



BREMSSYSTEM

Das Bremssystem des neuen SLK bietet sehr gute Verzögerungswerte und große Leistungsreserven. Das elektronische Bremsregelsystem ADAPTIVE BRAKE sorgt für eine Traktions- und Fahrdynamikregelung mit einer großen Anzahl an innovativen und erweiterten Funktionalitäten. Erstmals bei Mercedes kommt im neuen SLK eine in den Bremssattel integrierte elektromechanische Parkbremse zum Einsatz.

AUTOREN



JOCHEN HERMANN

ist Centerleiter Entwicklung Bremse, Assistenz- und Fahrwerkssysteme.



RALF CONHOFF

ist Teamleiter Konstruktion Radbremse.



STEFAN STEINER

ist Teamleiter Elektrische Parkbremse.



JOACHIM JUNG

ist Projektleiter Bremsregelsystem R172.

RADBREMSEN

Das Bremssystem des neuen SLK basiert auf einer hydraulischen Zweikreisbremse mit Bremskreisaufteilung auf die Vorder- und Hinterachse und entspricht der bisherigen Ausführung. Die elektrisch betätigte Parkbremse hingegen ist ein Novum im Segment der Mercedes-Benz-Roadster. Sie wurde mittels eines faustsattelintegrierten Konzepts an der Hinterachse umgesetzt. Mit der Elektrischen Parkbremse konnte die Betätigung der Feststellbremse in der Mittelkonsole entfallen. Alle Varianten des SLK-Bremsenbaukastens sind vorn und hinten mit bewährten Einkolben-Faustsattelbremsen ausgerüstet, ❶:

- : 16-Zoll-Bremse für das Einstiegsmodell des SLK 200 – Bremsattelgehäuse vorn und hinten aus Aluminium
- : 17-Zoll- und 16-Zoll-Bremse für die leistungsstarken Motorvarianten – Bremsattelgehäuse vorn in Aluminium-Mischbauweise und hinten aus Aluminium.

Der Einsatz von Aluminium-Bremsattelgehäusen und die Abdeckbleche aus Aluminium an der Vorderachse unterstützen im Wesentlichen den Leichtbaugedanken des Fahrzeuges und reduzieren die ungefederten Massen am Fahrwerk. Im SLK wird ein 7-Zoll-/8-Zoll-Tandembremskraftverstärker eingesetzt, bei dem die Boosterschalen zur Gewichtsoptimierung in Aluminium ausgeführt sind.

Der Aluminium-Hauptbremszylinder ist für zwei Kreise ausgeführt, die hintereinander im Hauptbremszylinder angeordnet sind. Die Betätigungskraft wird von der Druckstange des Verstärkers über eine

Kalotte in einen Primärkolben eingeleitet, der die Kraft in Bremsdruck im Primär- und Sekundärkreis umsetzt. Gegenüber dem R171 wurde der Bohrungsdurchmesser in beiden Kreisen auf 26,99 mm vergrößert. Dies führt zu einem sportlicheren Pedalgefühl, das sich in Dosierbarkeit und Prägnanz vom Vorgänger absetzt.

Das Fahrpedalmodul des SLK besteht aus Kunststoff. Die Fahrpedalstellung wird über einen Hallsensor aufgenommen. Der Pedallagerbock sowie das Kupplungspedal in Kunststoffbauweise setzen den Leichtbaugedanken beim neuen SLK auch bei der Betätigung konsequent fort.

FAHRDYNAMIKREGELSYSTEME

Wie alle Mercedes-Personenwagen ist auch der neue SLK serienmäßig mit leistungsfähigen Fahrsicherheitsystemen ausgestattet. Sie verringern das Schleuderrisiko in der Kurve, stabilisieren das Fahrzeug beim Bremsen, verbessern das Anfahren auf rutschigem Grund und verkürzen den Bremsweg in Notsituationen. Die Fahrdynamik des neuen SLK konnte im Vergleich zur Vorgängerbaureihe R171 deutlich weiterentwickelt werden. Für die Traktions- und Fahrdynamikregelung sorgt das aus der C-Klasse stammende, weiterentwickelte elektronische Bremsregelsystem ADAPTIVE BRAKE (ABR) mit einer großen Anzahl an innovativen und erweiterten ESP-Funktionalitäten.

1995 wurde erstmals das elektronische Stabilitätsprogramm (ESP) bei Mercedes-Personenwagen eingeführt. Als weltweit erster Hersteller bietet Daimler seit 1999 alle Mercedes-Benz-Pkw serienmäßig damit an. ESP ist Bestandteil des Sicher-

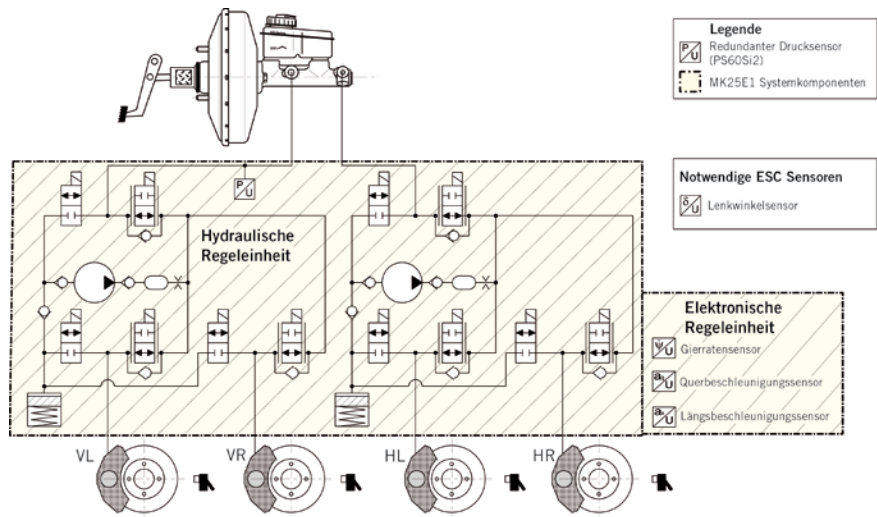
MODELL STANDARDRADGRÖSSE	SLK 200 R16	SLK 250 R17	SLK 350 R17
BREMSEN VORN			
Bremscheiben Durchmesser/Dicke (mm)	Innenbelüftet Ø 295/28	Innenbelüftet Ø 322/32	Innenbelüftet Ø 344/32
Sattel	Einkolben-Faustsattel	Einkolben-Faustsattel in Composite-Bauweise	Einkolben-Faustsattel in Composite-Bauweise
Kolbendurchmesser Bremsattel (mm)	60	60	60
BREMSEN HINTEN			
Bremscheiben Durchmesser/Dicke (mm)	Unbelüftet Ø 300/10	Unbelüftet Ø 300/10	Unbelüftet Ø 300/10
Sattel	Einkolben-Faustsattel	Einkolben-Faustsattel	Einkolben-Faustsattel
Kolbendurchmesser Bremsattel (mm)	36	36	36

❶ Abmessungen der Bremsen

heitskonzeptes der Marke Mercedes-Benz und hilft aktiv mit, Verkehrsunfälle zu verhindern oder das aus unvermeidbaren Verkehrsunfällen resultierende Verletzungspotenzial zu reduzieren.

Mit ESP wird die Beherrschbarkeit des Fahrzeugs besonders im fahrdynamischen Grenzbereich erhöht, da die Schleudergefahr unter allen Fahrbahnbedingungen beim Bremsen, Beschleunigen und während des freien Rollens reduziert und die Lenkwilligkeit verbessert wird.

Voraussetzung für die Systemfunktionen ist eine erweiterte Sensorik, modifizierte und weiterentwickelte Hydraulikkomponenten sowie die konsequente Vernetzung mit Steuergeräten via CAN.



2 Prinzipianordnung der Basis ADAPTIVE BRAKE mit integrierter ESP-Sensorik

AUFBAU DER ADAPTIVEN BREMSE

Die im neuen SLK-Roadster einsetzende ABR bieten neben den klassischen fahrdynamischen Funktionen wie ABS, ASR, ESP und BAS nun auch zusätzliche Funktionen, die einerseits zur Entlastung des Fahrers beitragen und andererseits die aktive Sicherheit weiter verbessern. Dies erfolgt durch die neu implementierten Funktionssoftwarepakete. Mit diesen innovativen Neuerungen wird dem Premiumanspruch des Fahrzeugs in wirkungsvoller Weise Rechnung getragen.

Das für den neuen SLK-Roadster entwickelte ABR ist ein modular aufgebautes Fahrdynamikregelsystem, 2 und 3. Es beinhaltet die Basisregler Antiblockiersystem (ABS) und Antriebsschlupfregelung (ASR), die den längsdynamischen Fahrzustand erfassen und beeinflussen, sowie die Giermomentenregelung (GMR). Diese übergeordnete GMR erfasst und bewertet den querdynamischen Fahrzustand. Durch geeignete und wohl dosierte Eingriffe in die Fahrzeugbremse und in das Motormanagement hält ESP im Rahmen der physikalischen Möglichkeiten die Fahrstabilität des Fahrzeugs aufrecht oder führt diese wieder herbei.

Des Weiteren wurden die Basisfunktionen ABS, ASR, Elektronisches Traktions-System (ETS), ESP und Bremsassistent (BAS) durch Weiterentwicklung stetig verfeinert und beispielsweise durch die Module

- : Untersteuereingrifflogik UCL (Understeer Control Logic)
- : Sensitive ESP (S-ESP) zur optimalen Verteilung der Bremskräfte während Kurvenfahrt

- : TorqueVectoring-Brake (TV-B)
- : Plattrollwarner PRW
- : Bremszangen-Vorfüllen beim schnellen Wechsel vom Fahrpedal zum Bremspedal
- : Bremsscheiben bei Nässe trockenbremsen
- : Berganfahrhilfe HillStartAssist (HSA)
- : Hold
- : Stillstandskoordination
- : ATTENTION ASSIST
- : PRE-SAFE

erweitert. Zum Einsatz kommen die für den SLK weiterentwickelte Systemgeneration MK25ePYA – für Fahrzeuge mit DISTRONIC PLUS die MK25 A-XT-Generation – des Bremssystemlieferanten Continental Teves, 4. Für die Basis-ABR wurde die ESP-Sensorik in das ABR-Fahrwerkssteuergerät integriert. Die konventionelle Hydraulikeinheit wurde umfangreich weiterentwickelt und modifiziert. Sie besitzt nun analoge Einlass- und Umschaltventile anstelle der standardmäßigen Digitalventile. Die Pumpelemente und der Elektromotor wurden der Fahrzeugklasse entsprechend angepasst. Dabei wurde dem Regelkomfort durch eine vergrößerte Dämpferkammer und aufwendige elektronische Motortaktung große Bedeutung beigemessen. Das ABR-Fahrwerkssteuergerät der Basis- und Premiumvariante bildet mit der Hydraulik eine Einheit (Anbausteuergerät).

Mit diesem Paket lassen sich einerseits höchstmögliche Druckdynamik und andererseits sehr sensibel kleine Drücke einstel-

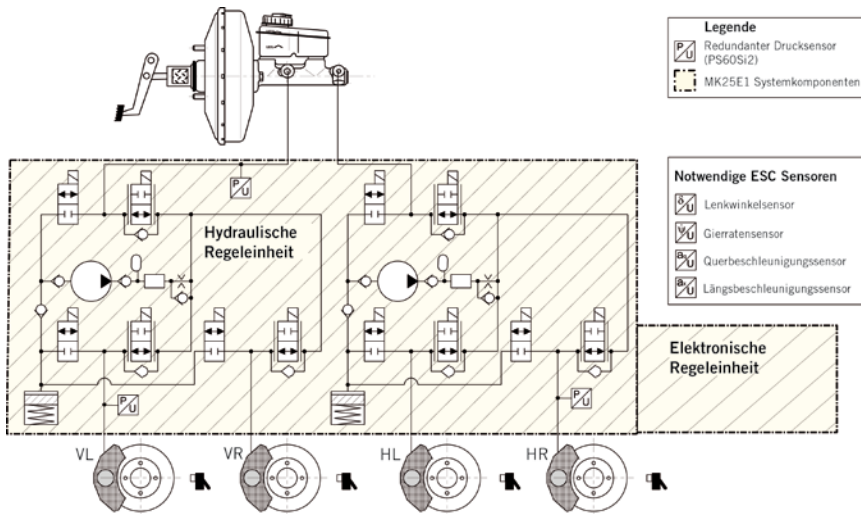
len, um so den erhöhten Sicherheits- und Komfortanforderungen gerecht zu werden.

ANTIBLOCKIERSYSTEM

Das ABS beinhaltet den Basis-ABS-Regler, eine Giermomentenbeeinflussung bei Bremsen auf μ -split, eine Option zur Vermeidung von stabilitätskritischen Druckverhältnissen innerhalb einer ABS-Regelung bei fleckigen Reibwertverhältnissen sowie eine Individualregelung der Hinterachse für einen kürzestmöglichen Anhalte- und Bremsweg beim Geradeausbremsen und μ -split-Bremsen. Als ABS-Teilmodul wurde das Sensitive ESP neu entwickelt. Durch Verwendung der ESP-Sensorinformationen werden dabei die Bremsmomente beim Kurvenbremsen so verteilt, dass ein der Eindrehneigung des Fahrzeuges entgegengerichtetes Giermoment entsteht. Diese Druckmodulation stellt eine Art „Pre-ESP“ zur Aufrechterhaltung der Stabilität dar.

ANTRIEBSSCHLUPFREGELUNG

In der ASR wird die bewährte Antriebs- und Bremsmomentenregelung sowie die Motorschleppmomentenregelung ausgeführt. Zur Ermittlung der Regelschwellen wird der Reifenschlupfbedarf kontinuierlich identifiziert. Dies erfolgt durch Auswertung des Arbeitspunktes im μ - λ -Kennfeld. Auch hier wurden die ASR-Funktionen durch die ESP-Sensorik kontinuierlich optimiert und weiterentwickelt. So werden bei stabiler



3 Prinzipanordnung der Premium ADAPTIVE BRAKE

Geradausfahrt auf Niedrigreibwert durch Variation der Aktivierungsschwellen die Traktionseigenschaften deutlich verbessert. Eine weitere Funktion der ASR ist die Schneekettenlogik. Diese erkennt anhand eines Vergleichs der Antriebskräfte mit der Fahrwiderstandskennlinie einen erhöhten Fahrwiderstand, der sich durch den Schneekettenbetrieb ergibt. Daraufhin werden die Schlupfschwellen für die Motorregelung neu adaptiert und so vorgewählt, dass die Schneekette im optimalen Schlupf läuft. Dadurch erhöht sich der Bedienkomfort für den Fahrer – er kann sich maximal auf die schwierigen Fahrbahnverhältnisse konzentrieren. Speziell für den neuen SLK wurde die Hinterachssperrfunktion (BrakeLock Differential; BLD) im ASR weiter optimiert. Das bei Kurvenfahrt entlastete kurveninnere Hinterrad wird fein dosiert und für den Fahrer unbemerkt mit Bremsdruck beaufschlagt.

GIERMOMENTENREGELUNG

In das Regelungskonzept eingebunden sind die Regelung der Soll-Giergeschwindigkeit und die Regelung der Schwimmwinkelgeschwindigkeit. Analog zur Variation der ASR-Schwellen in Abhängigkeit von der Reifencharakteristik berücksichtigt die GMR die querdynamische Reifensteifigkeit. Dadurch können für den Normalfahrer sensible ESP-Aktivierungsschwellen angewendet werden, ohne dass beispielsweise mit Winterreifen verfrühte ESP-Regelungen erfolgen.

LÜFTSPIELREDUZIERUNG

Die Airgap-Funktion reduziert bei großer Querbeschleunigung und drohender Instabilität das Lüftspiel an der Radbremse, also den Abstand zwischen Scheibe und Belag, um eventuell folgende ASR- oder ESP-Eingriffe noch schneller bewerkstelligen zu können.

GIERWINKELSTEUERUNG

Die TorqueVectoring-Brake unterstreicht die Agilität des neuen SLK. Über eine eigens entwickelte Fahrzustandserkennung im ESP kann frühzeitig eine Untersteuertendenz des Fahrzeugs erkannt und die Agilität mittels fein dosierter Bremseneingriffe wieder herbeigeführt werden. Die TorqueVectoring-Brake steht unabhängig vom Reibwert der Fahrbahn zur Verfügung.

UNTERSTEUEREINGRIFFSLOGIK

Mit der Untersteuereingriffslogik UndersteerControlLogic (UCL) wird zusätzlich zum Standard-ESP-Eingriff GMR das Fahrzeug bei Untersteuertendenz über einen aktiven Bremseneingriff verzögert, um die Fahrzeuggeschwindigkeit dem Kurvenradius anzupassen. Besonders bei Kurvenfahrten mit hoher Querbeschleunigung unterstützt UCL die GMR, da das ESP-geregelte kurveninnere Hinterrad normalerweise stark entlastet ist. UCL berechnet in Abhängigkeit vom Kurvenradius und Reibwert eine Fahrzeuggeschwindigkeit für stabile Kurvenfahrt. Wird diese Geschwindigkeit überschritten, wird eine Fahrzeugverzögerung angefordert. Um das Fahrzeug zu verzögern, errechnet die UCL einen Gesamtbremsdruck und verteilt diesen in geeigneter Weise radindividuell auf bis zu drei Radbremsen. Hierdurch wird das Fahrzeug verzögert und durch die Untersteuerbremseneingriffe auf den gewünschten Bahnradius gebracht.

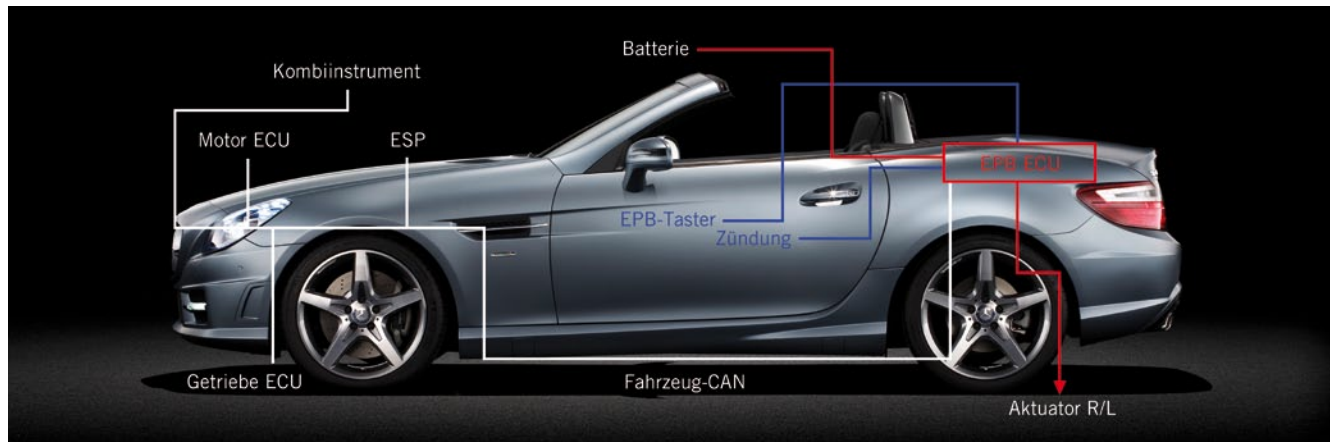
MEHRWERTFUNKTIONEN DER ADAPTIVEN BREMSE

In der neuen Generation des SLK-Roadsters halten nun auch moderne Assistenzsysteme Einzug, die aus der S-Klasse und E-Klasse bekannt sind. Hierzu zählen neben der Berganfahrhilfefunktion Hold PRE-SAFE und der Aufmerksamkeitsassistent ATTENTION ASSIST. Durch konsequente Vernetzung im Fahrzeug können diese Funktionen dargestellt und mit für den Fahrer erlebbareren Mehrinhalten gefüllt werden. Als intelligente Erweiterung des bekannten Bremsassistenten wurden zudem das Vorfüllen und das Trockenbremsen realisiert.

Bremsregelsystem ESP MK25ePYA



4 Hydraulikeinheit der ADAPTIVE BRAKE mit Anbaueinheit



5 Funktionsprinzip der Elektrischen Parkbremse

BERGANFAHRHILFE

Die Berganfahrhilfe wird automatisch bei einer erkannten Steigung aktiviert, die ein Anrollen des Fahrzeugs entgegen der gewünschten Fahrtrichtung (Vorwärtsfahrt bei eingelegtem Rückwärtsgang beziehungsweise Rückwärtsfahrt bei eingelegtem Vorwärtsgang) zur Folge hätte. Der vom Fahrer eingespeiste und zum Halten des Fahrzeugs notwendige Bremsdruck wird nach Lösen des Bremspedals für kurze Zeit aufrechterhalten. Spätestens nach zirka 1 s wird der Bremsdruck abgebaut, wenn der Fahrer das Fahrpedal nicht betätigt. Innerhalb des Anfahrvorgangs, das heißt der Fahrer betätigt das Fahrpedal, ist die Berganfahrhilfe weiterhin aktiv. Sie berechnet das für die Steigung erforderliche Antriebsmoment. Anhand der Bilanzierung der erforderlichen Haltekräfte und der verfügbaren Antriebskräfte werden die Bremskräfte wohldosiert abgebaut, um ein ungewünschtes Festhalten des Fahrzeugs ebenso wie ein ungewünschtes Anrollen des Fahrzeugs zu vermeiden. Aufgrund der hochgenauen Messung des Antriebsmoments wird bei Automatgetriebefahrzeugen gegebenenfalls der Bremsdruck wieder aufgebaut, wenn die Momentenbilanzierung dies erfordert.

Beim Lösen des Bremspedals im Eco-Start-Stopp-Modus wird der Startvorgang des Motors unmittelbar ausgelöst. Für den kurzen Zeitraum, bis Antriebsmoment zur Verfügung steht, verhindert die Berganfahrhilfe wirkungsvoll ein ungewolltes Rückrollen des Fahrzeugs an Steigungen.

Soll das Fahrzeug länger aktiv durch das Bremssystem gehalten werden, kann der Fahrer im Fahrzeugstillstand die Funktion Hold durch kurzes, zügiges Nachtreten des bereits betätigten Bremspedals aktivieren. Die Berganfahrhilfe wird vom Fahrer bewusst durch das für ihn logische Bedienelement Bremspedal aktiviert. Die Funktion bleibt aktiv, bis der Fahrer sie durch erneutes zügiges Betätigen des Bremspedals, Einlegen der Parksperrle oder Betätigen der Elektrischen Parkbremse deaktiviert. Hold wird ebenso beim Anfahrvorgang automatisch deaktiviert, wobei an Steigungen die Momentenbilanzierung der Berganfahrhilfe wirksam wird. Die Berganfahrhilfe entlastet den Fahrer bei Haltevorgängen, beispielsweise beim Ampelstopp, im Stop-and-go-Betrieb oder bei Haltevorgängen an Steigungen und Gefällen.

In die ADAPTIVE BRAKE ist die Funktion Stillstandskoordination eingebettet, die für Bremsfunktionen erforderlich ist, die das Fahrzeug aktiv und langanhaltend über die Betriebsbremse halten. Hierzu zählt neben der beschriebenen Funktion Hold auch die Funktion DISTRONIC PLUS. Vom Stillstandskordinator in der ADAPTIVE BRAKE wird der Stillstand des Fahrzeugs und das Anrollen des Fahrzeugs überwacht sowie das Wechselspiel mit den Systemen Berganfahrhilfe, Elektrische Parkbremse, Parksperrle oder Eco-Start-Stopp gesteuert. Das System arbeitet für die DISTRONIC PLUS in gleicher Art und Weise wie für die Hold-Funktion. Der Stillstandskordinator steuert aber ebenso die geeigneten Maßnahmen, falls die Bordnetzspannung absinkt oder der Fahrer das Fahrzeug verlässt.

VORFÜLLEN

Beim plötzlichen Lösen des Gaspedals wird bereits ein geringer Bremsdruck aufgebaut, um den nachfolgenden Bremsdruckaufbau und damit die Ansprechzeit der Bremse zu verkürzen.

TROCKENBREMSEN

Die Funktion unterstützt die Bremsleistung bei Nässe. Durch zyklisches Anlegen der Bremsbeläge wird die Schwellzeit der Bremse reduziert.

ESP-SCHALTER

Der Fahrer kann das ESP und die Motor-momentenreduktion über den ESP-Taster abschalten. Diese Funktion wirkt nicht, wenn der Fahrer bremst, oder bei missbräuchlichen Fahrmanövern.

ELEKTRISCHE PARKBREMSE

Die elektrische Feststellbremse ist bei Mercedes in Form eines Seilziehers in Verbindung mit einer DuoServo-Bremse in der S-Klasse im Jahr 2004 eingeführt worden. Im neuen SLK wird erstmalig bei Mercedes eine sattelintegrierte elektromechanische Parkbremse (EPB) verbaut. Motivation ist auch hier die Forderungen nach weniger Gewicht, größerem Bedienkomfort und einer höheren Gestaltungsfreiheit im Innenraum. Die Anforderungen werden mit dem Einsatz der EPB in idealer Weise umgesetzt. Gleichzeitig konnten die über Jahre gesammelten Erfahrungen in der S-Klasse in die Entwicklung der EPB eingebracht werden.

FUNKTIONSPRINZIP

Die Elektrische Parkbremse EPB ermöglicht es, das Fahrzeug in einer Steigung und im Gefälle im Stillstand zu halten, wobei die bremsenden Teile durch eine selbsthemmende mechanische Wirkung der Spindel stromlos im zugespannten Zustand verbleiben. Der Fahrerwunsch, die Parkbremse zu schließen beziehungsweise zu lösen, wird über das Bedienelement direkt in das eigenständige EPB-Steuergerät eingelesen, ⑤. Das Bedienelement kann zum Schließen gedrückt (push) oder zum Lösen der EPB gezogen (pull) werden und kehrt nach Loslassen selbsttätig in seine Neutralposition zurück. Die Bedienphilosophie (Position des Bedienelements, Lösebetätigung) wurde aus den bisherigen Mercedes-Bau-reihen übernommen und lässt für Mercedes-Kunden eine intuitive Bedienung zu.

Im Stillstand des Fahrzeugs wird die notwendige Bremskraft mithilfe der an die Hinterachsbremssattel gekoppelten Aktua-

toren aufgebracht. Betätigt der Fahrer die EPB während der Fahrt, wird die Bremskraft nicht über die EPB, sondern über die Betriebsbremse durch die Hydraulik der ADAPTIVE BRAKE erzeugt. Dazu tauschen EPB und ADAPTIVE BRAKE Informationen per CAN aus. Kann das ESP die EPB-Bremsanforderung nicht umsetzen, werden die Hinterräder über die EPB abgebremst. Eine in die EPB integrierte ABS-Funktion verbessert dabei die Stabilität des Fahrzeugs.

Die Comfort-go-Funktion ermöglicht das selbsttätige Öffnen der Parkbremse ohne manuelle Bedienung, wenn der Fahrer anfahren möchte. Über die Schnittstelle zwischen EPB und ABR können Assistenzsysteme Anforderungen zum Schließen oder Lösen der Parkbremse an die EPB senden.

Das bewährte Anzeige-Konzept wurde aus der S-Klasse übernommen. Zur Anzeige von Funktion und Zustand der EPB stehen die folgenden Anzeigemittel zur Verfügung:

- : eine rote Parkbremsenfunktionsleuchte im Kombiinstrument
- : eine gelbe EPB-Störungsleuchte im Kombiinstrument
- : Meldungen im Multifunktionsdisplay des Kombiinstrumentes, zum Teil mit akustischen Signalen.

SERVICE

Die Funktion der sattelintegrierten Parkbremse kann auf der Bremsrolle geprüft werden, ohne spezielle Vorrichtungen verwenden oder besondere Einstellungen oder Bedienung am Fahrzeug vornehmen zu müssen. Zum Wechseln der Bremsbeläge/der Bremscheiben kann der EPB-Aktuator entweder per Servicetester oder über einen von der Daimler AG patentierten Bremsbelagwechselmodus in die Montagestellung gebracht werden. Dieser Modus ermöglicht deutlich kürzere Servicezeiten. Beim Verlassen der Montagestellung wird das korrekte Lüftspiel zwischen Bremscheiben- und Belägen automatisch eingestellt.

WWW.VIEWEGTEUBNER.DE

Kostenloser Newsletter Maschinenbau | KFZ

Wir stellen Ihnen aktuelle Neuerscheinungen aus unserem Programm und weitere interessante Informationen aus dem Bereich Maschinenbau und Kraftfahrzeugtechnik vor.

**Einfach kopieren, ausfüllen und ab aufs
Fax: 0611/7878-407**

Ja, ich möchte den kostenlosen Maschinenbau | KFZ-Newsletter von Vieweg+Teubner per e-Mail

Vorname	Name	
Firma	Abteilung	
Funktion	Position	
Straße/Nr.	PLZ/Ort	Land
Telefon für eventuelle Rückfragen	Telefax	
E-Mail		

