS/ESC-Steuergerät **Grundträger mit Dauermagnet** **Dachreling mit Hallsensor**

Externe Systeme

Elektromechanische Parkbremse - Notbremsfunktion (EPB)

Für die mechanische Grundfunktion des Öffnens und Schließens der Parkbremse benötigt die EPB keine Komponenten des ESC-Systems.
Eine spezielle Funktion der EPB ist die Notbremsfunktion. Wie bei einer konventionellen mechanischen Parkbremse kann der Fahrer auch die EPB während der Fahrt in Notsituationen betätigen (z.B. bei Ausfall der herkömmlichen Bremsbetätigung). Besonders bei höheren Geschwindigkeiten besteht bei einem solchen Bremsvorgang die Gefahr, dass die Bremskräfte an der Hinterachse so groß werden, dass keine Seitenführungskräfte mehr übertragen werden können (siehe hierzu auch Kapitel „Fahrdynamische Grundlagen“ ab Seite 5).

Das Fahrzeug ist dann nicht mehr steuerbar und es besteht große Unfallgefahr. Um dies zu verhindern, unterstützt ESC die Notbremsfunktion. Darin besteht ein großer Vorteil gegenüber konventionellen Parkbremsen.

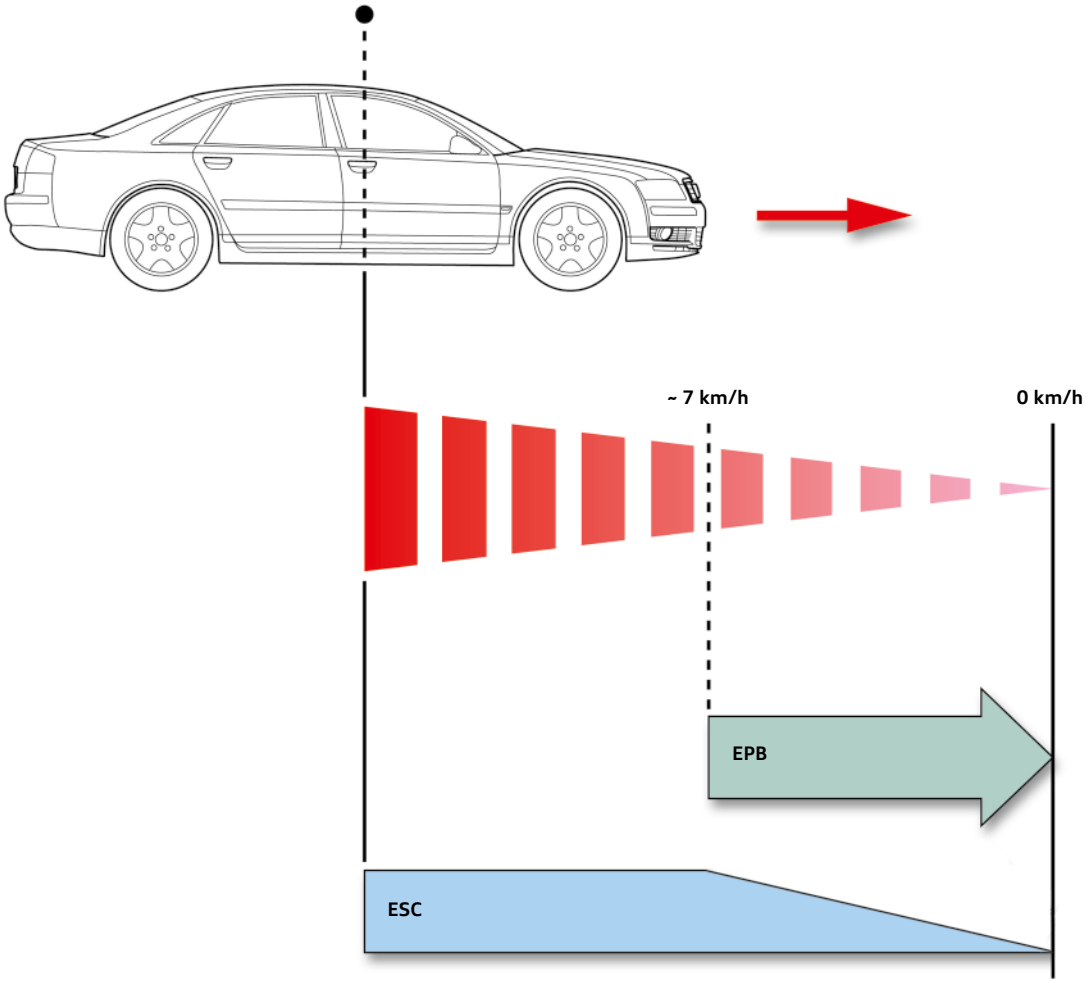


475_104

Druckschalter für Feststellbremse F234

Funktionsweise:
Betätigt der Fahrer bei Fahrgeschwindigkeiten etwa größer 8 km/h den Druckschalter für Feststellbremse F234 (Ziehen des Schalters), wird das Fahrzeug durch das ESC verzögert. Es erfolgt aktiver Druckaufbau an allen vier Rädern. Der Druck wird gesteigert, bis die applizierte Verzögerung erreicht ist (etwa 6 m/s²) bzw. bei Nässe/Schnee bis zur ABS-Regelung.

Die EPB beginnt zu schließen, sobald die Fahrgeschwindigkeit auf einen Wert unter etwa 7km/h reduziert wurde. Der Bremsdruck des ESC wird abgebaut, wenn die EPB vollständig geschlossen ist. Während der Betätigung des Druckschalters ertönt ein akustisches Warnsignal. Sobald der Schalter losgelassen wird oder mehr Gas gegeben wird, wird die Notbremsfunktion abgebrochen.



475_105

Geschwindigkeitsregelanlage (GRA+)

Die Geschwindigkeitsregelanlage unterstützt den Fahrer durch Realisierung einer vom Fahrer gewählten Wunschgeschwindigkeit ab 30 km/h. Konventionelle Systeme setzen dies ausschließlich durch entsprechende Beeinflussung der Leistungsabgabe des Antriebsmotors um. Diese Regelungen stoßen dann an ihre Grenzen, wenn Straßenabschnitte mit starkem Gefälle befahren werden. Trotz Drosselung der Antriebsleistung wird dann das Fahrzeug durch Wirkung der Hangabtriebskraft beschleunigt.
Die GRA+ beherrscht auch diese Fahrzustände. Zusätzlich zur Beeinflussung des Motormanagements wird bei Bedarf das ESC „beauftragt“, Bremseingriffe zu realisieren. Das ESC realisiert die Abbremsungen durch die Funktionen „Bremsdruck aufbauen“ und „Bremsdruck halten“.
Die Regellogik für die GRA-Funktion ist Bestandteil des Motorsteuergeräts.



475_106



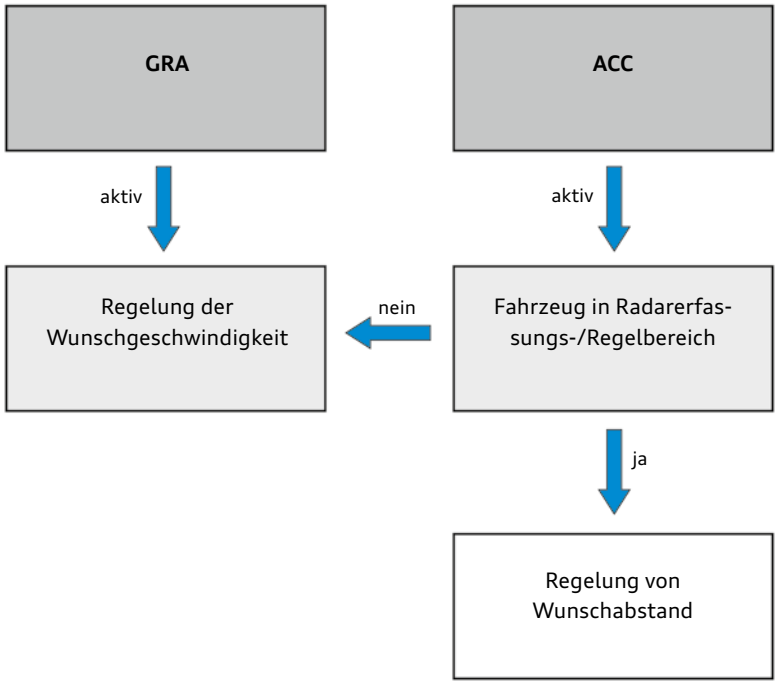
475_106a

Adaptive Cruise Control (ACC)

ACC ist eine Weiterentwicklung der Geschwindigkeitsregelanlage (GRA). Während die GRA eine vom Fahrer gewählte Wunschgeschwindigkeit realisiert, kann ACC zusätzlich den in Stufen wählbaren Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug realisieren.

Dies ist möglich durch Nutzung von Radarsensoren, die den weiteren Bereich vor dem Fahrzeug erfassen.
Das Steuergerät für Abstandsregelung ermittelt den Abstand eines vorausfahrenden Fahrzeugs und die Relativgeschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs zu dem vorausfahrenden.

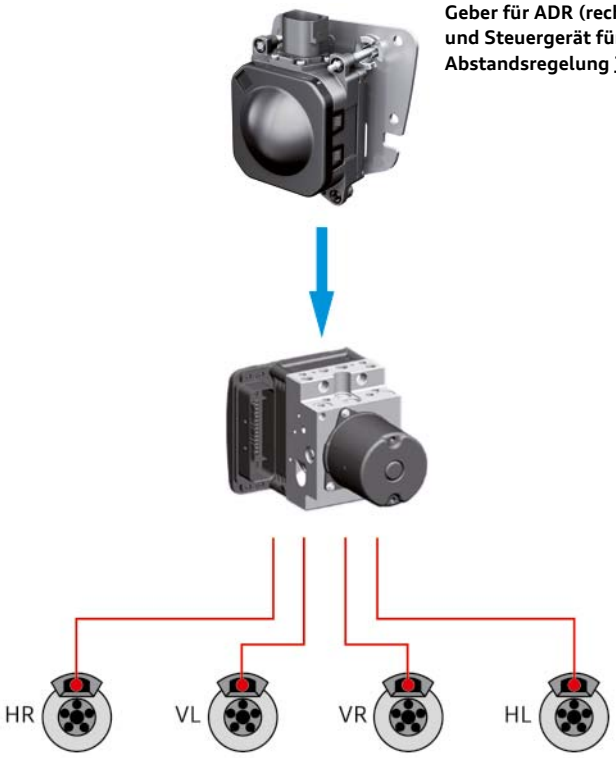
Verweis
Detailinformationen zur generellen Funktionsweise von ACC entnehmen Sie bitte den Selbststudienprogrammen 289 und 458.



475_107

Einbeziehung des ESC in die ACC-Regelung:

Abstandsregelung im unkritischen Fall
Der vom Fahrer angewählte Wunschabstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug wird primär durch Reduzierung der Motorleistung realisiert. Ist die dabei erzielte Verzögerung nicht ausreichend, „beauftragt“ das Steuergerät für Abstandsregelung das ABS/ESC-Steuergerät mit der automatischen Abbremsung des Fahrzeugs. Das ABS/ESC-Steuergerät leitet daraufhin aktiven Bremsdruckaufbau an allen vier Radbremsen ein. Die maximale Bremsverzögerung ist hierbei auf etwa 40 % der Maximalverzögerung begrenzt. Diese Begrenzung wird realisiert, um den Fahrer nicht zu verunsichern und einen guten Fahrkomfort sicherzustellen. Die Realisierung des erforderlichen Bremsdrucks erfolgt durch die Funktionen „Bremsdruck aufbauen“ und „Bremsdruck halten“.



Geber für ADR (rechts) G259 und Steuergerät für Abstandsregelung J428

475_108

Abstandsregelung im kritischen Fall

In bestimmten Fahrsituationen ist trotz der Abbremsung durch das ESC der gewählte Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug nicht mehr realisierbar. Dies ist in der Praxis dann der Fall, wenn ein vorausfahrendes Fahrzeug plötzlich stark abgebremst wird oder sich ein Fahrzeug von einer anderen Fahrspur zwischen ACC-Fahrzeug und vorausfahrendes Fahrzeug drängt.

In diesen Situationen ist es erforderlich, dass der Fahrer durch „Mitbremsen“ den Bremsdruck erhöht und die Abbremsung auf einen Wert >40 % der Maximalverzögerung steigert.

Wird durch das Steuergerät für Abstandsregelung erkannt, dass durch die automatische Abbremsung der Wunschabstand nicht mehr hergestellt werden kann, bekommt der Fahrer dies optisch und akustisch angezeigt.



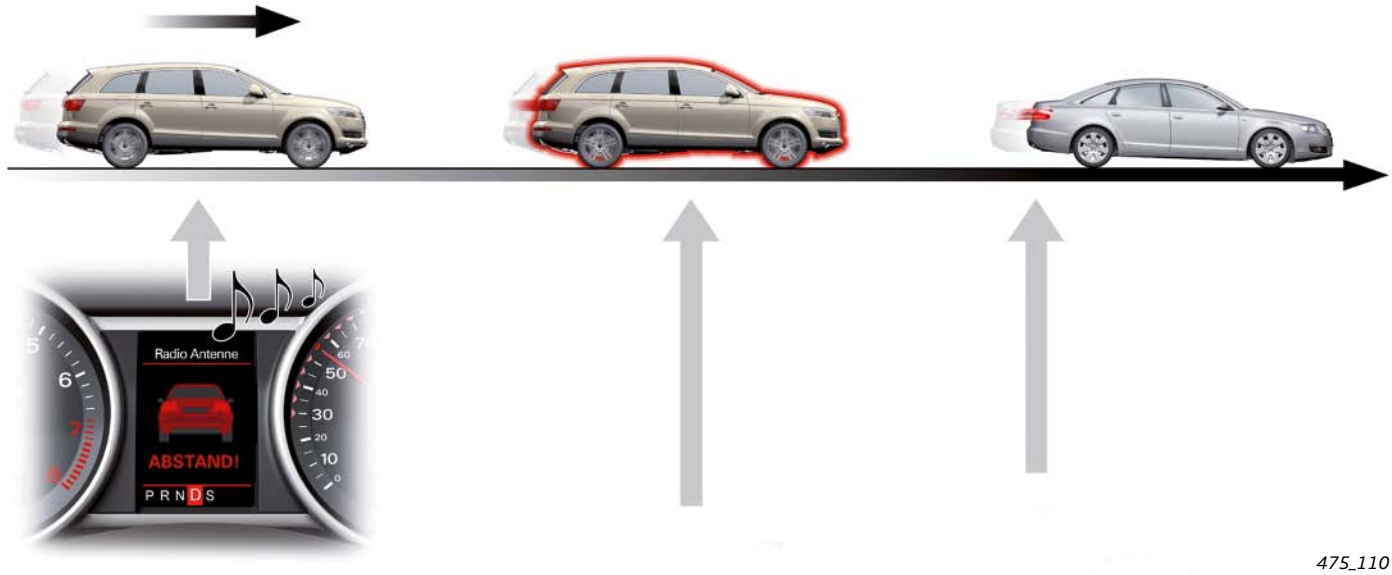
475_109

Audi braking guard

Audi braking guard ist eine Erweiterung der ACC-Funktion. Das System warnt den Fahrer vor einer drohenden Kollision mit einem vorausfahrenden Fahrzeug.

Reagiert der Fahrer nicht auf die Vorwarnung, leitet das Steuergerät für Abstandsregelung etwa 0,9 s bis 1,5 s vor der letzten Bremsmöglichkeit zur Kollisionsvermeidung einen kurzfristigen Bremsdruckaufbau durch das ABS/ESC-Steuergerät ein. Dieser vom Fahrer deutlich wahrnehmbare Warnruck dient nicht der Verzögerung des Fahrzeugs, sondern der nochmaligen Warnung des Fahrers, dass eine sofortige Reaktion seinerseits erforderlich ist, um die bevorstehende Kollision zu verhindern.

Bereits etwa zum Zeitpunkt der Vorwarnung wird die Bremsanlage durch aktiven Druckaufbau durch das ESC mit ca. 2 bar Bremsdruck vorbefüllt. Zweck dieser Maßnahme ist die Reduzierung der Totzeiten im Bremssystem sowie die Reinigung/Trocknung der Bremsscheiben durch Anlegen der Bremsbeläge an die Bremsscheiben. Gleichzeitig werden die Auslösekriterien für den hydraulischen Bremsassistenten (HBA) geändert. Die Auslösung des HBA erfolgt jetzt schon bei geringeren Pedalgeschwindigkeiten.



475_110

– Optische und akustische Vorwarnung
– Vorbefüllung der Bremsanlage
– Sensibleres Ansprechen des HBA

Akutwarnung durch Bremsruck

Starke Verzögerung des vorausfahrenden Fahrzeugs

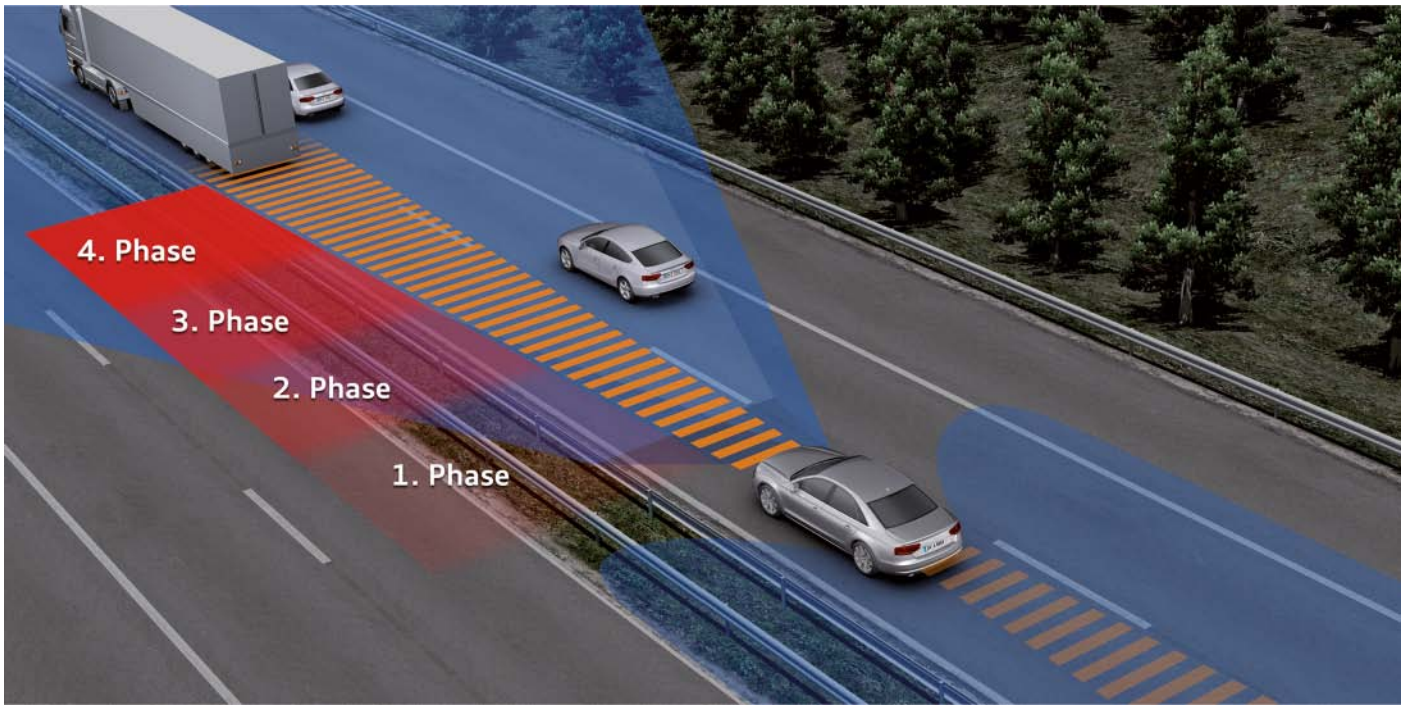
Audi braking guard mit der hier beschriebenen Funktionsweise kommt in den aktuellen Audi Modellen A8, A7, A6, Q5, Q7, A4 und A5/S5 mit ACC zum Einsatz.

Audi braking guard als Funktion von Audi pre sense
Audi pre sense setzte erstmals in den Audi Modellen A7 ’11 und A8 ’10 ein und ist im Selbststudienprogramm 456 beschrieben. Audi pre sense dient dazu, den Fahrer in Gefahrensituationen zu warnen und im Rahmen der technischen Möglichkeiten zu unterstützen.
Eine wesentliche Unterfunktion von Audi pre sense bei Fahrzeugen mit ACC ist Audi braking guard mit erweitertem Funktionsumfang. Erstmals wird hier durch Audi braking guard auch eine automatische (ohne Fahrereinfluss) Abbremsung des Fahrzeugs bei Kollisionsgefahr durchgeführt.



475_111

Funktionsweise
Im Folgenden werden ausschließlich die Aktivitäten beschrieben, die durch das ESC in Verbindung mit Audi braking guard durchgeführt werden.



475_112

Phase 1 + 2
In der Phase 1 werden die bereits beschriebenen Funktionen der optischen und akustischen Vorwarnung, der Vorbefüllung der Bremsanlage sowie der Umschaltung des HBA durchgeführt.
Die Akutwarnung findet in Phase 2 statt.

Phase 3
In der Folge wird in Phase 3 durch ESC der Bremsdruck auf etwa 50 % der maximalen Verzögerung für eine Zeitdauer von ca. 1 s erhöht. Durch Notfallblinken wird der nachfolgende Verkehr auf die Gefahrensituation hingewiesen.

Phase 4
Etwa 500 ms vor dem Aufprall erfolgt eine nochmalige Erhöhung des Bremsdrucks auf den Wert der maximalen Fahrzeugverzögerung. Die Kollision kann jetzt durch den Fahrer nicht mehr verhindert werden, aber durch die volle Bremsleistung erfolgt nochmals eine Geschwindigkeitsreduzierung von maximal etwa 12 km/h. Obwohl der Fahrer keine Aktivitäten zur Unfallvermeidung ausführt, reduziert Audi braking guard die Aufprallgeschwindigkeit in Summe um maximal etwa 40 km/h. Der Unfall wird dadurch in seinen Folgen wesentlich gemildert.

Die Realisierung der automatischen Abbremsung erfolgt durch die Funktion „Bremsdruck aufbauen“, die auch für die ESC- und EDS-Funktion angewendet wird.

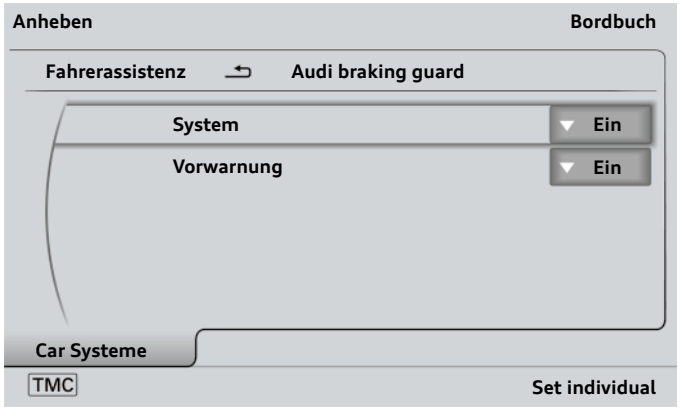
Phase 4 wird generell nur dann eingeleitet, wenn das Fahrzeug zusätzlich mit Audi side assist ausgestattet ist. Mit dieser Ausstattung (ACC und Audi side assist) wird die pre sense-Funktion als Audi pre sense plus angeboten. Durch Audi side assist wird der nachfolgende Verkehr in die Ermittlung des Gefährdungspotenzials einbezogen. Phase 4 wird nur dann eingeleitet, wenn aufgrund des nachfolgenden Verkehrs keine zusätzliche Gefährdung durch eine Vollverzögerung gegeben ist.

Im Unterschied zur ACC-Basisfunktion reagiert Audi braking guard auch auf stehende Ziele. In diesen Fällen erfolgt die optische und akustische Warnung des Fahrers und, wenn erforderlich, wird der Warnruck ausgelöst. Eine aktive Bremsung erfolgt jedoch nicht.

Ab Modelljahr 2012 hat eine weitere Funktion als Unterfunktion des Audi braking guard eingesetzt (Ersteinsatz im Audi A4, dann in A6, A7, A8). Diese Funktion realisiert eine Notbremsung bei Kollisionsgefahr mit einem vorausfahrenden Fahrzeug bei niedrigen Geschwindigkeiten kleiner 30 km/h. Dabei realisiert ESC „im Auftrag“ von ACC schnellen aktiven Bremsdruckaufbau für eine Verzögerung von etwa 8 m/s^2. Mit Abschaltung des Audi braking guard durch den Fahrer wird auch diese Funktion deaktiviert.

Verweis
Detailinformationen zu Audi pre sense entnehmen sie bitte dem Selbststudienprogramm 456.

Bedienung
Die Funktionen optische/akustische Abstands-/Auffahrwarnung (Vorwarnung) sowie die Gesamtfunktion Audi braking guard system können im MMI auf Wunsch abgeschaltet werden.



475_113

Stop-and-go
In den aktuellen Fahrzeugmodellen Audi A6, A7 und A8 ist bei Fahrzeugen mit ACC die Stop-and-go-Funktion realisiert. Kommt das durch ACC erfasste vorausfahrende Fahrzeug zum Stehen, wird auch das ACC-Fahrzeug ohne Aktivität des Fahrers, wenn notwendig, bis zum Stillstand abgebremst. Fährt das Fahrzeug dann nach kurzer Haltedauer wieder an, wird auch das ACC-Fahrzeug wieder automatisch beschleunigt. Die für die Realisierung dieser Funktion erforderlichen Abbremsungen werden durch die Funktion „Bremsdruck“ aufbauen des ESC realisiert.



475_114

Verweis
Detailinformationen zu Stop-and-go finden sie im Selbststudienprogramm 458 sowie in den Betriebsanleitungen der jeweiligen Fahrzeugmodelle.

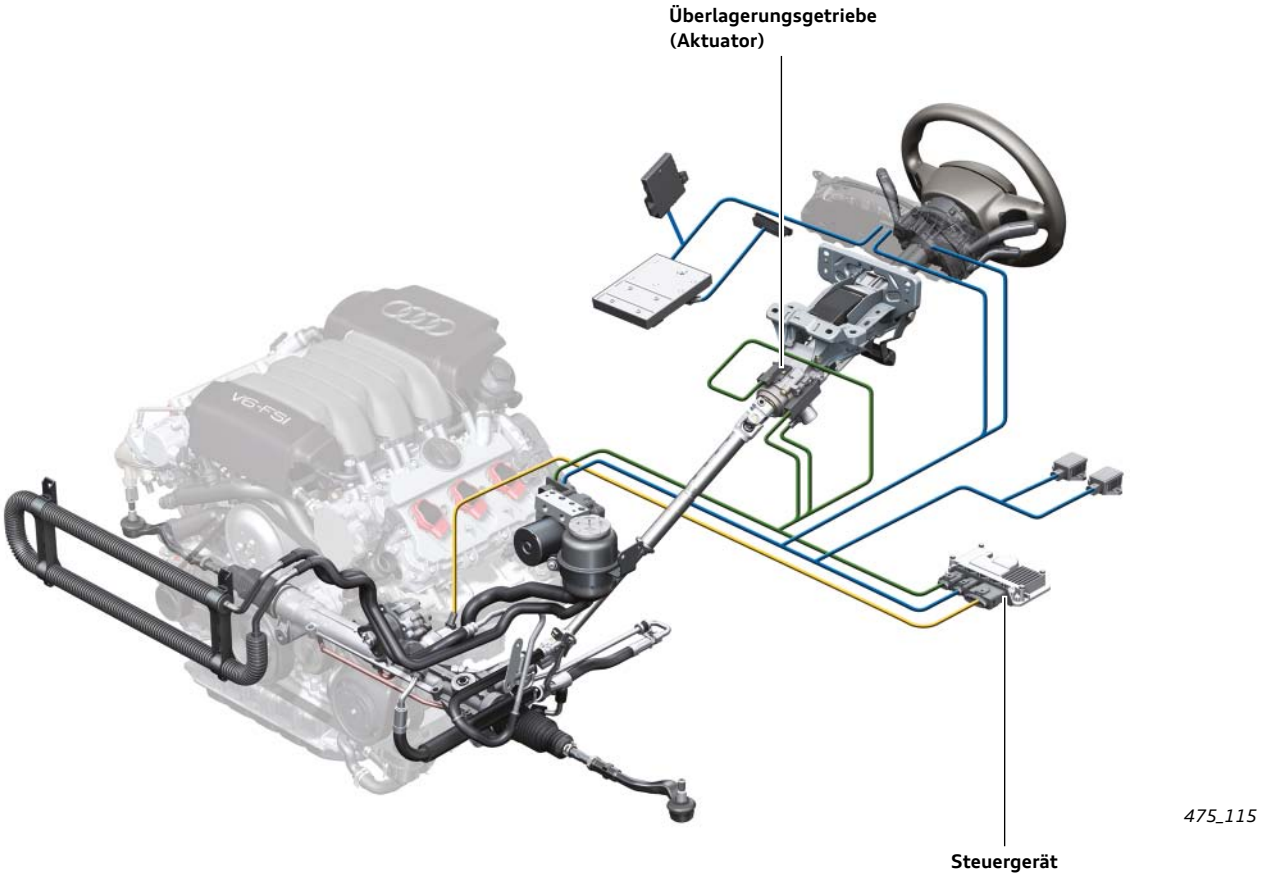
Durch ESC beauftragte Systeme

Dynamiklenkung

Im Audi A4 ’08 setzte erstmals bei Audi-Fahrzeugen die Dynamiklenkung ein. Dieses Lenksystem ist in der Lage, den Lenkwinkel der Vorderräder unabhängig vom Fahrer zu ändern. Dadurch kann eine variable Lenkübersetzung realisiert werden.
Im Zusammenspiel mit dem ESC und seinen Sensoren wird das System auch bei drohenden kritischen Fahrzuständen aktiv. In bestimmten Fahrsituationen kann durch eine Lenkwinkelkorrektur eine Stabilisierung des Fahrzustands realisiert werden. Durch gezielte Variation des Lenkeinschlags der Vorderräder unterstützt die Dynamiklenkung das ESC im fahrdynamischen Grenzbereich.

Hierdurch ergeben sich zwei wesentliche Vorteile:

- Die Gesamtstabilität des Fahrzeugs wird durch gleichzeitige Brems- und Lenkungseingriffe verbessert, die aktive Sicherheit wird deutlich erhöht.
- In weniger kritischen Fahrsituationen kann entweder teilweise oder sogar vollständig auf die ESC-Bremseingriffe verzichtet werden, was die Fahrzeugstabilisierung harmonischer und komfortabler macht. Das Fahrzeug fährt sich durch die Reduktion der Bremseingriffe gerade auf Fahrbahnen mit niedrigem Reibwert (z.B. Schnee) bei gleicher Fahrstabilität spürbar agiler als ein Fahrzeug, das nur über Bremseingriffe stabilisiert wird.



475_115

Das ESC nutzt die Funktion der Dynamiklenkung bei übersteuerndem und untersteuerndem Fahrzeug sowie beim Bremsen auf Fahrbahnen mit unterschiedlichen Reibwerten (µ-split).

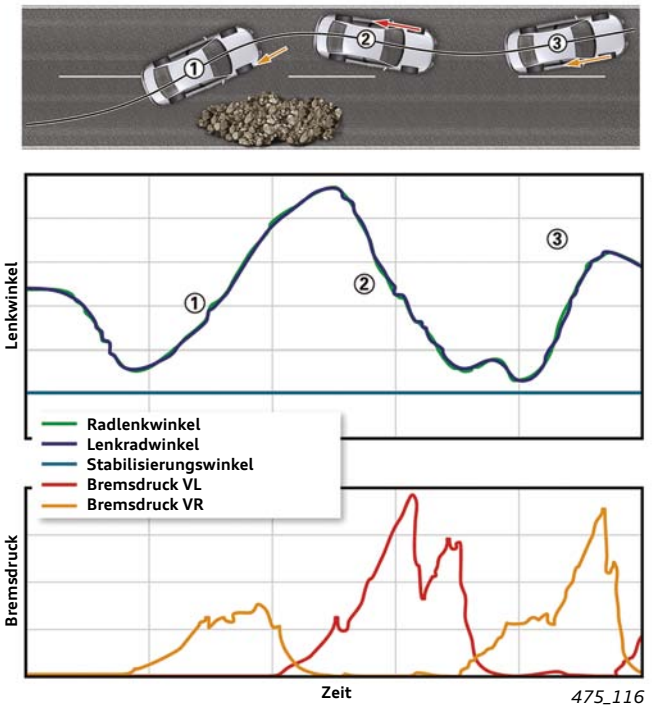
Verweis
Detailinformationen zu Aufbau und Funktion der Dynamiklenkung entnehmen sie bitte dem Selbststudienprogramm 402.

Als Beispiel für das Zusammenspiel von ESC und Dynamiklenkung wird hier der Regeleingriff bei einem übersteuernden Fahrzeug dargestellt.

Die Regeleingriffe beim Untersteuern sowie Bremsen auf Fahrbahnen mit unterschiedlichen Reibwerten (µ-split) sind im Selbststudienprogramm 402 dargestellt.

Übersteuerndes Fahrzeug
Beim Übersteuern stabilisiert ESC das Fahrzeug durch Einbeziehung der Dynamiklenkung. Es wird ein gezieltes Gegenlenken realisiert, das ein „Ausbrechen“ des Fahrzeughecks verhindert.

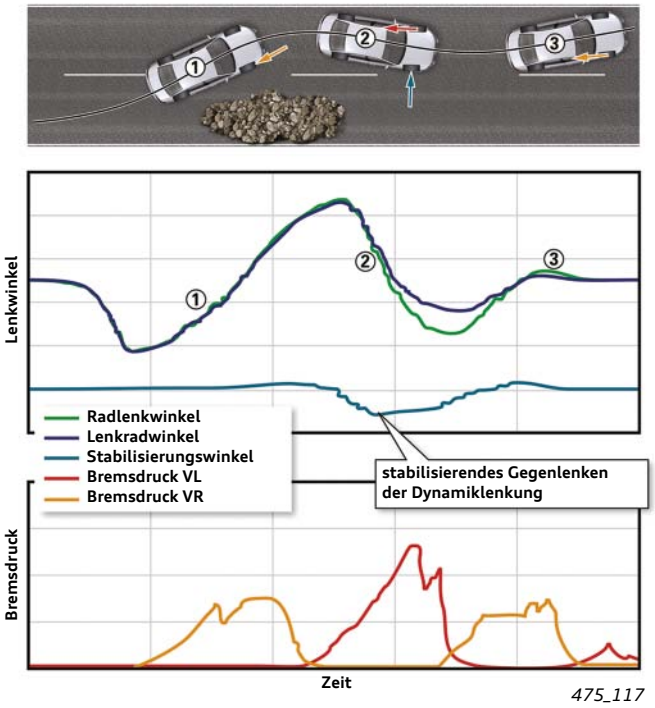
Eine typische Situation, in der ein Fahrzeug leicht ins Übersteuern gerät, ist ein schneller Fahrspurwechsel.
Beim Zurücklenken auf der neuen Fahrspur kann das Heck, insbesondere bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten, ausbrechen. Der Fahrer leitet das stabilisierende Gegenlenken meist zu spät oder gar nicht ein. Die Folge sind starke Bremseingriffe des ESC. In der Grafik sind diese an den Bremsdruckverläufen zu erkennen.



475_116

Mit der Dynamiklenkung erfolgt das stabilisierende Gegenlenken automatisch und vom Fahrer unbemerkt.
Dadurch reduziert sich der Lenkaufwand des Fahrers deutlich. Er muss lediglich die in einer vergleichbaren stabilen Fahrsituation notwendigen Lenkwinkel einstellen.

Die Bremseingriffe des ESC werden ebenfalls deutlich reduziert. Im Vergleich mit den Bremsdruckverläufen in der oberen Grafik sind die wesentlich geringeren Maximaldrücke zu erkennen. So ergibt sich bei einem Fahrspurwechsel neben der besseren Fahrstabilität auch eine höhere Durchfahrgeschwindigkeit.



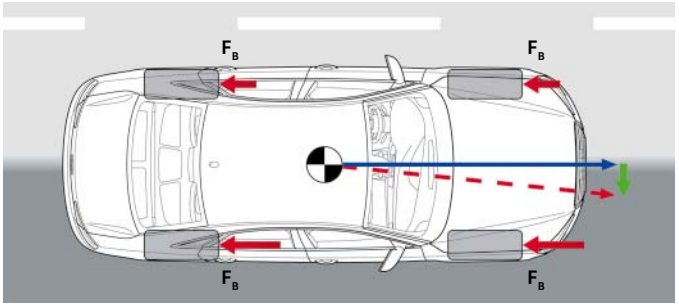
475_117

Driver Steering Recommendation (DSR)

Diese Funktion dient der Unterstützung des Fahrers bei Bremsvorgängen auf Fahrbahnen mit unterschiedlichen Reibwerten zwischen den Rädern der rechten und linken Fahrzeugseite und der Fahrbahn. Voraussetzung für die DSR-Funktion ist die Ausstattung des Fahrzeugs mit einer elektromechanischen Lenkung.

DSR kommt bei den aktuellen Audi Modellen A3, Q3, A6 und A7 serienmäßig zum Einsatz. Die Funktion wird durch eine Softwareerweiterung im ABS/ESC-Steuergerät realisiert. Die Funktion ist bei Bedarf immer aktiv und ist durch den Fahrer nicht deaktivierbar.

Im dargestellten Beispiel befinden sich die Räder der linken Fahrzeugseite auf vereister Fahrbahn, die der rechten Seite auf trockener Fahrbahn. An den rechten Rädern sind folglich höhere Bremskräfte (FB) übertragbar. Bei der Abbremsung entsteht dadurch ein Drehmoment um die Fahrzeughochachse in Richtung der höheren Reibwerte.
Im dargestellten Beispiel „zieht“ (giert) das Fahrzeug beim Bremsen nach rechts. Der gestrichelte rote Pfeil gibt die Abweichung von der gewünschten Fahrtrichtung an. Um das Fahrzeug auf Kurs zu halten, muss der Fahrer dieses Giermoment durch eine Gegenlenkreaktion (im Beispiel Lenkeinschlag nach links) kompensieren.

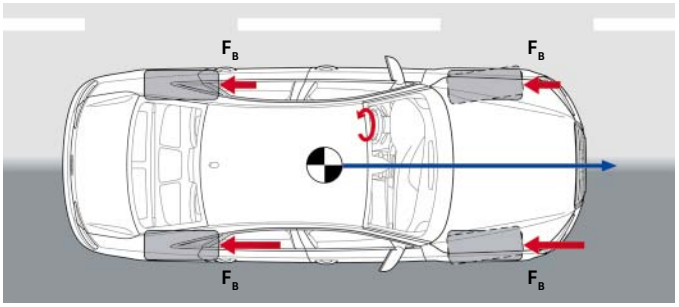


475_118

Abweichung von der gewünschten Fahrtrichtung

Hier unterstützt die DSR-Funktion.
Sie bindet die elektromechanische Lenkung in die Giermomentenregelung mit ein. Auf Basis der Fahrzeuggeschwindigkeit (ermittelt durch Auswertung der Signale der Drehzahlfühler) und der Giergeschwindigkeit (ermittelt durch den Sensor für Gierrate) ermittelt das ABS-Steuergerät J104 den notwendigen Lenkimpuls. Das Steuergerät J104 sendet eine „Lenkaufforderung“ an das Steuergerät J500 der Lenkung. Durch Ansteuerung des Elektromotors wird die Zahnstange kurzzeitig mit einer maximalen Kraft am Lenkrad von etwa 2-3 Nm in die vorgegebene Richtung bewegt.
Durch diesen Lenkimpuls wird dem Fahrer signalisiert, in welche Richtung das Lenkrad gedreht werden muss. Obwohl der Fahrer diesen Lenkimpuls meist nicht bewusst wahrnimmt, bewegt er das Lenkrad intuitiv in die „richtige“, stabilisierende Richtung.

Lenkeinschlag („Gelenkreaktion“)



475_119

Lenkeinschlag

Regelstrategie

Unter dem „Sammelbegriff“ ESC arbeiten außer des eigentlichen ESC-Systems die verschiedenen „Untersysteme“, wie EBV, ABS, EDS, ASR. Um Kollisionen der unterschiedlichen Systeme zu vermeiden, sind deren Regelvorgänge aufeinander abgestimmt. Das oberste Ziel ist dabei immer der Erhalt der Fahrsicherheit. Wesentliches „Basissystem“ ist die elektronische Bremskraftverteilung EBV. Diese Funktion ist deshalb so wichtig, da ein Überbremsen der Räder der Hinterachse immer den Verlust der Seitenführung und damit der Fahrstabilität verursacht. Wenn Systemfehler vorliegen, ist die EBV deshalb das letzte System, das abgeschaltet wird.

Eine eindeutige und immergültige Priorisierung der Systeme ist nicht möglich. Je nach konkreter Fahrsituation ergibt sich entsprechender Regelbedarf. So ist es möglich, dass momentan aktive Regelungen bestimmter Systeme zugunsten anderer Systeme abgeschaltet werden oder Regelungen verschiedener Systeme parallel (zeitgleich) aktiv sind. Bei den meisten Fahrzuständen ist jedoch das ESC das System mit der höchsten Priorität.

Bedienung und Fahrerinformation

Da es sich bei ESC und seinen Untersystemen um Fahrsicherheitssysteme handelt, ist es notwendig, dass der Fahrer auf sicherheitsrelevante Einstellungen keinen Einfluss hat. Im Folgenden werden die diesbezüglichen Bedienfunktionen durch den Fahrer sowie Systeminformationen an den Fahrer dargestellt.

Das einzige Element zur Bedienung des ESC ist der Taster für ASR und ESC. Durch die Betätigung des Tasters kann der Fahrer auf die Funktion des ASR und des ESC Einfluss nehmen. Welche Änderungen sich dabei in der Funktionsweise ergeben, ist abhängig vom jeweiligen Fahrzeugmodell. In der Tabelle ist die jeweilige Tastenlogik der aktuellen Audi Modelle dargestellt.

Fahrzeugmodell	Tastenlogik	Tastenlogik des Tasters für ASR und ESC
A1, A3*, S3, TT	einstufig	▸ Betätigung schaltet ASR ab und schränkt ESC-Eingriffe ein
Q3	einstufig	▸ Betätigung schaltet ASR ab
Q5**, Q7, A4 allroad quattro, A6 allroad quattro	einstufig	▸ Betätigung schaltet „offroad-Modus“ ein
A4, A5, S4, S5	zweistufig	▸ Betätigungsdauer kleiner 3 s schaltet ASR ab (bei Frontantrieb nur möglich bis 50 km/h, ab 70 km/h erfolgt automatische Zuschaltung) ▸ Betätigungsdauer größer 3 s schaltet ASR und ESC ab (nur möglich, wenn ACC abgeschaltet ist)
A6, A7	einstufig	▸ Betätigung schaltet ESC in den „Sportmodus“ ▸ ASR bleibt bei Fahrzeugen mit Frontantrieb eingeschränkt aktiv und wird bei Fahrzeugen mit quattro Antrieb abgeschaltet ▸ ESC-Eingriffe werden eingeschränkt
A8	einstufig	▸ Betätigung schaltet ESC in den „Sportmodus“ ▸ ESC-Eingriffe werden eingeschränkt
R8	zweistufig	▸ Betätigungsdauer kleiner 3 s schaltet ASR und ESC in den „Sportmodus“ ▸ ASR/ESC-Eingriffe werden eingeschränkt ▸ Betätigungsdauer größer 3 s schaltet ASR und ESC ab

* gültig für Audi A3 ’12

** Beim Audi Q5 ist eine automatische Erkennung von offroad Bedingungen realisiert. Die technische Realisierung erfolgt durch die Auswertung der Radschwingungen, die aus den Raddrehzahlsignalen ermittelt werden. Durch die Betätigung der Taste für ASR und ESC erfolgt die Erkennung von offroad-Bedingungen schneller als durch die automatische Erkennung.



475_121

Taster für ASR und ESC im Audi A7

Die unterschiedliche Tastenlogik des Tasters für ASR und ESC ist im modellspezifischen dynamischen Fahrzeugverhalten begründet. Die Abschaltung des ASR ist vor allem beim Anfahren auf lockerem Untergrund, Fahren mit Schneeketten und zum „Freischaukeln“ des festgefahrenen Fahrzeugs sinnvoll. Durch den größeren Antriebsschlupf wird bei diesen Straßenverhältnissen die Traktion verbessert.

Je nach Fahrzeugmodell wird das ESC bei einer Fahrerbremsung für die Dauer der Bremsung wieder zugeschaltet oder nicht. Ein durch den Fahrer abgeschaltetes ESC wird immer bei einem Neustart des Antriebsmotors automatisch eingeschaltet.
Bei einigen Fahrzeugmodellen erfolgt keine Abschaltung des ESC. Durch die Tastenbetätigung wird ein spezieller Sportmodus aktiviert. Hierbei sind deutlich größere Schwimmwinkel möglich, bevor ESC stabilisierend eingreift.



475_094a

Taster für ASR und ESC und Schalter für Bergabfahrassistent im AUDI Q5

Bei Fahrzeugmodellen, die auch für einen Einsatz abseits befestigter Straßen vorgesehen sind, wird durch die Betätigung des Tasters für ASR und ESC der „ESC-Offroad-Modus“ aktiviert. Die Schwellen für ESC-Regeleingriffe wurden dabei so abgestimmt, dass eine bestmögliche Traktion des Fahrzeugs erreicht wird.

In Abhängigkeit von Fahrzeugmodell und -ausstattung kann unter bestimmten Umständen auch die Zwangsaktivierung eines abgeschalteten ESC erfolgen. Dies ist dann der Fall, wenn Fehler anderer Systeme (z. Bsp. der elektronischen Dämpferregelung) vorliegen, die zu einer Veränderung des Fahrverhaltens führen können.

Beim Audi Q7 wird durch Einschalten des ESC-Offroad-Modus auch der Bergabfahrassistent bei Bedarf aktiv. Beim Audi Q5 gibt es für diese Funktion einen separaten Schalter.

Der aktuelle Status des ESC-Systems und seiner Untersysteme wird dem Fahrer während der ordnungsgemäßen Funktion (kein Systemfehler vorhanden) durch die ESC-Kontrollleuchte K155 angezeigt. Nach Einschalten der Zündung (Kl.15) erfolgt die Lampenaufprüfung. Für eine Zeitdauer von etwa drei Sekunden werden die Kontrollleuchten angesteuert. In dieser Zeit findet eine interne Systemprüfung statt.

Ist das System fehlerfrei, werden die Kontrollleuchten wieder ausgeschaltet. Jetzt ist das ESC funktionsbereit. Ein ASR- oder ESC-Eingriff wird durch das Blinken der Kontrollleuchte K155 angezeigt. Nach Betätigung des Tasters für ASR und ESC leuchtet die Kontrollleuchte K216 bis zum Abschalten der Zündung oder dem erneuten Betätigen der Taste (Tastenlogik siehe S. 68).

Systemzustand	**Zustand K118 Bremsanlage**	**Zustand K47 ABS**	**Zustand K155 ESC und ASR**	**Zustand K216 ESC und ASR**	**Bemerkung**
KL.15 ein, Lampenprüfung					
System fehlerfrei und funktionsbereit	Keine Anzeige	Keine Anzeige	Keine Anzeige	Keine Anzeige	
ASR-/ESC-Eingriff	Keine Anzeige	Keine Anzeige		Keine Anzeige	K155 blinkt
Taster für ASR und ESC betätigt	Keine Anzeige	Keine Anzeige	Keine Anzeige		im Falle einer Bremsung kann ESC automatisch zugeschaltet werden

Serviceumfänge

Im Rahmen dieses Kapitels wird eine generelle Übersicht über die Serviceumfänge des ESC-Systems gegeben. Aufgrund des Einsatzes von Systemen verschiedener Hersteller sowie durch die modellspezifischen Anpassungen gibt es Detailunterschiede bei den Serviceumfängen. Nutzen Sie daher bitte für Detailinformationen die dafür vorgesehene Serviceliteratur bzw. die entsprechenden Servicesysteme.

Systemdiagnose
Alle in den aktuellen Audi Modellen zum Einsatz kommenden ESC-Systeme sind eigendiagnosefähig.
Im Rahmen der Eigendiagnose erkannte Fehler sind im Fahrzeugereignisspeicher eingetragen und mit einem geeigneten Fahrzeugdiagnosetester auslesbar.
Systemfehler werden darüber hinaus dem Fahrer durch Kontrollleuchten und Textmeldungen angezeigt.



475_123

Systemzustand	Zustand K118 Bremsanlage	Zustand K47 ABS	Zustand K155 ESC	Bemerkung
ASR/ESC-Störung	Keine Anzeige	Keine Anzeige		EBV, EDS und ABS bleiben aktiv
ABS/ASR/EDS/ESC-Störung	Keine Anzeige			Not-EBV bleibt erhalten
Komplettausfall				Alle Systeme werden abgeschaltet - umgehend Werkstatt aufsuchen!

Aus- und Einbau/Ersatz von ABS/ESC-Steuergerät und Hydraulikaggregat
Steuergerät und Hydraulikeinheit können bei den aktuellen Audi Modellen A3 und A8 voneinander getrennt werden. Ein defektes Steuergerät kann bei diesen Modellen separat ersetzt werden. Bei einem Defekt der Hydraulikeinheit ist immer die gesamte Einheit (Steuergerät und Hydraulikeinheit) zu ersetzen.

Nach dem Ersatz eines Steuergerätes oder der gesamten ABS/ESC-Einheit sind die in der Tabelle auf der folgenden Seite angegebenen Folgearbeiten durchzuführen.

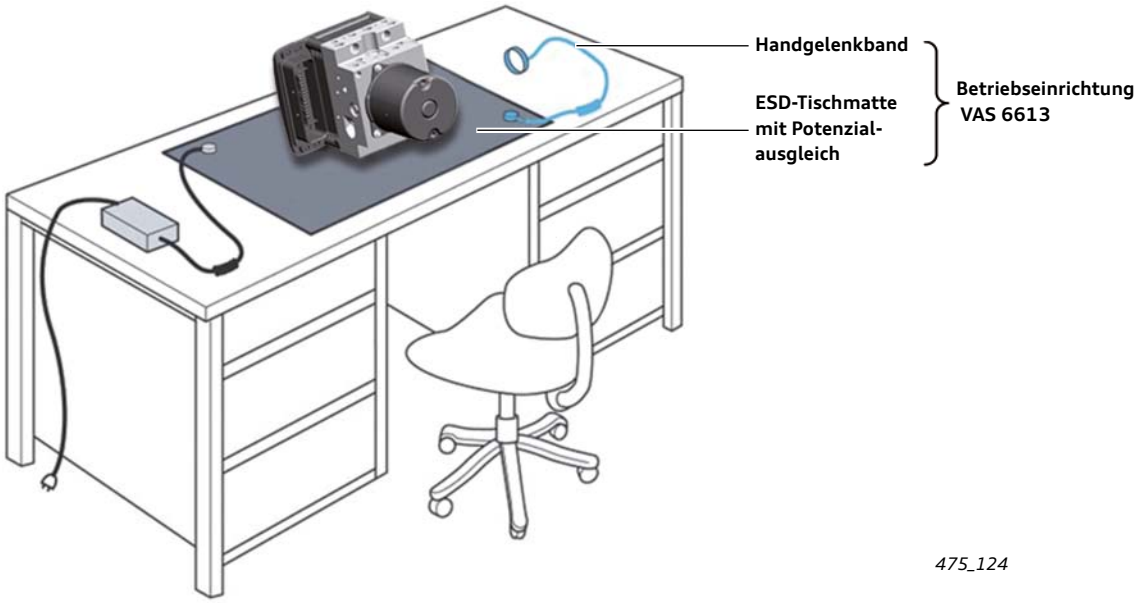
Aktuelles Fahrzeug-modell	Steuergeräteaustausch separat möglich	Folgearbeiten nach Austausch
A1	Nein	Entlüften - Steuergerät codieren - Geber kalibrieren* - Stellglieddiagnose
A3	Ja	Entlüften - Steuergerät codieren - Geber kalibrieren* - Grundeinstellung Einlass- und Trennventile - Anpassung der elektronischen Quersperre - Stellglieddiagnose - Fahr- und Systemtest
Q3	Nein	Entlüften - Steuergerät codieren - Geber kalibrieren* - Anpassungen vornehmen** - Stellglieddiagnose
TT	Nein	Entlüften - Steuergerät codieren - Geber kalibrieren* - Stellglieddiagnose - Fahr- und Systemtest
Q7	Nein	Entlüften - Steuergerät codieren - Geber kalibrieren* - Stellglieddiagnose - Fahr- und Systemtest
A4, A5, Q5	Nein	Entlüften - Steuergerät codieren (online) - Stellglieddiagnose - Fahr- und Systemtest
A6, A7	Nein	Entlüften - Steuergerät codieren - Lenkwinkelgeber kalibrieren - Stellglieddiagnose
A8	Ja	Entlüften - Steuergerät codieren - Lenkwinkelgeber kalibrieren - Stellglieddiagnose
R8	Nein	Entlüften - Steuergerät codieren - Geber kalibrieren* - Stellglieddiagnose - Fahr- und Systemtest

*: Lenkwinkelgeber, Geber für Bremsdruck, Quer- und Längsbeschleunigung, der Geber für Längsbeschleunigung ist nur bei Fahrzeugen mit Allradantrieb oder mit Berganfahrassistent verbaut.

**: Da dieses Steuergerät auch von anderen Konzernmarken verwendet wird, müssen bestimmte Funktionen (z. B. Gespannstabilisierung) durch entsprechende Anpassungen nach dem Codieren freigeschaltet werden.

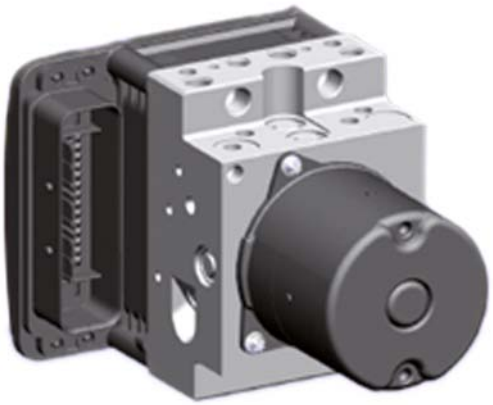
Das Entlüften der Bremsanlage ist immer dann erforderlich, wenn Bremsleitungen geöffnet wurden. Nach Aus- und Einbau der Hydraulikeinheit ist dies immer erforderlich. Auch zum Trennen des Steuergeräts vom Hydraulikaggregat muss die komplette Einheit ausgebaut werden. Beim Audi A8 ist für den Ausbau des Steuergeräts unbedingt ein ESD-geschützter Arbeitsplatz (Betriebseinrichtung VAS 6613) erforderlich, um Schäden am Steuergerät durch elektrostatische Aufladung zu verhindern.

Nach dem Einbau der Hydraulikeinheit ist immer die Stellglieddiagnose durchzuführen. Dadurch wird sichergestellt, dass die Leitungen zu den Radbremsen an den korrekten Positionen der Hydraulikeinheit angeschlossen sind.



475_124

Das Codieren eines neuen ABS/ESC-Steuergeräts erfolgt bei allen aktuellen Audi Modellen online. Dabei wird eine Onlineverbindung zur SVM-Datenbank hergestellt (SVM = Software Versions Management). Die Codierwerte werden dann ohne Zutun (und auch ohne Anzeige der Inhalte) in das ABS/ESC-Steuergerät übertragen.

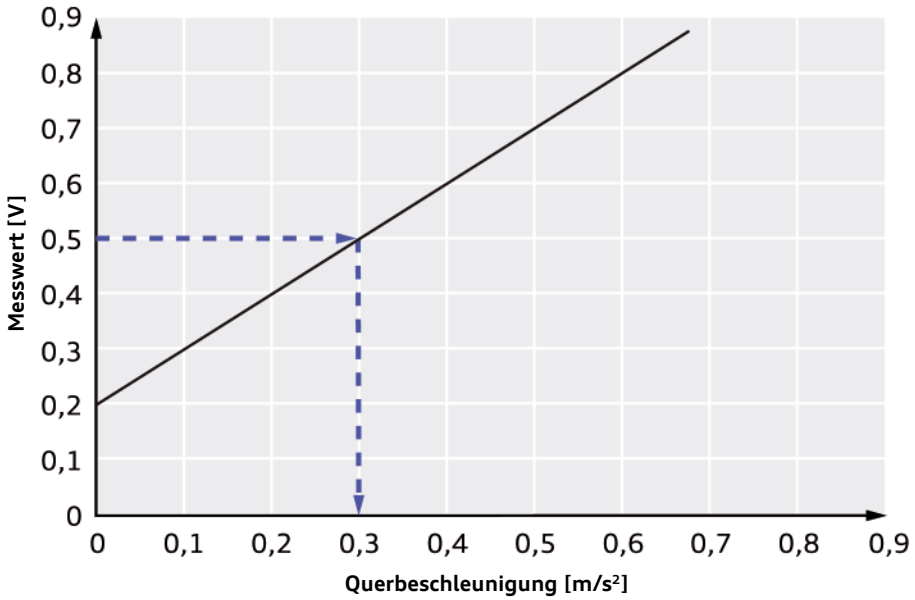


475_029a

In Abhängigkeit von Fahrzeugmodell und ESC-Variante sind nach der Codierung des ABS/ESC-Steuergeräts bestimmte Sensoren zu kalibrieren (siehe Tabelle Seite 72). Um die Messwerte (digitalen Zahlenwerte) eines Sensors bewerten zu können, muss das Steuergerät mindestens für einen Messwert den realen physikalischen Zustand kennen. Im Steuergerät sind die Kennfelder der Sensoren abgespeichert. Ist dem Steuergerät eine Zuordnung Messwert-realer Wert bekannt, kann es für alle weiteren Messwerte die entsprechenden realen (physikalischen) Werte berechnen.

Im angegebenen Beispiel wird dieses Prinzip für einen fiktiven Kurvenverlauf eines Gebers für Querbeschleunigung dargestellt: Der dargestellte Kurvenverlauf ist im Steuergerät gespeichert. Das Steuergerät „weiß“ somit, welche Messwertänderung welcher realen Änderung der Querbeschleunigung entspricht. Bei der Kalibrierung muss das Fahrzeug still stehen.

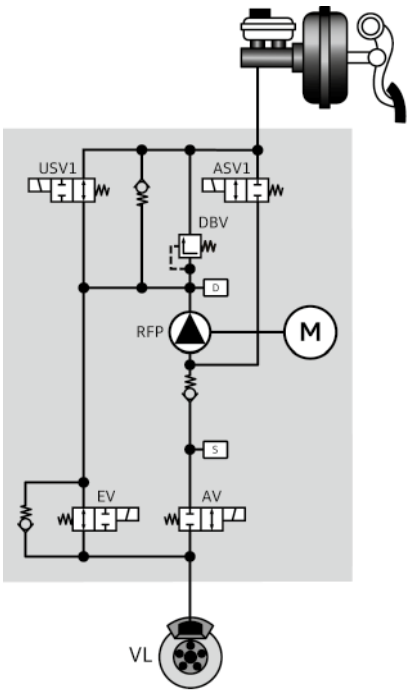
Das Steuergerät liest den dabei gesendeten Messwert ein und interpretiert ihn als Fahrzeugstillstand (Querbeschleunigung = 0). Im Beispiel beträgt dieser Messwert 0,2 V. Das Steuergerät im angegebenen fiktiven Beispiel weiß durch die bereits abgespeicherte Kennlinie, dass eine Messwertänderung von 0,1 V einer Änderung der Querbeschleunigung von 0,1 m/s² entspricht. In der Folge kann das Steuergerät jedem Messwert einen Querbeschleunigungswert zuordnen. Zum Beispiel wird der Messwert 0,5 V als Querbeschleunigung von 0,3 m/s² interpretiert.



475_125

Der Fahr- und Systemtest ist nach dem Austausch des Steuergeräts und nach der (falls erforderlichen) Kalibrierung der Geber für die Fahrzeugmodelle erforderlich, die die Messwerte der Querbeschleunigung, Gierrate und Längsbeschleunigung durch die ESP-Sensoreinheit G419 erhalten.
Der Fahr- und Systemtest ist erforderlich, um die Plausibilität der Messwerte der Geber zu überprüfen. Dazu ist ein definierter Fahrzyklus vorgegeben. Das Steuergerät „kennt“ die einzelnen Fahrmanöver und kann die dabei von den Gebern erhaltenen Messwerte überprüfen und zueinander in Relation setzen.

Grundeinstellung der Einlass- und Umschaltventile (Trennventile) im Audi A3:
Im ESC MK60EC, das im aktuellen Audi A3 bis Modelljahr 2012 eingesetzt wird, werden spezielle Ventile als Einlass- und Umschaltventile (Trennventile) genutzt. Diese Ventile können dabei je nach elektrischer Anwsteuerung variable Ventilquerschnitte (Durchflussquerschnitte) realisieren. Voraussetzung für die Trennbarkeit von Hydraulikaggregat und Steuergerät ist die Durchführung einer Grundeinstellung der Ventile im Service nach erfolgtem Austausch des Steuergerätes. Durch die Grundeinstellung wird die Ansteuerkennlinie für die Ventile festgelegt.



475_126

Anpassung der elektronischen Quersperre im Audi A3:
Ist der Audi A3 mit elektronischer Quersperre ausgestattet, muss diese nach dem Austausch des Steuergeräts und erfolgter Codierung angepasst werden. Durch diese Anpassung findet eine Feinabstimmung der Funktion der elektronischen Quersperre auf den verbauten Antriebsmotor statt.

Aus- und Einbau/Ersatz der ESP-Sensoreinheit G419
Nach Ersatz der ESP-Sensoreinheit G419 ist es erforderlich, die Geber für Quer- und gegebenenfalls Längsbeschleunigung zu kalibrieren. Die Messwerte der Geber der neuen Sensoreinheit weichen aufgrund von Bauteiletoleranzen von denen der ausgetauschten Bauteile ab. Außerdem ist die Einbauposition der Sensoreinheit im Fahrzeug toleranzbehaftet.


475_127

Aus- und Einbau/Ersatz des Steuergerätes für Sensorelektronik J849

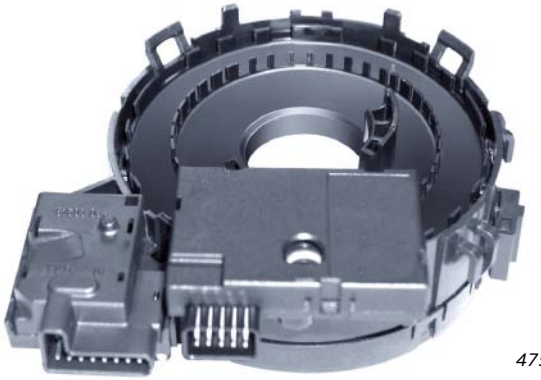
Nach Ersatz des Steuergerätes J849 ist eine Kalibrierung des Steuergerätes erforderlich. Dazu muss das Fahrzeug auf einer ebenen Fläche still stehen. In dieser Position liest das ABS/ESC-Steuergerät die Messwerte der Sensoren ein und speichert diese als Zustand „stehendes Fahrzeug“ ab. Da die Kennlinien der Sensoren im ABS/ESC-Steuergerät abgespeichert sind, kann das Steuergerät in Folge alle anderen Messwerte einer realen Fahrzeugbewegung zuordnen bzw. in reale physikalische Werte umrechnen.



475_128

Aus- und Einbau/Ersatz des Lenkwinkelgebers G85:

Nach Ersatz des Lenkwinkelgebers muss dieser kalibriert werden. Voraussetzung dafür ist es, dass das ESC-Steuergerät codiert ist. Der Kalibriervorgang beginnt mit einer definierten Drehung des Lenkrades durch den Mechaniker. Je nach Fahrzeugmodell ist im Anschluss eine kurze Geradeausfahrt durchzuführen. Hierbei erfolgt ein Abgleich der Messwerte des Gebers mit den Drehzahlfühlern der einzelnen Räder. Dabei wird die „Nullstellung“ des Gebers festgelegt (das Gebersignal bei Geradeausfahrt). Dieses „Nullsignal“ ist die Basis für die folgende Umrechnung beliebiger Messwerte in reale Lenkwinkelwerte.
Beim Audi Q7 „verliert“ der Geber seine Initialisierung, wenn er von der Fahrzeugbatterie (Klemme 30) getrennt wird. Auch danach muss der Geber wie beschrieben neu initialisiert werden.



475_129

Übersicht der in den aktuellen Audi Modellen eingesetzten ESC-Systeme

Fahrzeugmodell	ESC-System
A1	Bosch 8.2
A3, S3	Continental MK 60 EC
TT	Continental MK 60 E1
Q3	TRW 450
A4, S4, A5, S5, Q5	Bosch 8.1
Q7	Continental MK 25
A6, A7, A8	Bosch Premium
R8	Bosch 8.0

Prüfen Sie Ihr Wissen

Bei den vorgegebenen Antworten können eine oder auch mehrere Antworten richtig sein.

Frage 1: Welche Kräfte können zwischen Reifen und Fahrbahn übertragen werden?

- ☐ a) Ausschließlich Gewichtskräfte und Seitenführungskräfte.
- ☐ b) Ausschließlich Kräfte in Fahrzeuglängs- und Fahrzeugquerrichtung.
- ☐ c) Gewichtskräfte, Seitenführungskräfte, Antriebs- und Bremskräfte.

Frage 2: Welche grundlegende Aufgabe erfüllt das Antiblockiersystem ABS?

- ☐ a) Das ABS sorgt für bessere Traktion.
- ☐ b) Das ABS verkürzt den Bremsweg.
- ☐ c) Das ABS begrenzt den Bremsdruck, damit noch Seitenführungskräfte übertragen werden können.
- ☐ d) Das ABS sorgt dafür, dass das Fahrzeug beim Abbremsen noch steuerbar (lenkbar) bleibt.

Frage 3: Welche wesentlichen Regelfunktionen sind die Grundlage für Regelvorgänge des ESC?

- ☐ a) Reduzierung und Vergrößerung des Drehmomentes des Antriebsmotors.
- ☐ b) Bremsdruck halten, Bremsdruckabbau und Bremsdruckaufbau.
- ☐ c) Reduzierung und Vergrößerung der Einspritzmenge sowie Änderung des Zündzeitpunktes.

Frage 4: Warum ist die elektronische Bremskraftverteilung EBV eines der wichtigsten Systeme für den Erhalt der Fahrsicherheit?

- ☐ a) Die EBV verhindert zu große Bremskräfte an der Vorderachse. Dadurch bleibt das Fahrzeug in jeder Fahrsituation lenkbar.
- ☐ b) Die EBV verhindert zu große Bremskräfte an der Hinterachse.
- ☐ c) Die EBV verhindert zu großen Antriebsschlupf bei Fahrzeugen mit Frontantrieb.
- ☐ d) Die EBV verhindert, dass das Fahrzeugheck beim Bremsen ausbricht.

Frage 5: Welche zusätzlichen Sensoren sind im Vergleich mit ABS für die Realisierung der ESC-Funktion erforderlich?

- ☐ a) Sensoren zur Erfassung des Lenkwinkels, der Quer- und Längsbeschleunigung sowie der Drehrate.
- ☐ b) Sensoren zur Erfassung der Karosseriebeschleunigung.
- ☐ c) Sensoren zur Erfassung der Raddrehzahlen und des Bremsdruckes.

Frage 6: Welche Verbauorte der Sensoren für Quer- und Längsbeschleunigung sowie Gierrate gibt es in den aktuellen Audi Modellen?

- ☐ a) Die Sensoren sind ausschließlich in der Sensoreinheit für ESP G419 verbaut.
- ☐ b) Die Sensoren sind ausschließlich in der Sensoreinheit G419 und im Steuergerät für Sensorelektronik J849 verbaut.
- ☐ c) Die Sensoren sind ausschließlich im Steuergerät J104 verbaut.
- ☐ d) Die Sensoren sind modellabhängig in der Sensoreinheit G419, im Steuergerät für Sensorelektronik J849, im Steuergerät für ABS/ESC J104 oder im Steuergerät für elektrische Feststellbremse J540 integriert.

Frage 7: Welche Aussage ist korrekt?

- ☐ a) Die Aktivierung des hydraulische Bremsassistenten HBA erfolgt bei Fahrzeugen mit ACC abhängig von der jeweiligen Verkehrssituation.
- ☐ b) Ob ein Fahrzeug mit ACC ausgestattet ist oder nicht hat auf die Aktivierungsbedingungen des HBA keinen Einfluss.
- ☐ c) Bei Fahrzeugen mit ACC wird der HBA generell abgeschaltet. Die HBA-Funktion wird dann durch das ACC realisiert.

Frage 8: Welchen Vorteil besitzt die elektronische Quersperre gegenüber der elektronischen Differenzialsperre EDS?

- ☐ a) Keinen.
- ☐ b) Die elektronische Quersperre wird bereits aktiviert, wenn noch kein kritischer Schlupf an den Rädern vorhanden ist.
- ☐ c) Die Bremsdrücke bei der elektronischen Quersperre sind deutlich geringer als bei der EDS-Regelung.

Frage 9: Ein Fahrzeug ist mit der Reifendruck-Kontrollanzeige RKA ausgestattet. Der Fahrer hat den Reifendruck vor einer Urlaubsfahrt erhöht. Sind weitere systemrelevante Aktivitäten durch den Fahrer erforderlich?

- ☐ a) Es sind keine weiteren Tätigkeiten notwendig.
- ☐ b) Der Fahrer muss zum nächsten Servicepartner fahren und dort die neuen Reifendrücke mit dem Fahrzeugdiagnosetester anpassen lassen.
- ☐ c) Der Fahrer muss die geänderten Reifendrücke durch Eingabe per MMI oder die dafür vorgesehene Taste zur Überwachung freigeben.

Frage 10: Welche Systemreaktion wird durch Betätigen der Taste für ASR und ESC ausgelöst?

- ☐ a) ASR wird bei allen Audi Modellen abgeschaltet, ESC bleibt uneingeschränkt aktiv.
- ☐ b) ASR und ESC werden bei allen Audi Modellen abgeschaltet.
- ☐ c) Die Systemreaktion ist nicht bei allen Audi Modellen identisch.
- ☐ d) Die Systemreaktion ist auch vom Einsatzzweck des Fahrzeugs abhängig. So wird zum Beispiel bei Fahrzeugen, die auch für den Betrieb auf unbefestigten Fahrbahnen vorgesehen sind, der „offroad-Modus“ aktiviert.

Frage 11: Warum ist nach dem Einbau der ABS/ESC-Hydraulikeinheit immer eine Stellglieddiagnose durchzuführen?

- ☐ a) Um die Geber für Bremsdruck, Quer- und Längsbeschleunigung zu kalibrieren.
- ☐ b) Um den Lenkwinkelgeber zu kalibrieren.
- ☐ c) Um sicherzustellen, dass die Leitungen zu den Radbremsen an den korrekten Positionen der Hydraulikeinheit angeschlossen wurden.

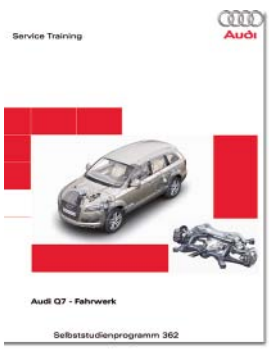
Frage 12: Wozu dient der Fahr- und Systemtest?

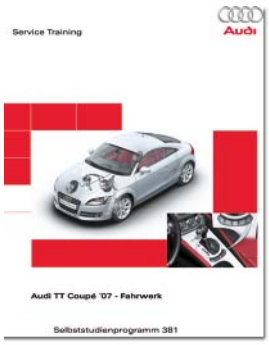
- ☐ a) Um die Plausibilität der Messwerte der Geber für Quer- und Längsbeschleunigung sowie Gierrate zu überprüfen.
- ☐ b) Um den Lenkwinkelgeber zu kalibrieren.
- ☐ c) Um die Funktion des ESC zu überprüfen.

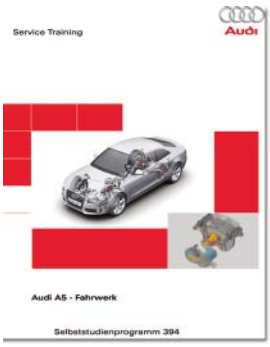
Lösungen: 1) c; 2) cd; 3) b; 4) bd; 5) a; 6) d; 7) a; 8) bc; 9) c; 10) cd; 11) c; 12) a;

Selbststudienprogramme

Weitere Informationen über ESC-Systeme in Audi-Fahrzeugen finden Sie in folgenden Selbststudienprogrammen.







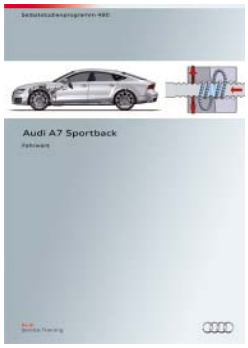
SSP 362 Audi Q7 Fahrwerk, Bestellnummer: A05.5S00.15.00
SSP 381 Audi TT Coupé '07 Fahrwerk, Bestellnummer: A06.5S00.26.00
SSP 394 Audi A5 Fahrwerk, Bestellnummer: A07.5S00.36.00







SSP 433 Audi Q5, Bestellnummer: A08.5S00.49.00
SSP 458 Audi A8 '10 Fahrwerk, Bestellnummer: A10.5S00.62.00
SSP 477 Audi A1, Bestellnummer: A10.5S00.70.00



SSP 480 Audi A7 Sportback Fahrwerk, Bestellnummer: A10.5S00.73.00

Alle Rechte sowie technische
Änderungen vorbehalten.

Copyright
AUDI AG
I/VK-35
service.training@audi.de

AUDI AG
D-85045 Ingolstadt
Technischer Stand 07/12

Printed in Germany
A11.5S00.79.00