



Audi e-tron GT Aktivfahrwerk

Selbststudienprogramm SSP 690

Nur für den internen Gebrauch

Audi Service Training

Inhaltsverzeichnis

Einleitung
Übersicht 3
Aktivfahrwerk der Audi Modelle A8 und S8 (Typ 4N) 6

Aktivfahrwerk des Audi e-tron GT
Übersicht 7
Systemvergleich 8

Aktive Dämpferregelung
Grundprinzip 9
Systemaufbau 10

Systemkomponenten
Motorpumpeneinheit (Motor für elektronisch geregelte Dämpfung) 15
Dämpfer 19
Steuergerät für Fahrwerk J775 21
Sensoren 22

Basisfunktionen
Erhöhung der Druckstufendämpfung 25
Erhöhung der Zugstufendämpfung 26
Dämpferregelung bei Kurvenfahrt 27

Zusatzfunktionen
Aktive Kurvenneigung 28
Beschleunigungs- und Bremskomfort 29
Komforteinstieg 29

Systemvernetzung
Systemvernetzung 31

Bedienung und Fahrerinformationen
Bedienung und Fahrerinformationen 32

Serviceumfänge
Serviceumfänge 33

Das Selbststudienprogramm vermittelt bzw. erweitert Grundlagen zu Konstruktion und Funktion neuer Fahrzeugmodelle, neuen Fahrzeugkomponenten oder neuen Techniken informatorisch.
Das Selbststudienprogramm ist keine Grundlage für den Umgang mit dem Fahrzeug, wie beispielsweise Reparaturen. Es ersetzt nicht andere gültige Dokumente, wie zum Beispiel Reparaturleitfäden und Bordbücher. Angegebene Informationen und Werte dienen nur zum leichteren Verständnis und beziehen sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung des SSP gültigen Datenstands. Die Inhalte werden nicht aktualisiert.
Für Wartungs- und Reparaturarbeiten nutzen Sie stets ausschließlich die dafür vorgesehene technische Literatur. *Kursiv* und mit einem Pfeil ↗ gekennzeichnete Begriffe sind im Glossar am Ende dieses Selbststudienprogramms erklärt.


Hinweis


Verweis

Einleitung

Übersicht

Fahrwerke mit konventioneller Federung und Dämpfung sind je nach Anforderungen für viele Einsatzbedingungen ein guter Kompromiss. Sie sind relativ einfach aufgebaut, benötigen keine elektrischen/elektronischen Komponenten und sind daher mit relativ geringem materiellem und finanziellem Aufwand umsetzbar.

Federn, Dämpfer und Stabilisatoren von Achsen mit konventionellem Aufbau werden auf die speziellen Einsatzbedingungen des Fahrzeugs abgestimmt. Diese im Fahrbetrieb nicht veränderbare Abstimmung ist immer ein Kompromiss, der den Nutzungsbereich des Fahrzeugs begrenzt.

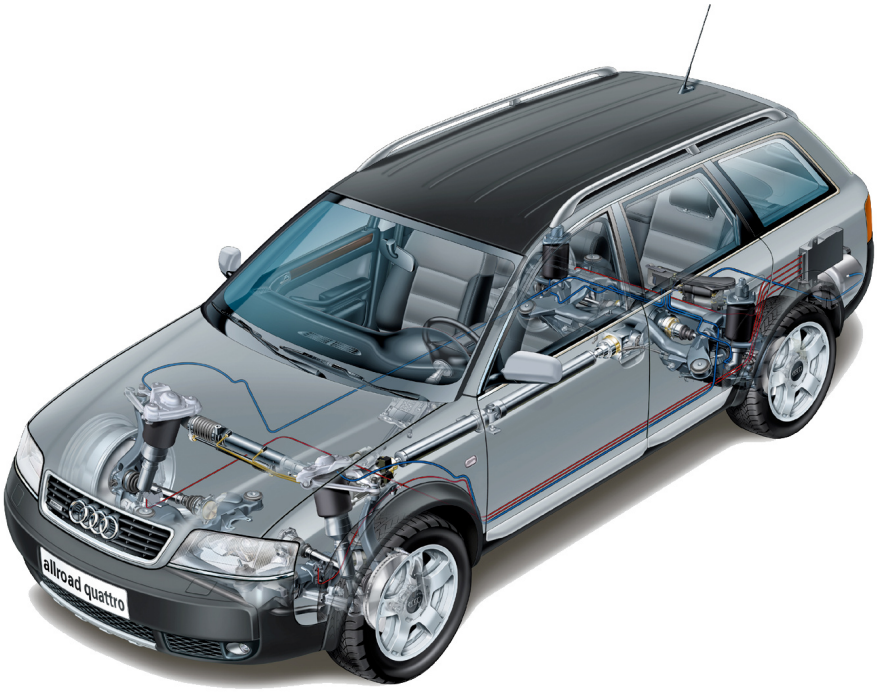
Bei der Komponentenauslegung nach fahrdynamischen und komfortrelevanten Aspekten besteht ein Zielkonflikt. Ein sportlich ausgelegtes Fahrwerk wird nicht den Komfort bieten können wie ein Fahrwerk mit komfortabler Auslegung. Im Umkehrschluss wird man mit einem Fahrzeug mit komfortabler Fahrwerkauslegung nicht die Fahrdynamik realisieren können, die bei sportlicher Auslegung möglich ist. Ebenso wird durch das Verhältnis der fixen Stabilisatorsteifigkeiten von Vorder- und Hinterachse das Eigenlenkverhalten eines Fahrzeugs definiert. Das Fahrzeug wird je nach Auslegung der Stabilisatoren im Grenzbereich über- oder untersteuern oder sich annähernd neutral verhalten.

Die Auflösung dieses Zielkonfliktes zwischen Fahrdynamik und Fahrkomfort ist nur durch entsprechende Anpassung der Raddämpfungs- und Radfederungskräfte sowie der Niveaulage im Fahrbetrieb möglich. Ergänzend hierzu kann durch den Einsatz von Luftstatt Stahlfedern die Fahrzeugniveaulage direkt beeinflusst werden. Durch Regelung der Torsionssteifigkeiten der Stabilisatoren ist das Eigenlenkverhalten applizierbar.

Audi Fahrwerkregelsysteme (Federung und Dämpfung) im chronologischen Überblick

Mit Beginn des 21. Jahrhunderts rückte die Entwicklung aktiver PKW-Fahrwerke in den Focus der Fahrzeughersteller. Die Audi AG war von Beginn an einer der führenden Hersteller, nicht nur bei der Entwicklung, auch beim Einsatz innovativer Systeme. Ein bedeutender Meilenstein war der Audi allroad quattro, der als erstes Audi Modell mit einer 4-corner-Luftfederung ausgestattet war. Der Druck in den Luftfedern wurde auch für die Anpassung der Dämpfungskräfte der Stoßdämpfer genutzt.

Audi allroad quattro



242_067

Diese Systeme arbeiteten weitgehend mechanisch, ohne elektronische Regelungen. Die Fortschritte der Elektronikentwicklung und die damit verbundene Miniaturisierung und Entwicklung leistungsfähiger Chips und großer Speichervolumina eröffneten in der Folge völlig neue Möglichkeiten auf dem Gebiet der Regelungstechnik. Die Entwicklung von Systemen, die nahezu in Echtzeit die Dämpfungskräfte den fahrdynamischen Gegebenheiten anpassen konnten, war nun möglich. Mit der dritten Generation des Audi A8 wurde bereits 2002 eine elektronische Dämpferregelung in Kombination mit Luftfederung realisiert. Erste Fahrwerke mit Stahlfederung und elektronischer Dämpfungsregelung folgten 2006. Seitdem sind permanent weiterentwickelte Systeme fester Bestandteil der Angebotsunterlagen.

Audi A8 (Modelljahr 2003) mit adaptive air suspension



285_077

Im Jahr 2016 setzte mit dem Audi SQ7 die elektromechanische aktive Wankstabilisierung ein. Durch elektromotorisch angetriebene Steller werden die Stabilisatorkräfte achsweise geregelt. In Abhängigkeit von den gewählten Fahrprogrammen und den fahrdynamischen Zuständen werden Wankbewegungen des Fahrzeugaufbaus wirkungsvoll unterdrückt und das jeweilige Kurvenverhalten wird aktiv beeinflusst.

Audi SQ7 mit elektromechanischer aktiver Wankstabilisierung



651_092

Die größte Innovation der Audi Fahrwerkregelsysteme verkörpert das 2019 im Audi S8 eingeführte Aktivfahrwerk. Durch die Fähigkeit, an allen vier Rädern unabhängig voneinander Vertikalkräfte in beide Richtungen zu realisieren, ergeben sich völlig neue Möglichkeiten der Aufbaukontrolle.

Audi S8 mit Aktivfahrwerk



690_042

Im Folgenden werden die Systeme adaptive air suspension, aktive Wankstabilisierung und Aktivfahrwerk bezüglich ihrer Möglichkeiten und regelungstechnischen Grenzen kurz verglichen.

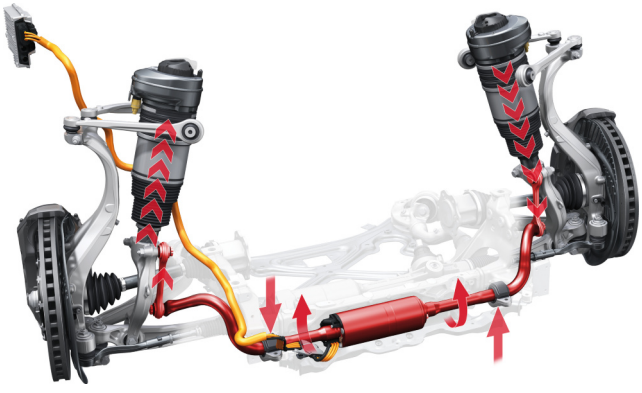
Adaptive air suspension (Luftfederung mit geregelter Dämpfung)

Wesentlicher Vorteil des Einsatzes von Luftfedern an Stelle von Stahlfedern ist die Möglichkeit des Beladungsausgleichs und der Nivauverstellung. Durch Veränderung des Luftvolumens sind unterschiedliche Fahrzeugniveaulagen einstellbar. Da Niveauänderungen eine gewisse Zeitdauer benötigen, ist die Reaktion auf dynamische Ereignisse (z. B. Brems- und Anfahrnicken, Kurvenfahrt) nicht möglich. Durch die radindividuelle Dämpfungsregelung ist die Reaktion auf entsprechende Beladungsänderungen, Fahrprogrammeinstellungen sowie fahrdynamische Einflüsse (Kurvenfahrt, Anfahr- und Bremsvorgänge) in einem bestimmten Rahmen möglich. Die semiaktive Dämpferregelung kann jedoch nur dynamisch (bei höheren Dämpfergeschwindigkeiten) und kurzfristig die Wank- und Nickwinkel begrenzen.

Elektromechanische aktive Wankstabilisierung (eAWS)

Das System ermöglicht Änderungen der Stabilisatorkräfte an Vorder- und Hinterachse unabhängig voneinander. Der Einsatz von elektromechanischen Aktoren ermöglicht sehr schnelle Systemreaktionen. Damit ist es möglich, auf sehr (quer)dynamische Situationen zu reagieren. Eine effektive Wankstabilisierung ist die Folge. Auch das Eigenlenkverhalten des Fahrzeugs bei Kurvenfahrt wird durch das Verhältnis der Stabilisatorraten an Vorder- und Hinterachse beeinflusst/geregelt.

Verweis
Detailinformationen zu eAWS sind im SSP 651 "Audi SQ7 (Typ 4M)" enthalten.



651_096

Aktivfahrwerk der Audi Modelle A8 und S8 (Typ 4N)

Die Vorteile des Aktivfahrwerks lassen sich beim Vergleich von Aufbau und Funktionsweise mit dem eAWS anschaulich ableiten:

Beim eAWS ist der Stabilisator etwa mittig in zwei separate Komponenten geteilt und beide Teile werden durch einen elektromechanischen Aktuator verbunden. Dieser Aktuator verspannt die beiden Stabilisatorhälften gegeneinander und erhöht so mit zunehmender Verspannung das Torsionsmoment und damit die Vertikalkräfte, die achsweise auf den Fahrzeugaufbau wirken.

Um radselektiv regeln zu können, werden die beiden „Teilstabilisatoren“ beim Aktivfahrwerk nicht verbunden und gegeneinander verspannt, sondern jeder Teilstabilisator wird durch einen separaten Aktuator vorgespannt, der sich zum Fahrzeugaufbau abstützt. Die Aktuatoren werden elektromotorisch angetrieben.

Je nach Drehrichtung des Aktuators erfolgt eine Verringerung oder Vergrößerung des Abstandes Rad-Fahrzeugaufbau (Ein- oder Ausfederbewegung). Dadurch können an allen vier Rädern unabhängig voneinander Vertikalkräfte in beide Richtungen eingeleitet werden. So kann der Fahrzeugaufbau bei äußeren Krafteinwirkungen wirkungsvoll beruhigt werden. In Abhängigkeit vom Fahrerwunsch (Fahrprogramm) und den einwirkenden Kräften erfolgt eine entsprechende Systemreaktion (Wank-, Nickausgleich). Das System kann nahezu in Echtzeit reagieren und wird auch vorausschauend aktiv. So kann auf von der Frontkamera erfasste charakteristische Bodenunebenheiten wie harmonische Bodenwellen oder speedbraker reagiert werden. Außerdem ist das Anheben oder Absenken des Fahrzeugaufbaus an den vier Radpositionen jederzeit möglich. Dadurch sind Zusatzfunktionen möglich, wie das einseitige Anheben beim Seitencrash, das Anheben des kurvenäußeren Fahrzeugaufbaus und gleichzeitige Absenken kurveninnen bei Kurvenfahrten oder eine schnelle Niveauanpassung im Stand für ein komfortables Ein- und Aussteigen.

Dabei arbeitet das Aktivfahrwerk in enger „Abstimmung“ mit Luftfederung und Dämpfungsregelung (aas).

Verweis
Detailinformationen zum Aktivfahrwerk sind im SSP 677 "Aktivfahrwerk" enthalten.



690_043

Aktivfahrwerk des Audi e-tron GT

Übersicht

Dieses erstmals in einem Audi Modell zum Einsatz kommende Aktivfahrwerk auf elektrohydraulischer Basis besteht aus einem Einkammer-Luftfedersystem und geregelten Zweiventildämpfern. Das Luftfedersystem wird als offenes und geschlossenes System mit Druckspeicher betrieben. Luft wird aus der Atmosphäre angesaugt und bei Bedarf auch wieder nach außen abgegeben. Wenn erforderlich und möglich wird der Druckspeicher bei Regelvorgängen genutzt (geschlossenes System).

Da das Luftfedersystem in Aufbau und Funktion weitgehend den bereits in anderen Audi Modellen eingesetzten Systemen entspricht, wird in diesem Selbststudienprogramm speziell die neue Dämpfungsregelung vorgestellt.

Das Aktivfahrwerk kombiniert Dämpfungsregelung, Wankstabilisierung sowie aktive Nick- und Aufbauregelung in einem System.

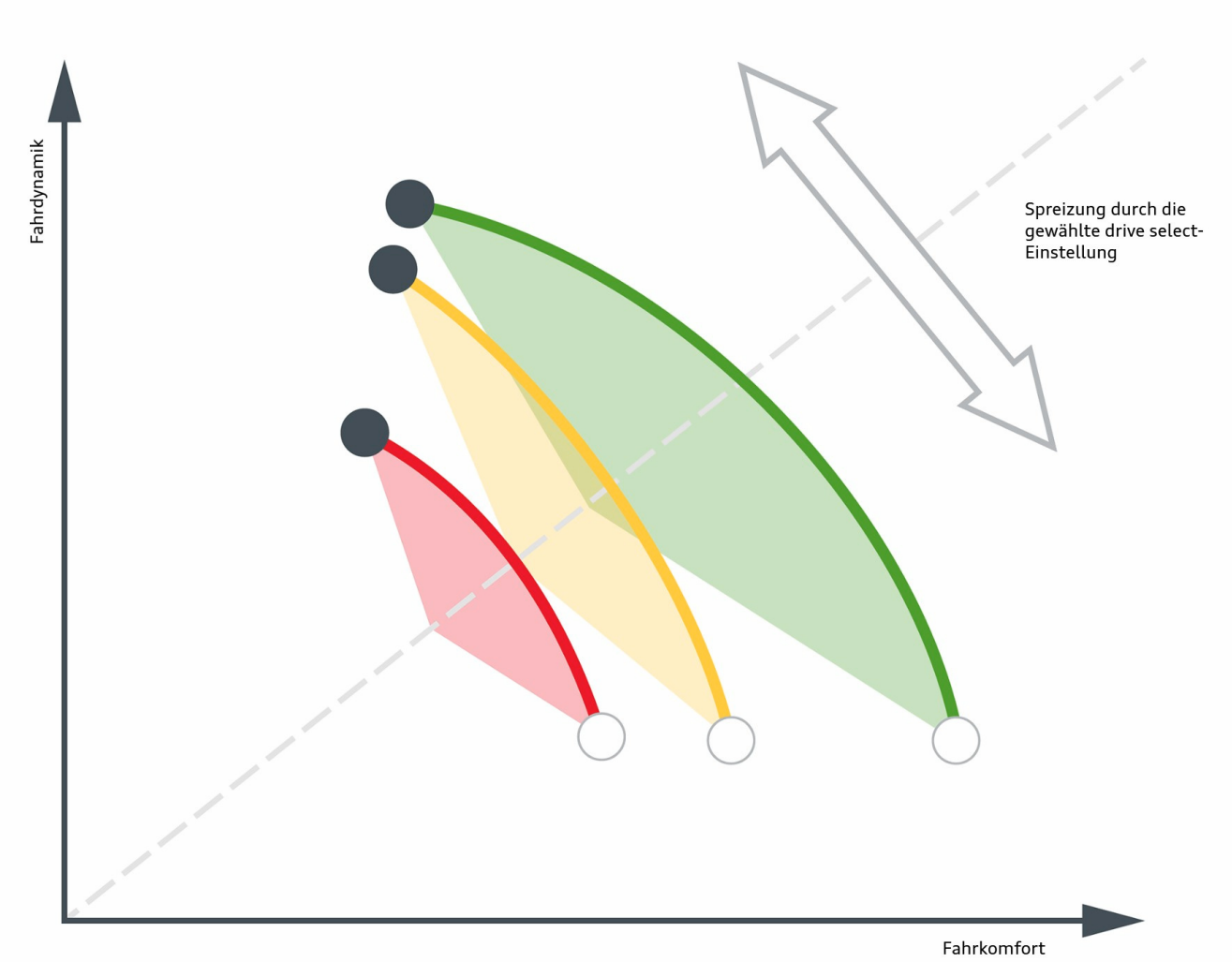
Die Dämpfer sind mit je zwei Ventilen ausgestattet. Jedem Dämpfer ist eine elektrisch angetriebene Hydraulikpumpe zugeordnet, die die Druckverhältnisse in den Dämpfern (Kolbenraum und Kolbenstangenraum) bedarfsgerecht regelt. In Kombination mit der Ansteuerung der beiden verstellbaren Dämpferventile werden die Dämpfungskräfte geregelt. Zusätzlich kann aktiv Einfluss auf die Fahrzeugniveaulage genommen werden.

Als Regelzentrale für Luftfederung und Dämpfung dient wie bei den MLBevo-Modellen auch beim Aktivfahrwerk des Audi e-tron GT das Steuergerät für Fahrwerk J775.



690_002

Systemvergleich



690_003

Legende:

- Adaptive air suspension (aas)
- aas + elektromechanische aktive Wankstabilisierung
- Aktivfahrwerk (Grundfunktion)
- Audi drive select Einstellung „dynamic“
- Audi drive select Einstellung „comfort“

Die Grafik stellt das Aktivfahrwerk des Audi e-tron GT bezüglich Fahrkomfort und Fahrdynamik im Vergleich mit adaptive air suspension und der elektromechanischen aktiven Wankstabilisierung dar. Je nach gewähltem Fahrmodus kann der Fahrer zwischen komfortabler, ausgewogener oder dynamischer Fahrwerkabstimmung wählen. Das Aktivfahrwerk ist dabei komfortabler und dynamischer als adaptive air suspension und ein Fahrwerk mit elektromechanischer aktiver Wankstabilisierung.

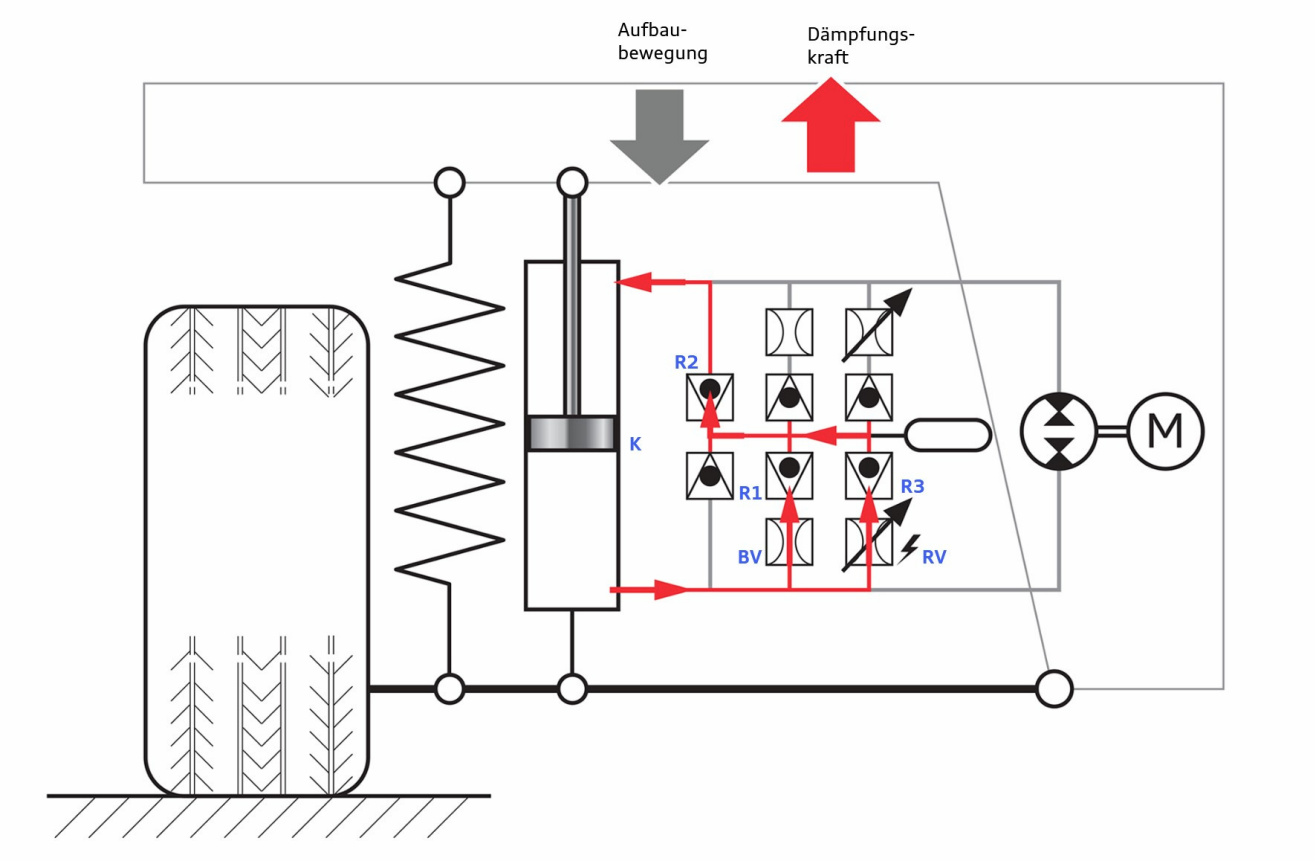
Aktive Dämpferregelung

Grundprinzip

Der Grundaufbau besteht aus einem 2-Ventildämpfer mit einem geschlossenen Dämpferkolben und einer Pumpe. Bei einer nicht angesteuerten Pumpe (Drehzahl 0) wirkt das System wie ein semiaktiv geregeltes Dämpfersystem.

Bei konventionellen oder adaptiv/semiaktiv geregelten Dämpfern können nur der Aufbaubewegung entgegengesetzte potionale Dämpfungskräfte erzeugt werden. Bei geregelten Dämpfern ist das Dämpfungsmaß d über den Ventilquerschnitt einstellbar nicht konstant wie im Fall eines konventionellen Dämpfers. Mit zunehmendem Ventilquerschnitt nimmt die Dämpfungskraft ab.

Die Grafik stellt diesen Vorgang am Beispiel der Druckstufendämpfung (Fahrzeugaufbau federt ein) dar. Der Kolben **K** wird im Dämpfer nach unten bewegt und verdrängt das Öl aus dem Raum unterhalb des Kolbens. Das Öl fließt durch das Basisventil mit festem Querschnitt **BV** und durch die in Flussrichtung geöffneten Rückschlagventile **R1** und **R2** in den Kolbenstangenraum. Parallel findet ein Ölfluss durch das Regelventil **RV** und die Rückschlagventile **R3** und **R2** statt. Die Summe aller Strömungsquerschnitte in Flussrichtung bestimmt die Dämpfungskraft, die der Kolbenbewegung entgegenwirkt.

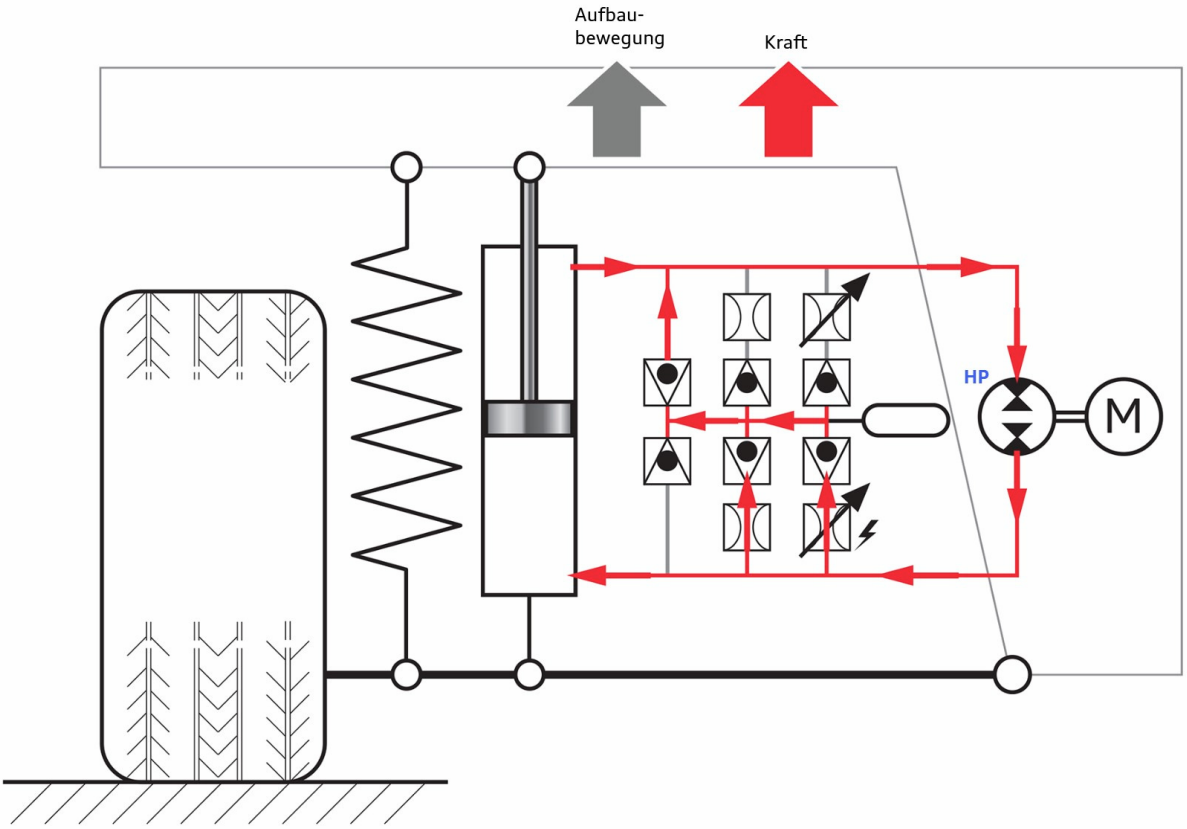


690_004

Erzeugt man nun einen Ventilfluss durch eine Motorpumpeneinheit (MPE), dann wirkt der Dämpfer als Hydraulikzylinder und damit als aktiver Steller. So können unabhängig von äußeren Bewegungen des Dämpfers zusätzliche Kräfte je nach Drehrichtung der Motorpumpeneinheit und der Ventilbestromung erzeugt werden.

Die Grafik stellt dies am Beispiel einer Niveauanhebung dar. Die elektromotorisch angetriebene Hydraulikpumpe **HP** fördert das Öl vom Kolbenstangenraum in den Kolbenraum. Dadurch wird der Fahrzeugaufbau angehoben.

In Kombination mit den geregelten Ventilen können die Drücke in Kolben- und Kolbenstangenraum feinfühlig geregelt werden. Dadurch ist es möglich, die Dämpfungskräfte zu erhöhen, zu verringern oder vollständig aufzuheben oder die Kolbenbewegung sogar aktiv zu unterstützen.

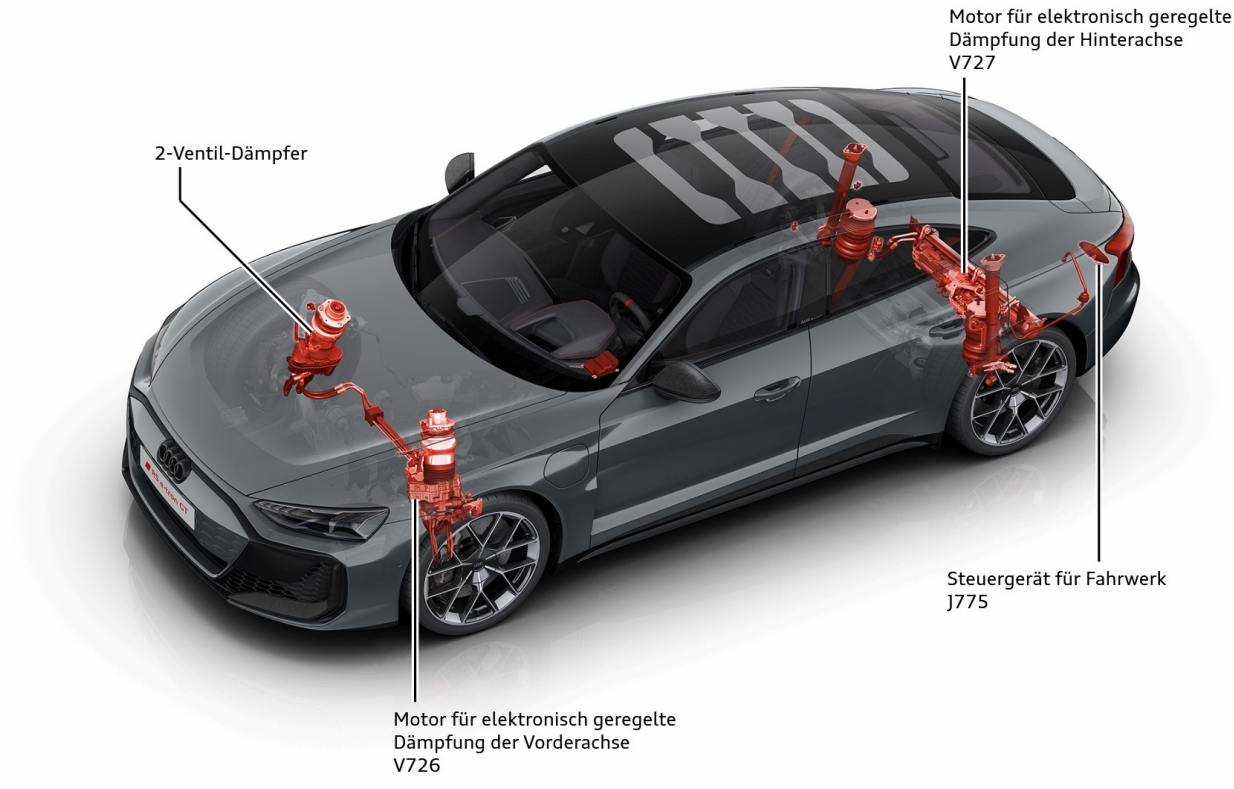


690_005

Systemaufbau

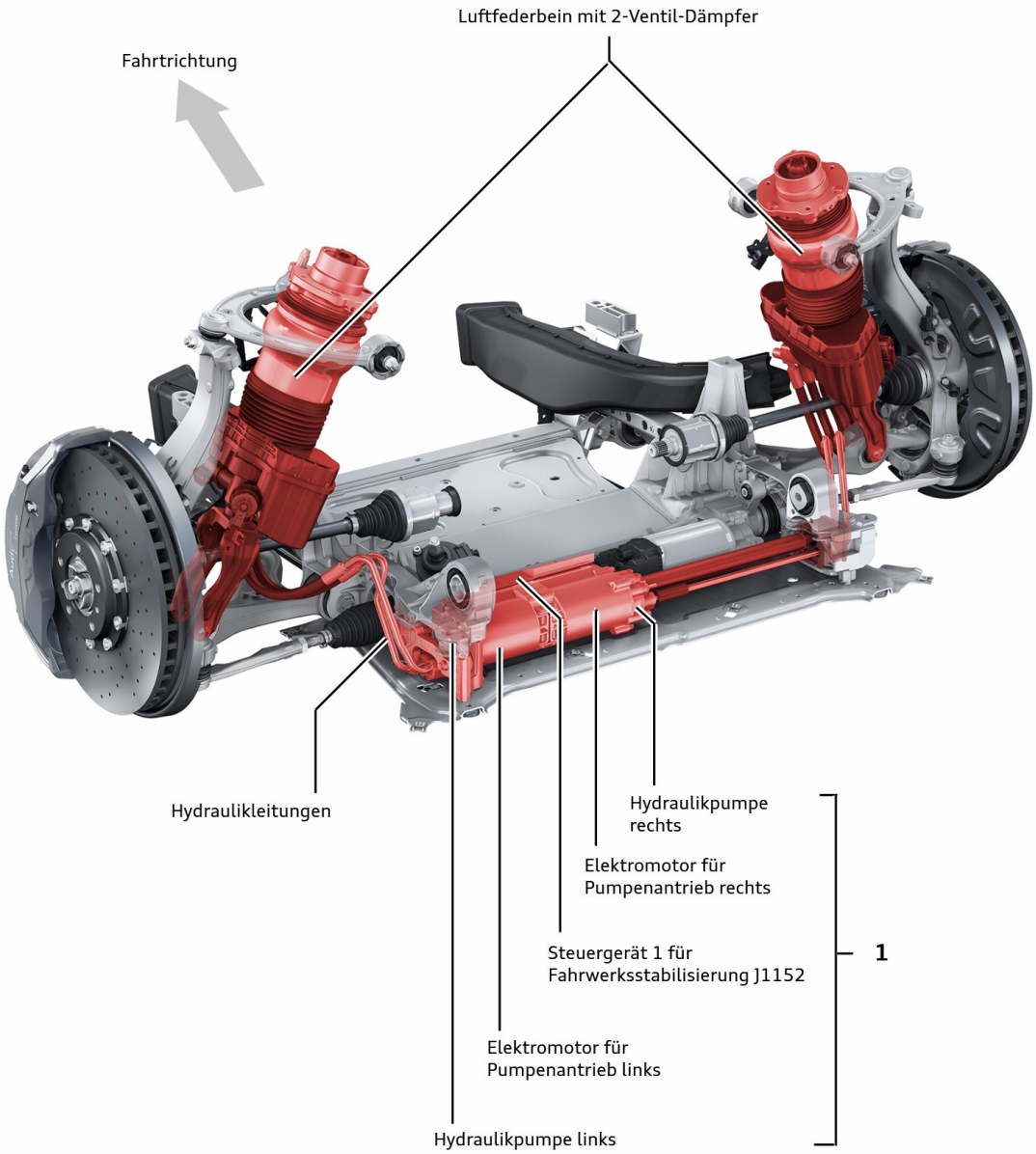
Jeder Dämpfer ist an eine Hydraulikpumpe angeschlossen, die von einem Elektromotor angetrieben wird. Ein Steuergerät pro Achse regelt die beiden Elektromotoren. Pumpen, E-Motore und Steuergerät sind in je einem Modul pro Achse als Motorpumpeneinheit anstelle des Stabilisators verbaut. Die Bezeichnungen der Module in der Serviceliteratur lauten:

- Motor für elektronisch geregelte Dämpfung der Vorderachse V726
- Motor für elektronisch geregelte Dämpfung der Hinterachse V727



690_002

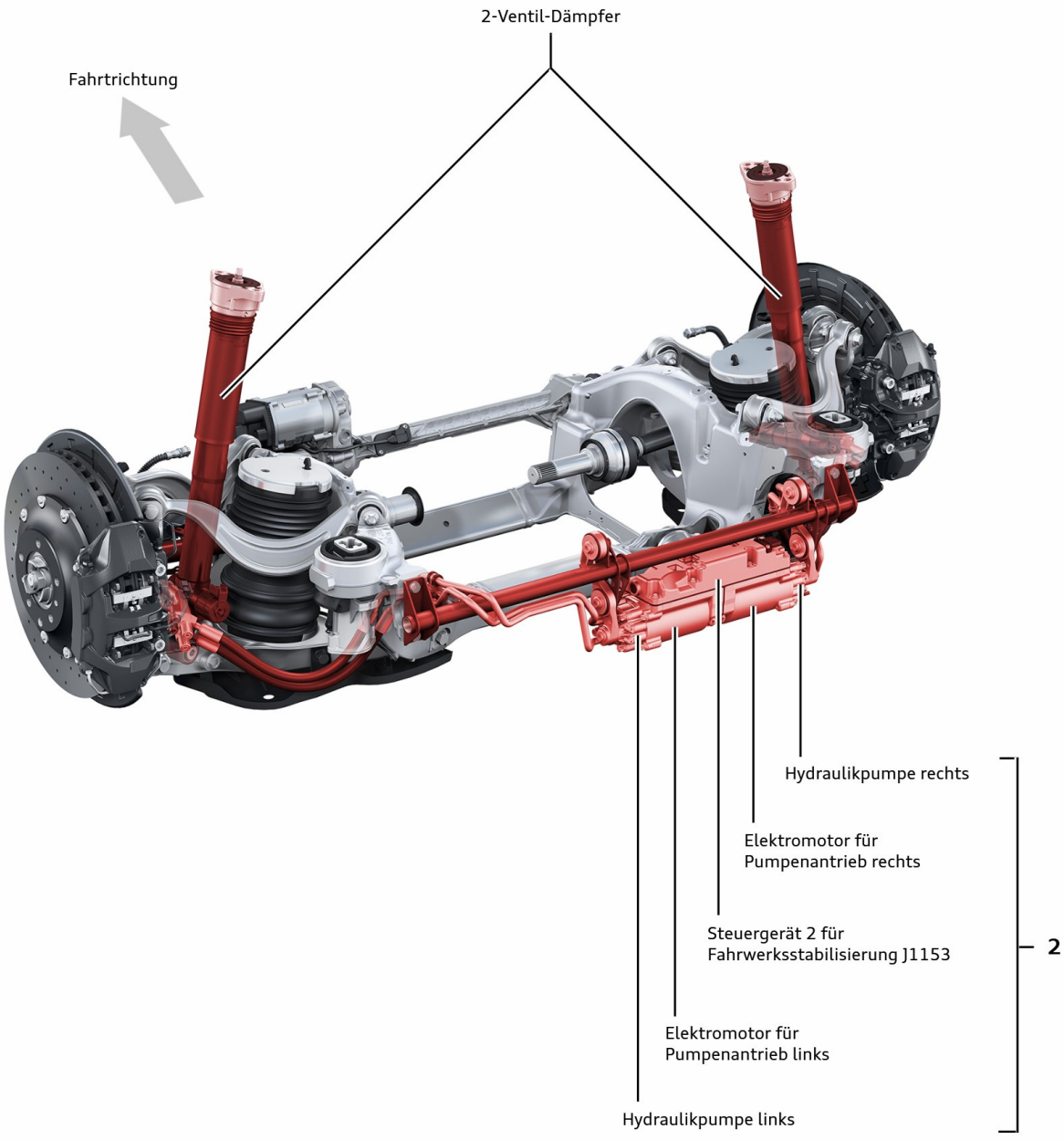
Systemkomponenten der Vorderachse



1 = Motor für elektronisch geregelte Dämpfung der Vorderachse V726 (Motorpumpeneinheit der Vorderachse)

690_006

Systemkomponenten der Hinterachse

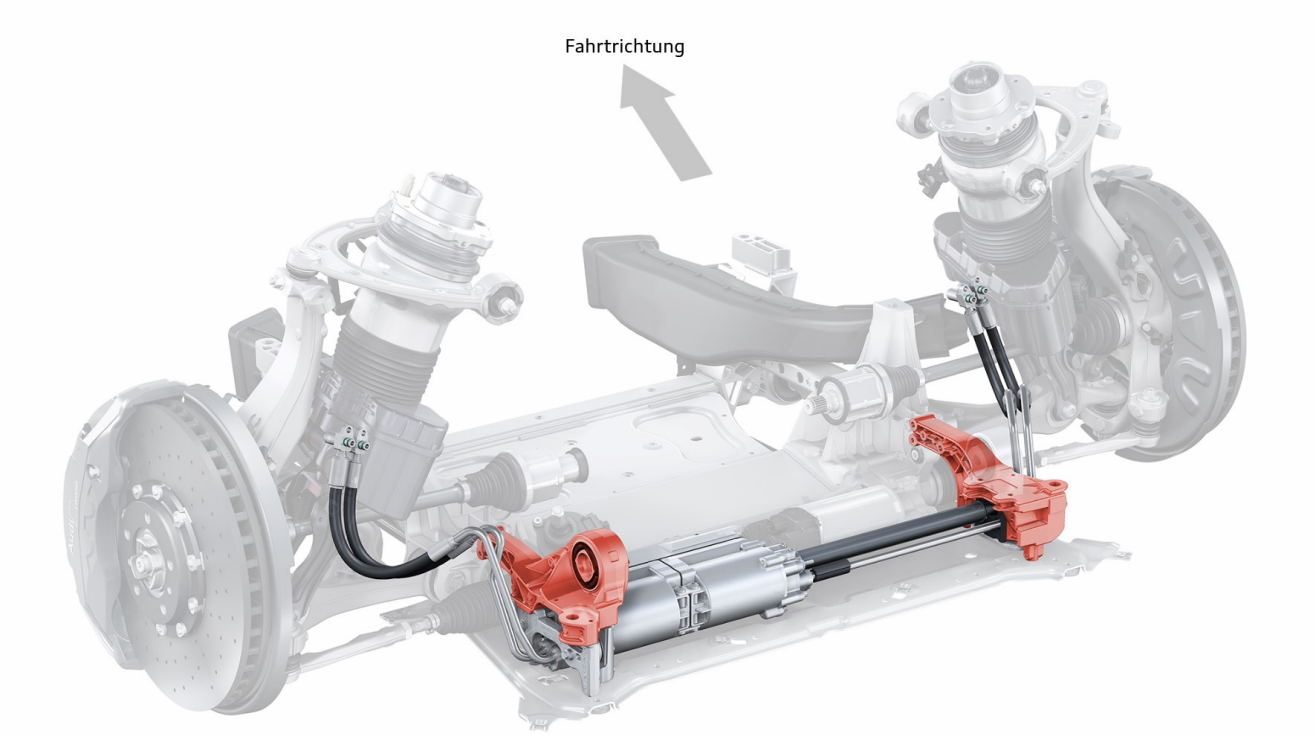


2 = Motor für elektronisch geregelte Dämpfung der Hinterachse V727 (Motorpumpeneinheit der Hinterachse)

690_007

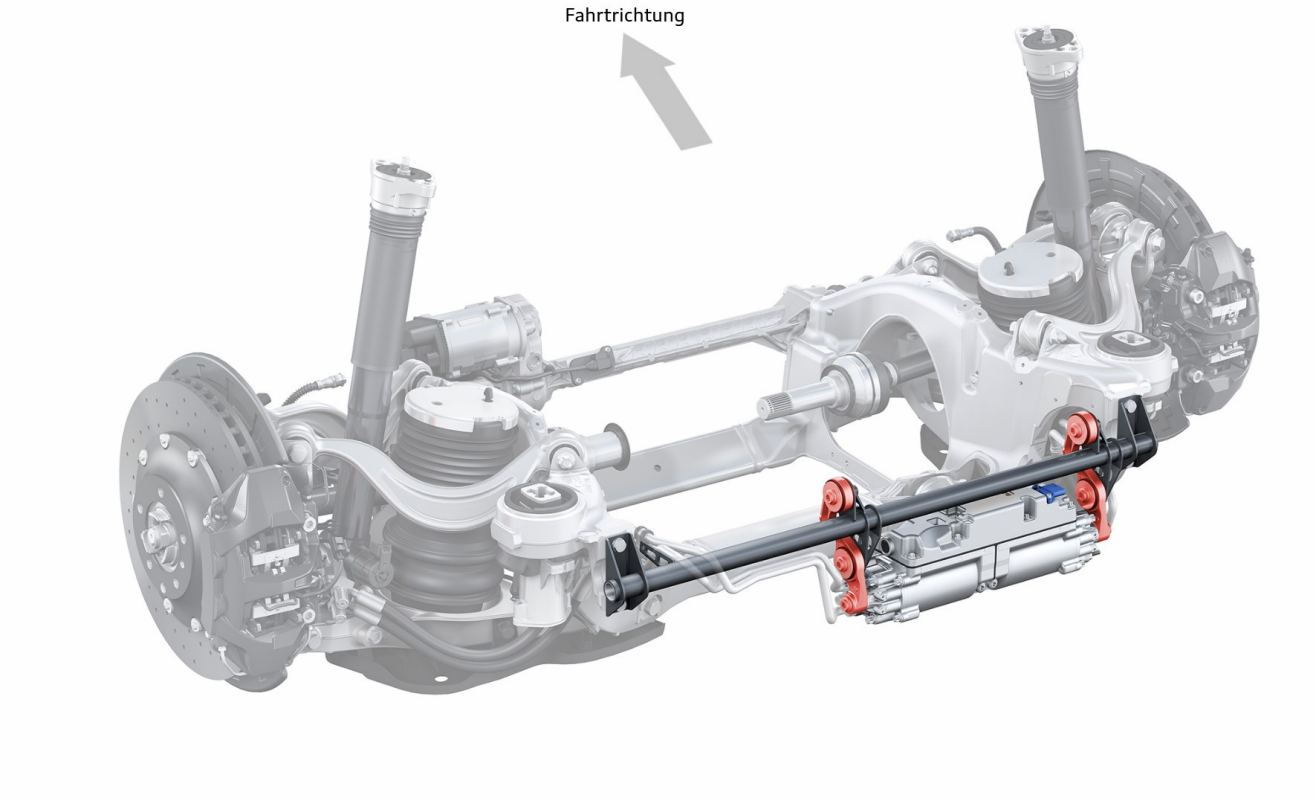
Auf der einen Seite ist die Motorpumpeneinheit über ein Halterohr mit Zuganker und Flansch verbunden, auf der anderen Seite mit dem Achsaufbau über einen festen Flansch am Gehäuse der Motorpumpeneinheit. Für die Anbindung des Moduls kommen dieselben Stailisatorkonsolen zum Einsatz wie bei der Ausstattung mit konventionellen Stabilisatoren.

Anbindung der Motorpumpeneinheit an der Vorderachse



690_008

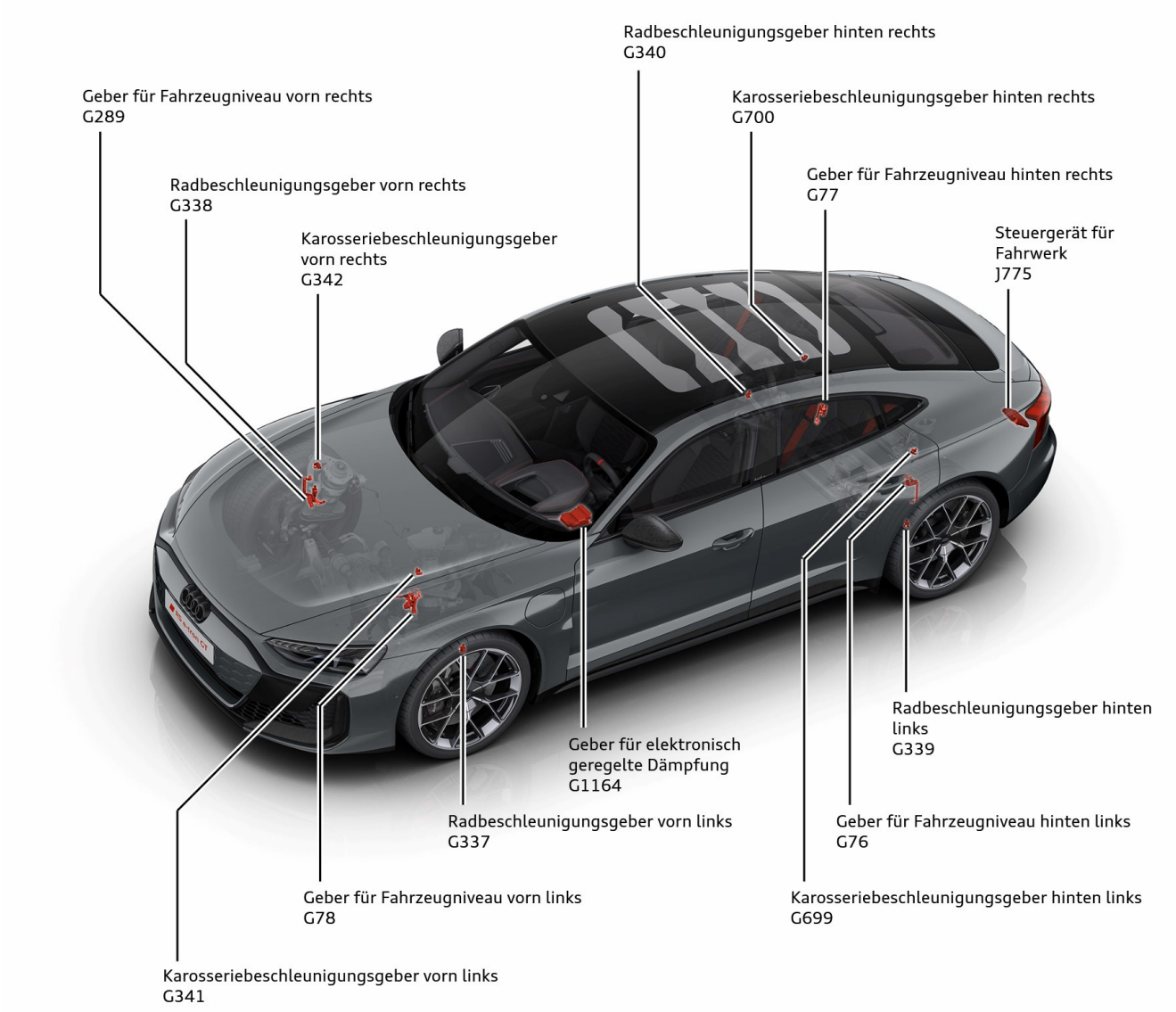
Anbindung der Motorpumpeneinheit an der Hinterachse



690_009

Jede Pumpe ist durch zwei Hydraulikleitungen mit dem zugehörigen Dämpfer verbunden. Die Ventile befinden sich in den Dämpfern. Gasbags in den Dämpfern dienen zur Kompensation der Wärmeausdehnung und zum Ausgleich des Kolbenstangenvolumens beim Ein- und Ausfedern.

Die Regelung erfolgt durch das Steuergerät für Fahrwerk J775, dass mit den beiden Steuergeräten für Fahrwerksstabilisierung direkt durch CAN FD verbunden ist. Zum System gehören außerdem die Geber für Fahrzeugniveau, Radbeschleunigungs- und Karosseriebeschleunigungsgeber sowie der erstmals in einem Audi Modell zum Einsatz kommende Geber für elektronisch geregelte Dämpfung G1164. Die HV-Batterie liefert die Spannung für die E-Motoren zum Antrieb der Hydraulikpumpen.



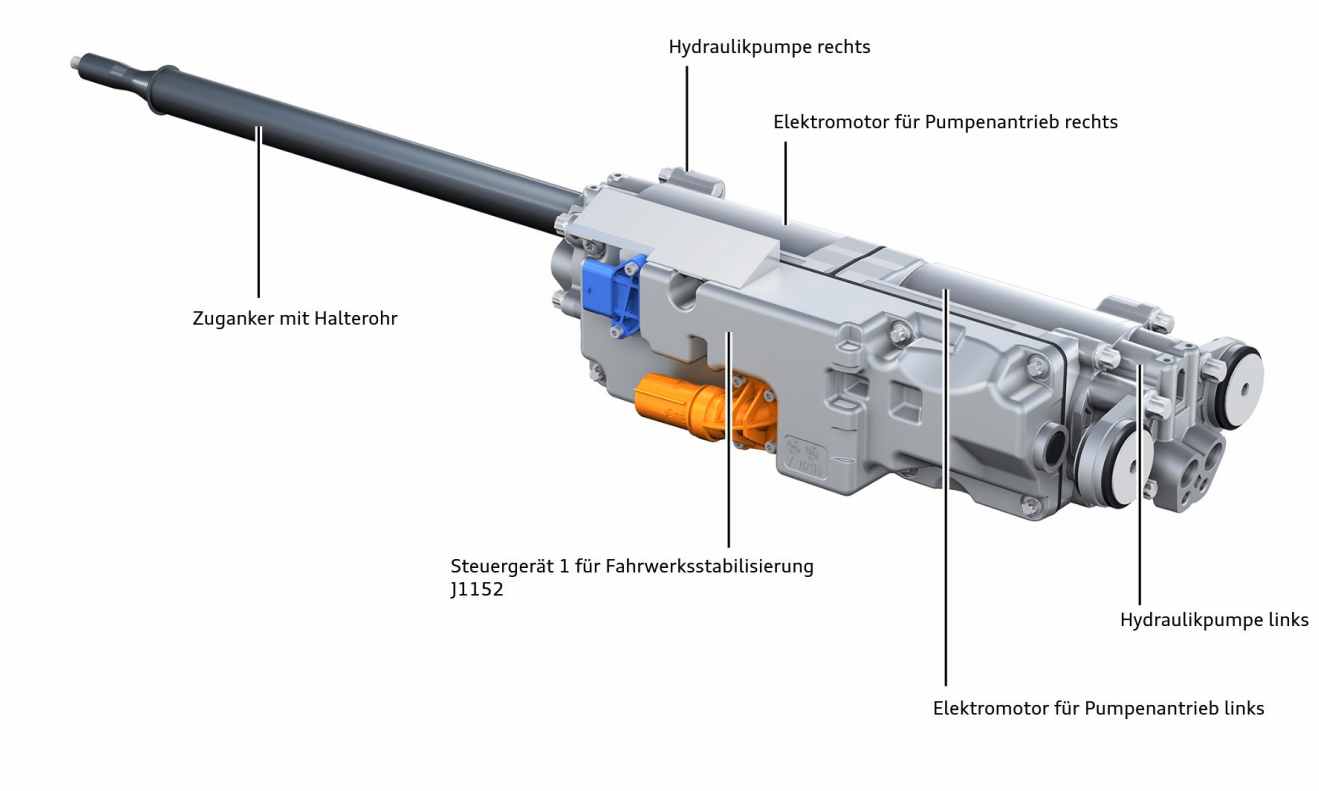
690_010

Systemkomponenten

Motorpumpeneinheit (Motor für elektronisch geregelte Dämpfung)

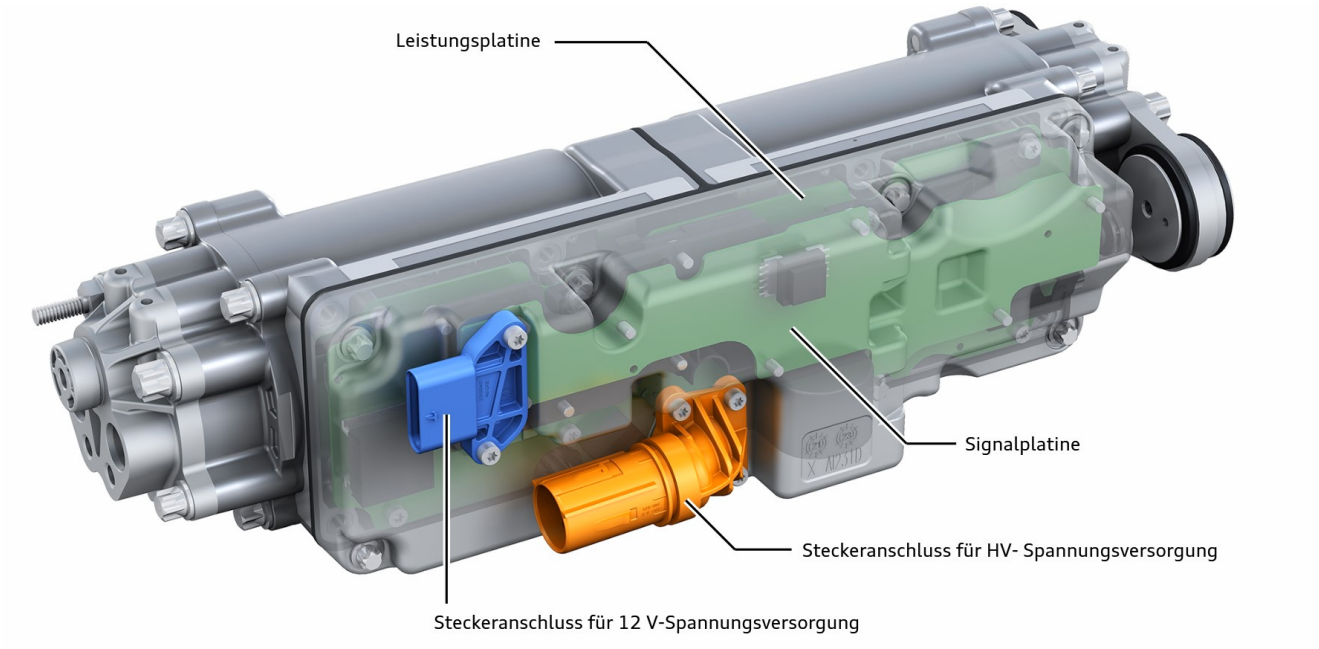
Übersicht

Die Motorpumpeneinheiten von Vorder- und Hinterachse bestehen aus den gleichen Komponenten, Unterschiede gibt es bei der Lage und Anbindung der Einheiten im Fahrzeug. Eine Motorpumpeneinheit besteht aus den beiden Hydraulikpumpen und den Elektromotoren für deren Antrieb sowie dem Steuergerät für Fahrwerksstabilisierung für die Ansteuerung der Motoren. Die Komponenten sind durch ein Metallgehäuse geschützt.



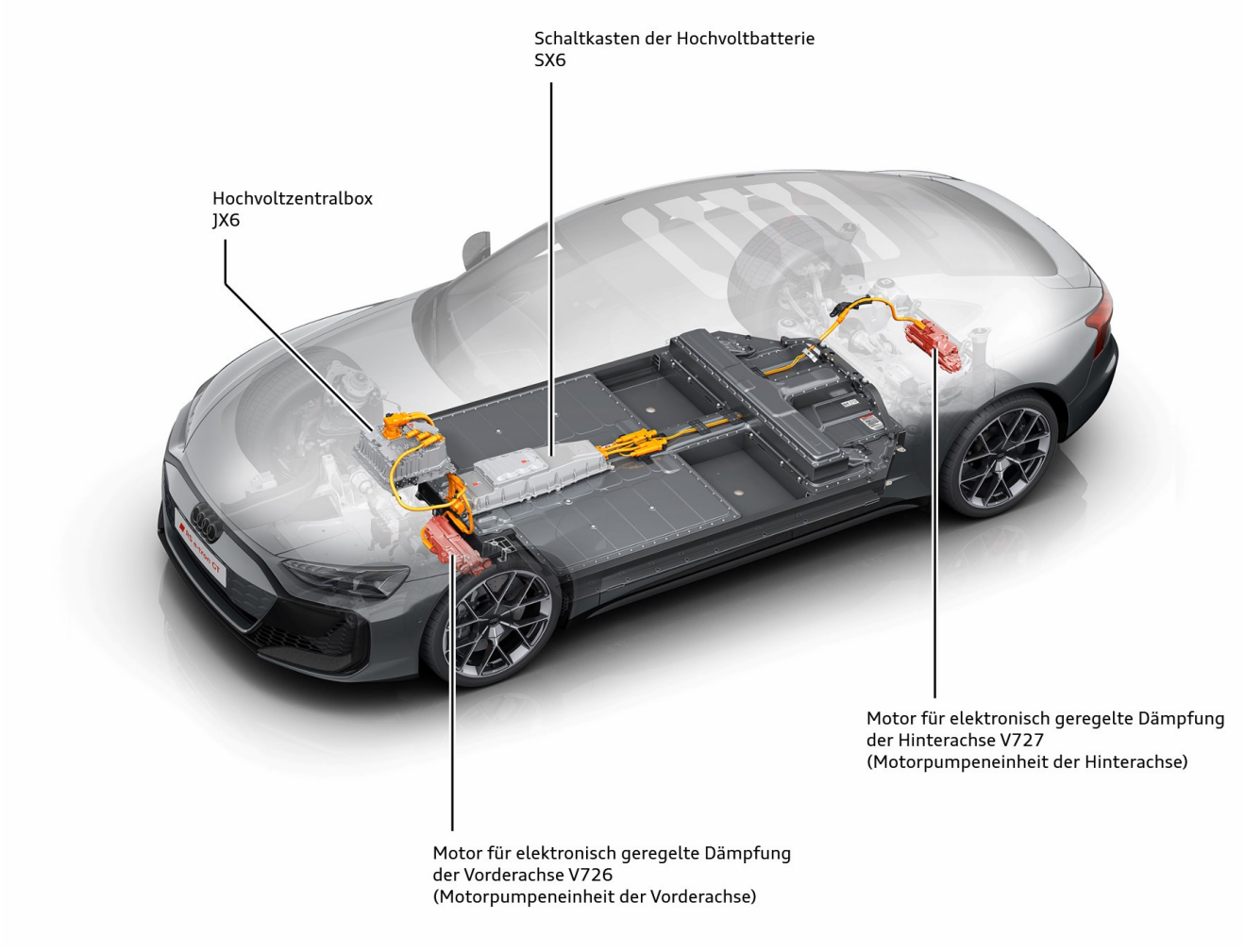
690_011

Steuergerät für Fahrwerksstabilisierung



690_014

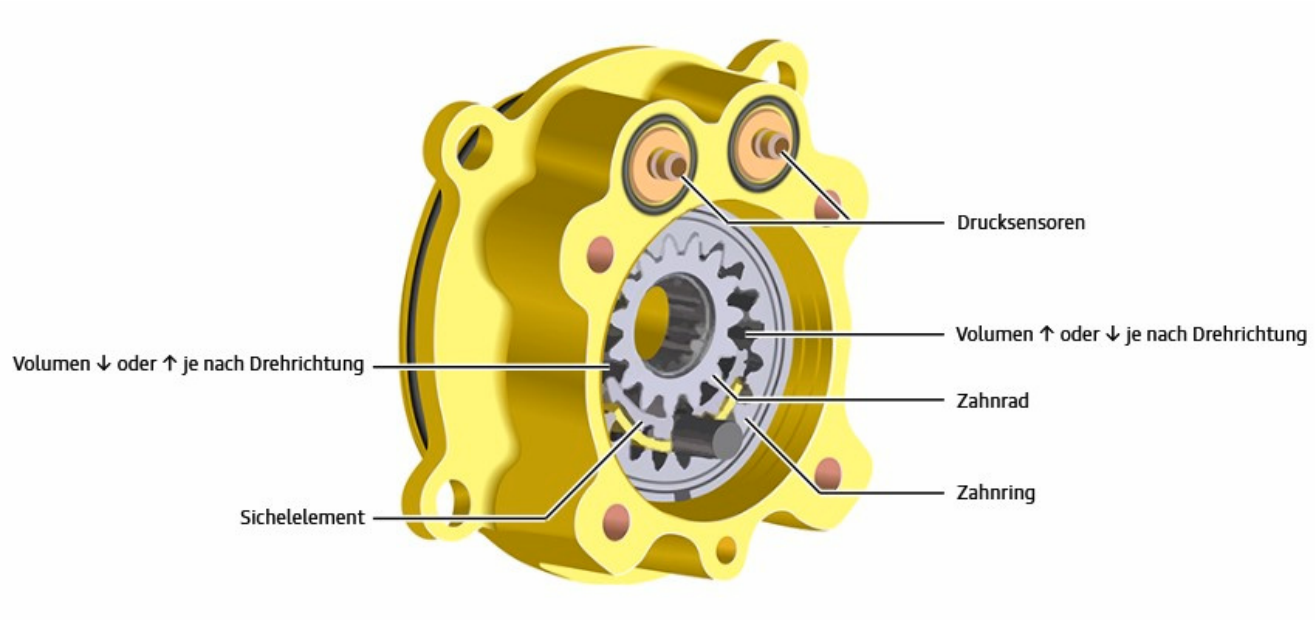
Das Steuergerät empfängt vom Steuergerät für Fahrwerk J775 die Anweisungen für die Ansteuerung der Elektromotoren für den Antrieb der Hydraulikpumpen. Es setzt diese durch Bereitstellung der dafür erforderlichen Wechselspannungen /-ströme um. Dafür befinden sich zwei separate Platinen mit entsprechender Bestückung im Steuergerät. Die Signalplatine verarbeitet Botschaften vom J775, die durch CAN FD übertragen werden. Auf der Leistungsplatine befinden sich die Leistungsendstufen für die Ansteuerung der Elektromotoren. Diese Platine wird mit 800 V-Hochspannung versorgt. Wechselrichter erzeugen aus der Gleichspannung den Dreiphasen-Wechselstrom. Sie nutzen dazu spezielle IGBT-Leistungstransistoren (IGBT: Bipolartransistor mit isolierter Elektrode).



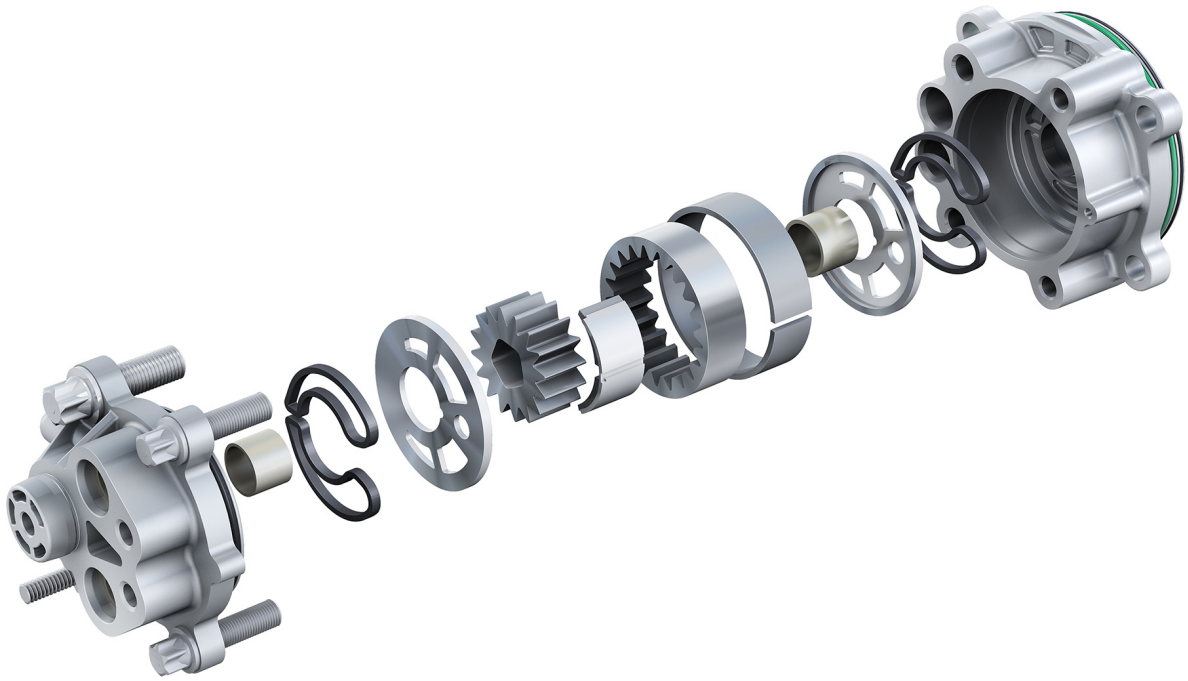
690_015

Die Motorpumpeneinheit der Vorderachse wird von der Hochvoltzentralbox mit 800 V versorgt. Die Motorpumpeneinheit der Hinterachse erhält die Hochspannung vom Schaltkasten der Hochvoltbatterie.

Hydraulikpumpe



690_016



690_017

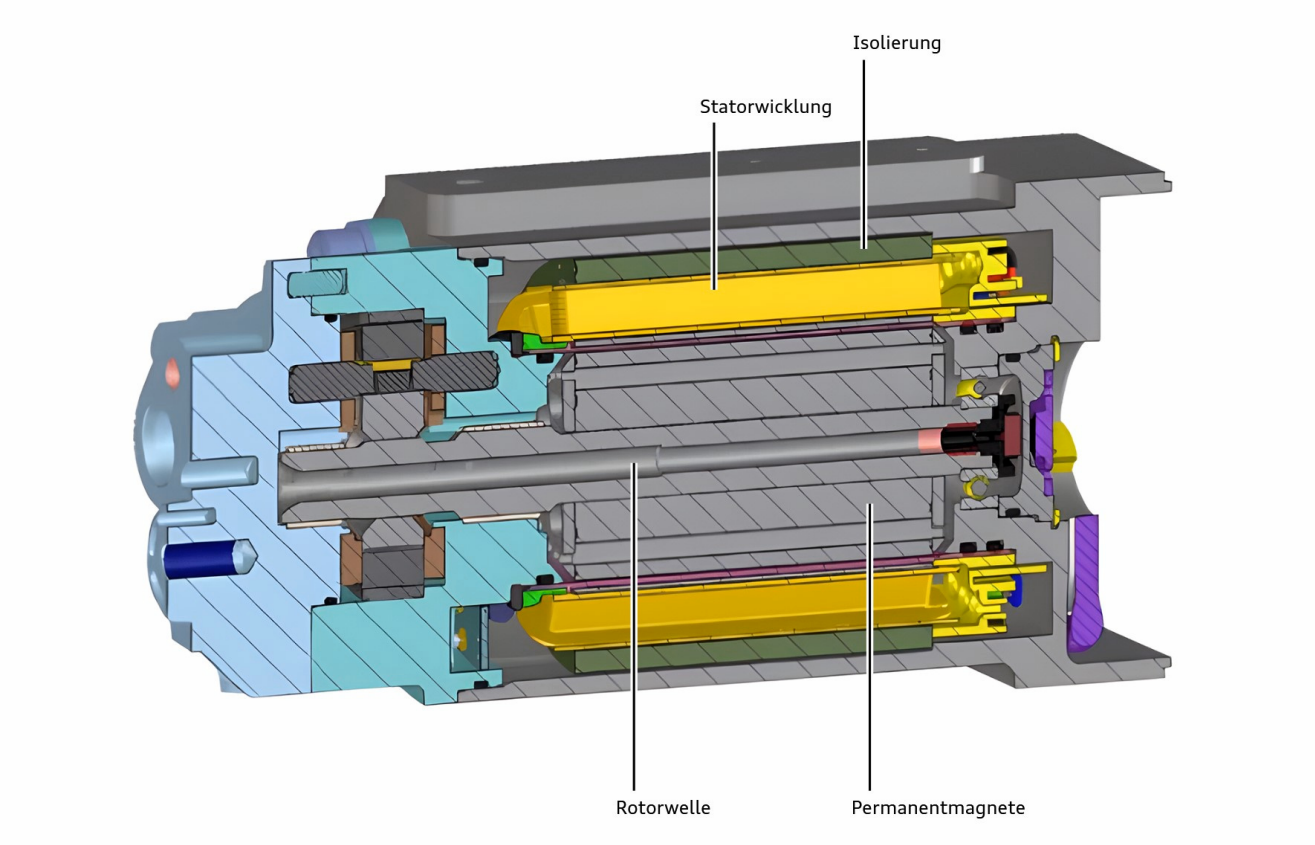
Es kommen Innenzahnradpumpen (Sichelpumpen) zum Einsatz. Das außenverzahnte Zahnrad ist formschlüssig mit der Rotorwelle des E-Motors verbunden und wird mit Rotordrehzahl angetrieben. Es befindet sich in ständigem Eingriff mit dem äußeren, innenverzahnten Zahnring, der im Pumpengehäuse gleitend (drehbar) gelagert ist. Der Raum zwischen Zahnrad und Zahnring in Drehrichtung vor dem feststehenden Sichelelement vergrößert sich, Öl wird durch eine in diesem Bereich befindliche Leitung angesaugt. Das Öl wird durch die Zahnlücken ober- und unterhalb entlang der Sichel in den sich verkleinernden Raum nach der Sichel gefördert. Durch eine zweite, dort angeschlossene Leitung wird das Öl unter entsprechendem Druckaufbau abgeführt. Je nach Drehrichtung ist eine der beiden Leitungen Saugleitung, die andere Druckleitung. Eine Leitung ist mit dem Kolbenraum des zugeordneten Dämpfers verbunden, die andere mit dem Kolbenstangenraum.

Da die Fördermengen je nach Erfordernis starken Schwankungen unterliegen, müssen auch die Pumpendrehzahlen geregelt werden.

Je zwei integrierte Drucksensoren für Vor- und Rücklauf erfassen die Druckwerte, die vom Steuergerät für Fahrwerk J775 als Regelgrößen eingelesen werden.

Elektromotor

Schnittdarstellung eines Elektromotors mit angeflanschter Pumpeneinheit

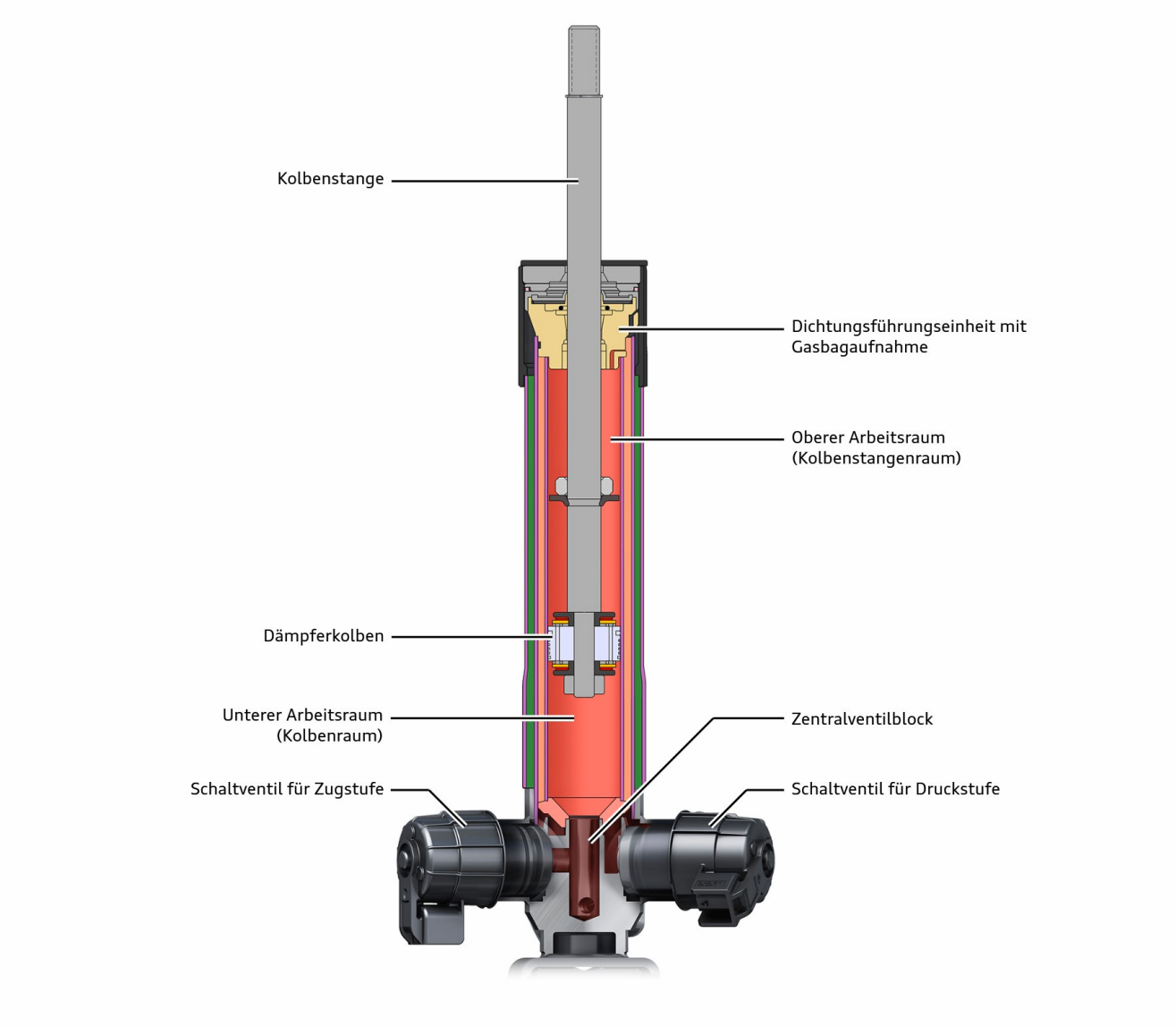


690_018

Der Pumpenantrieb erfolgt durch permanenterregte Synchronmotoren (PMSM). Die Motoren werden mit 800 V betrieben. Die Höchstdrehzahl beträgt 6000 U/min.

Die Rotorpositionen werden permanent durch Rotorlagesensoren erfasst. Die Messwerte werden von den Steuergeräten für Fahrwerksstabilisierung verarbeitet, um die Wechselspannungen/-ströme für die Ansteuerung der E-Motoren zu berechnen.

Dämpfer



690_019

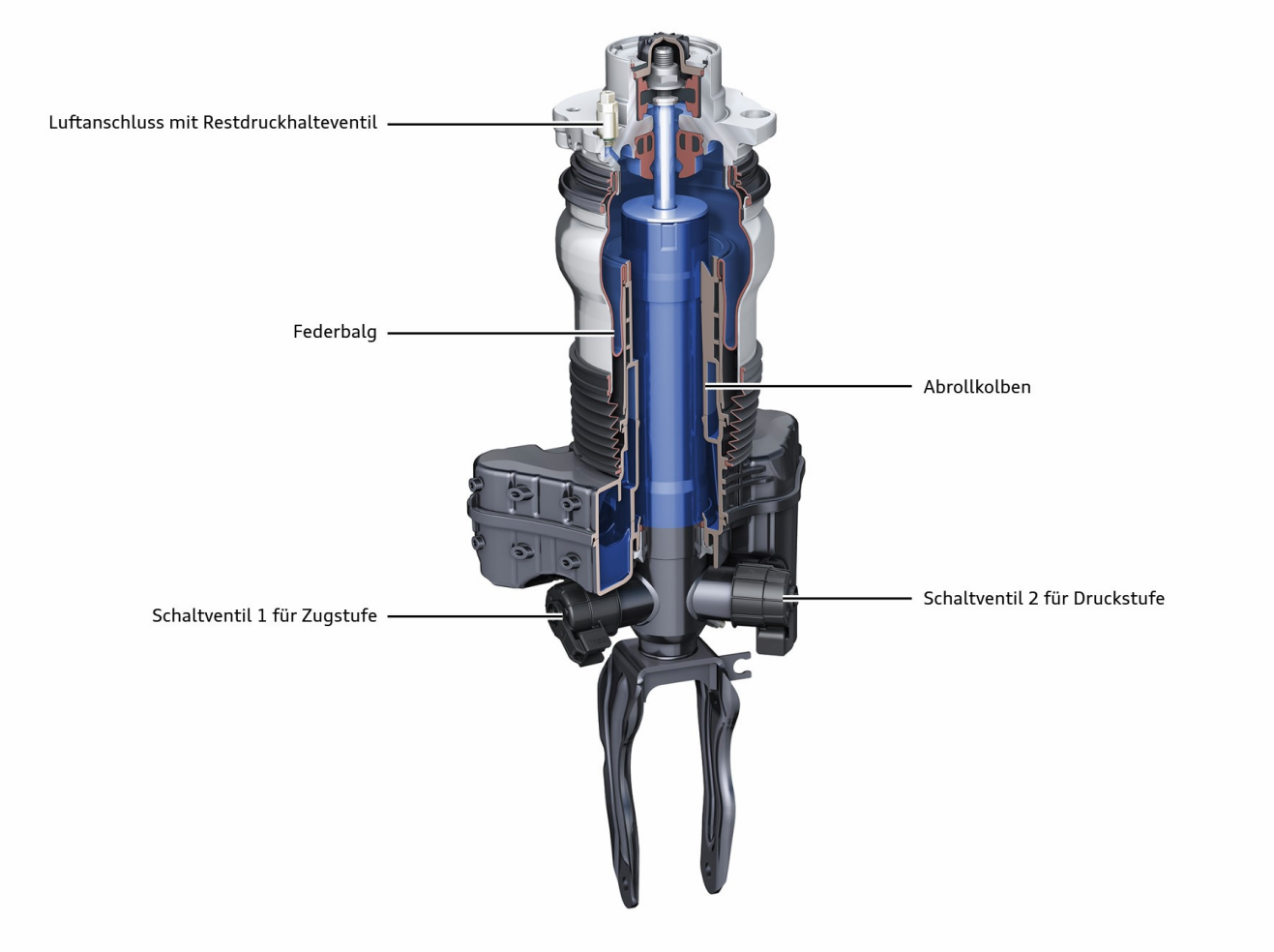
Es kommen Zweirohrdämpfer mit integrierten Ventilblöcken und integrierten Gasbags zum Einsatz. Die Dämpfer an Vorder- und Hinterachse sind in Aufbau und Funktion im Wesentlichen baugleich.

Die Schaltventile für die Zug- und Druckstufe sind gegenüberliegend angeordnet.

Durch die Ventile im Zentralventilblock erfolgt die Verteilung der Hydraulikflüssigkeit für die Zug- und Druckstufe im Dämpfer (siehe Artikel "Grundprinzip") im Kapitel Dämpferregelung. In beiden Schaltventilen ist ein Rückschlagventil vorhanden, um den Ölfluss in die beabsichtigte Richtung zu gewährleisten und in die Gegenrichtung zu sperren.

Der Gasbag ist in der Dichtungsführungseinheit fixiert. Er dient der Öl- und Gastrennung sowie als Volumenausgleich für die Wärmeausdehnung des Öls und die Volumenänderung durch das Ein- und Ausfedern der Kolbenstange.

Statt herkömmlichem Dämpferöl wird Hydrauliköl verwendet, um den speziellen Anforderungen durch den Einsatz der Hydraulikpumpe zu entsprechen.



690_020

Im Metallgehäuse des Anschlussblocks für die Hydraulikleitungen sind Absperrventile verbaut. Ein Ventil öffnet/sperrt die Zug-, das andere die Druckstufe. Die geschlossenen Ventile verhindern, dass bei geöffnetem Hydraulikkreislauf Öl aus dem Dämpfer entweicht.

Steuergerät für Fahrwerk J775



Steuergerät für Fahrwerk J775

690_025

Das Steuergerät J775 ist die Regelzentrale für das Aktivfahrwerk. Es veranlasst und koordiniert die Regelvorgänge der Luftfederung und die Dämpfungsregelung. Basis hierfür sind die fahrdynamischen Messwerte, die das Steuergerät von den verschiedenen Sensoren erhält (siehe Grafik). Die generelle Regelcharakteristik wird durch den jeweils aktivierten Fahrmodus festgelegt.

Das Steuergerät kommuniziert über FlexRay und das Gateway mit dem „Restfahrzeug“. Die Kommunikation mit den beiden Steuergeräten für Fahrwerksstabilisierung erfolgt über CAN FD. Die Ansteuerung der Dämpferventile erfolgt direkt vom J775 über diskrete Leitungen.

Sensoren

Geber für Fahrzeugniveau G76, G77, G78, G289



690_026

Die Geber messen die Niveaulage des Fahrzeugaufbaus an allen vier Radpositionen. Die Messwerte werden für die Dämpferregelung und die Regelung der Luftfederung genutzt. Die Geber entsprechen in Aufbau und Funktion den bereits bei anderen aktuellen Audi Modellen im Einsatz befindlichen Komponenten.

Radbeschleunigungsgeber G337, G338, G339, G340



690_028

Die Geber erfassen die Beschleunigung der ungefederten Massen an den vier Radpositionen. Dazu sind sie an den Schwenklager der Vorderachse und an den Radträgern der Hinterachse verbaut. Die Geber sind Übernahmen vom Audi e-tron GT mit der Ausstattung adaptive air suspension.

Karosseriebeschleunigungsgeber G341, G342, G699, G700



690_030

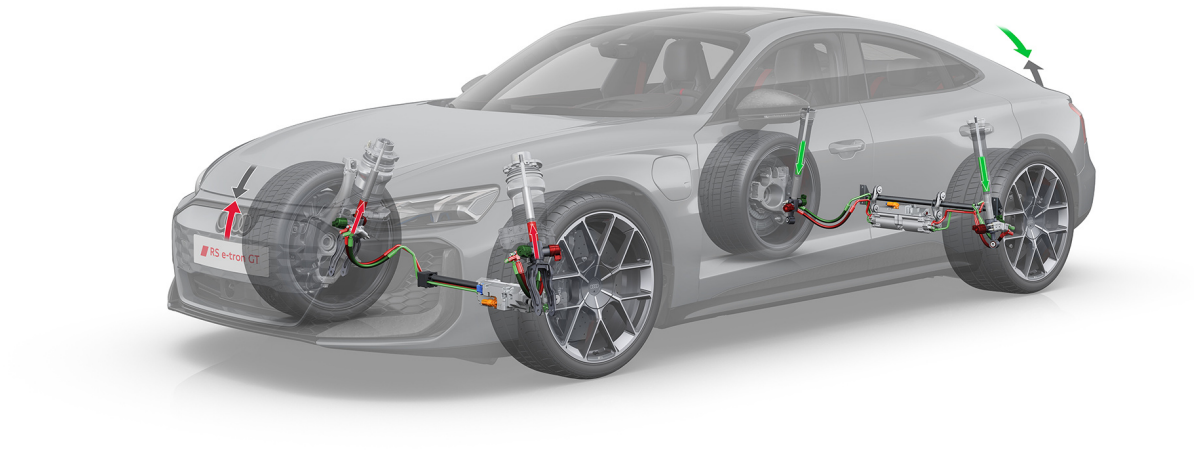
Die Geber erfassen die Beschleunigung der gefederten Massen an den vier Radpositionen. Sie sind in der Nähe der oberen Dämpferlager an der Karosserie verbaut. Die Geber sind Übernahmen vom Audi e-tron GT mit der Ausstattung adaptive air suspension.

Basisfunktionen

Erhöhung der Druckstufendämpfung

In der Grafik ist beispielhaft der Druckaufbau in den Kolbenräumen (Räume unterhalb der Kolben) der Vorderachsdämpfer dargestellt. Gleichzeitig erfolgt die Reduzierung des Druckes in den Kolbenstangenräumen (Räume oberhalb der Kolben). Das bewirkt beim Einfedern die Erhöhung der Druckstufendämpfung. Übersteigen die Dämpferkräfte die gegen sie wirkenden vertikalen Kräfte des Aufbaus, wird der Vorderwagen sogar angehoben (siehe Sonderfunktionen).

Typischer Anwendungsfall ist der Ausgleich der Einfederung (des Nickens) des Vorderwagens beim starken Abbremsen des Fahrzeugs. Gleichzeitig erfolgt hierbei die Erhöhung der Zugstufendämpfung der Hinterachsdämpfer, um dem bei starken Bremsvorgängen typischen Ausfedern / Anheben des Hinterwagens entgegenzuwirken. Durch Auswertung der relevanten Sensorsignale erkennt das Steuergerät für Fahrwerk J775 bereits im Ansatz die Reaktion des Fahrzeugaufbaus und leitet die Regelvorgänge innerhalb weniger Millisekunden ein.

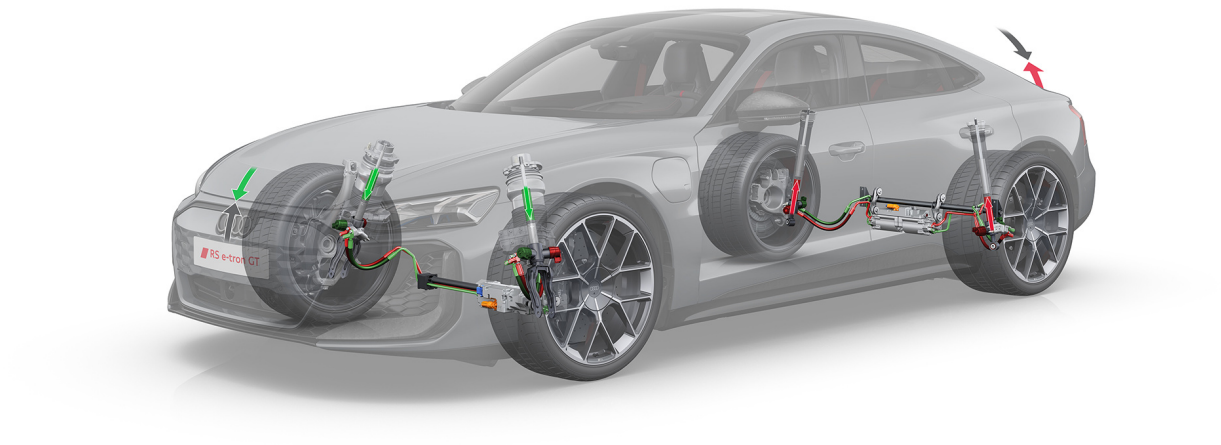


690_032

Legende:

- Bewegungsrichtung des Fahrzeugaufbaus / Kraftwirkung auf den Fahrzeugaufbau
- Kraftwirkung durch Erhöhung des Druckes im Kolbenraum der Vorderachsdämpfer
- Kraftwirkung durch Erhöhung des Druckes im Kolbenstangenraum der Hinterachsdämpfer

Erhöhung der Zugstufendämpfung



690_034

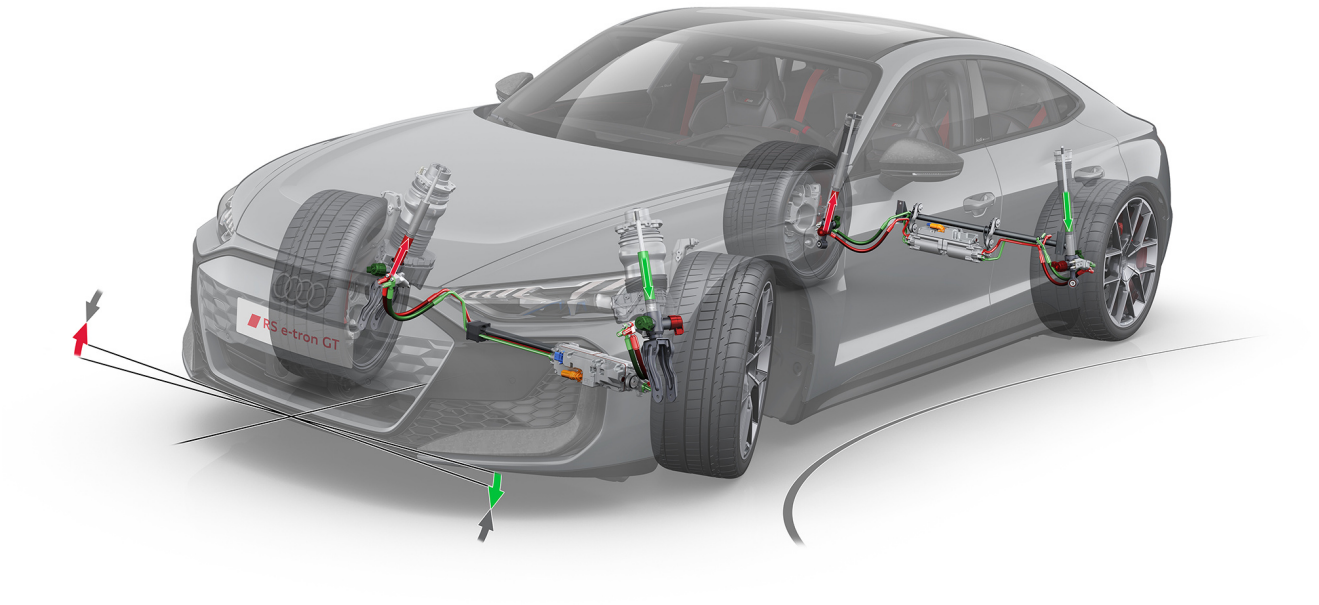
Legende:

→	Bewegungsrichtung des Fahrzeugaufbaus / Kraftwirkung auf den Fahrzeugaufbau
→	Kraftwirkung durch Erhöhung des Druckes im Kolbenraum der Hinterachsdämpfer
→	Kraftwirkung durch Erhöhung des Druckes im Kolbenstangenraum der Vorachsdämpfer

In der Grafik ist der Druckaufbau in den Kolbenstangenräumen (oberhalb der Kolben) der Vorderachsdämpfer dargestellt. Gleichzeitig erfolgt die Reduzierung des Druckes in den Kolbenräumen (Raum unterhalb der Kolben). Die daraus resultierende Kraft erhöht beim Ausfedern die Dämpfung (Zugstufendämpfung). Übersteigen die Dämpferkräfte die gegen sie wirkenden vertikalen (Zug-)Kräfte des Aufbaus wird der Vorderwagen sogar abgesenkt (siehe Sonderfunktionen).

Typischer Anwendungsfall ist die Vermeidung des Anhebens des Vorderwagens beim starken Beschleunigen des Fahrzeugs. Gleichzeitig erfolgt hierbei die Erhöhung der Druckstufendämpfung der Hinterachsdämpfer, um dem bei starken Beschleunigungsvorgängen erfolgenden Einfedern des Fahrzeughecks entgegenzuwirken.

Dämpferregelung bei Kurvenfahrt



690_035

Legende:

Bewegungsrichtung des Fahrzeugaufbaus / Kraftwirkung auf den Fahrzeugaufbau

Kraftwirkung durch Erhöhung des Druckes im Kolbenraum der kurvenäußeren Dämpfer

Kraftwirkung durch Erhöhung des Druckes im Kolbenstangenraum der kurveninneren Dämpfer

Die im Fahrzeugschwerpunkt angreifende Zentrifugalkraft (Fliehkraft) erzeugt bei Kurvenfahrt mit dem Hebelarm des Abstandes des Fahrzeugschwerpunktes zur Fahrbahn ein Drehmoment um die Fahrzeuglängsachse. Dieses Drehmoment bewirkt eine Radlasterhöhung der kurvenäußeren Räder, verbunden mit der Einfederung des Fahrzeugaufbaus kurvenaußen. Die kurveninneren Räder werden entlastet, der Fahrzeugaufbau federt hier aus. Dieses dynamische Verhalten ist bei konventionellen Federungs-/Dämpfungssystemen unvermeidbar und mit negativen Effekten verbunden (Fahrkomfort ↓, Fahrsicherheit ↓, Verschleiß ↑).

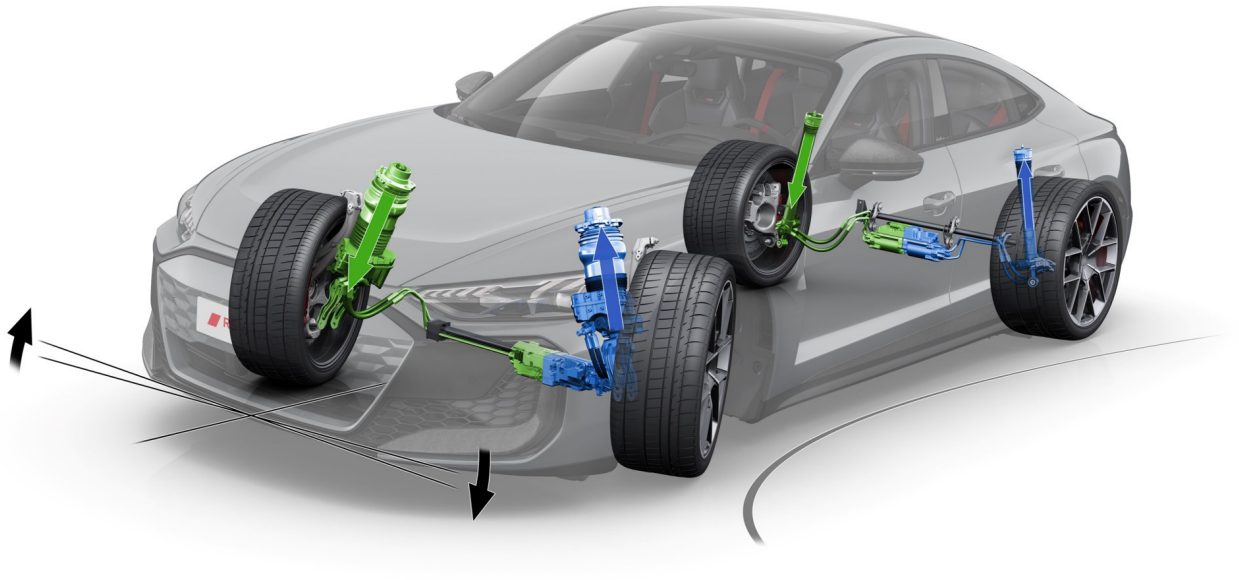
Um die Bewegung des Fahrzeugaufbaus zu unterbinden, realisiert das Aktivfahrwerk entsprechende Druckverhältnisse in den Dämpfern. Die Drücke in den Kolbenräumen (unterhalb der Kolben) der kurvenäußeren Dämpfer werden erhöht, die in den Kolbenstangenräumen (oberhalb der Kolben) entsprechend reduziert (Erhöhung der Druckstufendämpfung). An den kurveninneren Dämpfern werden die umgekehrten Druckverhältnisse eingestellt (Erhöhung der Zugstufendämpfung).

Zusatzfunktionen

Durch die Regelung der Drücke in den Dämpfern ist die Dämpferregelung des Aktivfahrwerks erstmals in der Lage, auch sehr dynamische Höhenänderungen des Fahrzeugaufbaus zu realisieren. Diese Fähigkeit wird für die im Folgenden beschriebenen Zusatzfunktionen genutzt. Voraussetzung hierfür ist die Aktivierung im MMI im Modus Komfort in Audi Drive select.

Aktive Kurvenneigung

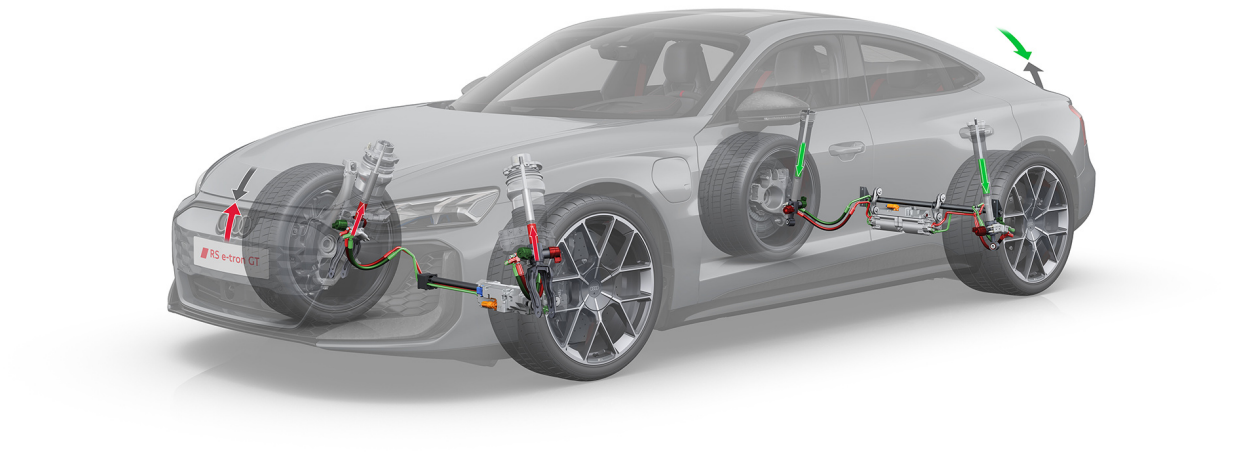
Durch die Fliehkräfte, die bei Kurvenfahrten auf den Fahrzeugaufbau wirken, neigt sich der Aufbau in Richtung kurvenaußen (Einfederung - grüne Pfeile). Diese hinsichtlich Fahrdynamik und Fahrkomfort unerwünschten Wankbewegungen werden in der Basisfunktion der Dämpferregelung weitgehend neutralisiert. Im Modus Komfort+ wird der Fahrzeugaufbau sogar in die Gegenrichtung geneigt. Dies geschieht durch aktive Absenkung des Aufbaus kurveninnen und Anhebung kurvenaußen. Dabei neigt sich das Fahrzeug bis zu etwa 3° in die Kurve hinein. Dadurch wird eine fahrdynamisch noch wirkungsvollere Abstützung über die kurvenäußeren Räder erreicht. Gleichzeitig erfolgt eine deutliche Komfortverbesserung für die Fahrzeuginsassen, da die auf sie wirkenden Querkräfte reduziert werden.



690_036

Die in den Dämpfern realisierten Druckkräfte wirken den Kräften des Fahrzeugaufbaus (grüne und blaue Pfeile) entgegen. Sie heben die Karosserie kurvenaußen an und senken sie kurveninnen ab.

Beschleunigungs- und Bremskomfort



690_032

Auch bei Beschleunigungsvorgängen in Fahrzeuglängsrichtung (Antriebs- oder Bremsvorgänge) wirken Kräfte auf den Fahrzeugaufbau. Beim Beschleunigen des Fahrzeugs stützt sich der Aufbau durch die Wirkung der Trägheitskraft auf den Rädern der Hinterachse ab, die Vorderachslast wird verringert. Dadurch erfolgt eine Einfederung an der Hinterachse und eine Ausfederung an der Vorderachse. Bei Bremsvorgängen wirkt die Trägheitskraft in entgegengesetzter Richtung, der Aufbau federt an der Vorderachse ein und an der Hinterachse aus. Diesen Nickbewegungen wird bereits in der Basisfunktion durch Anpassung der Dämpfungskräfte entgegengewirkt.

Im Modus Komfort ist darüber hinaus die Zusatzfunktion „Beschleunigungs- und Bremskomfort“ aktiv. Bei Bremsvorgängen wird das „Eintauchen“ an der Vorderachse nicht nur verhindert, der Aufbau wird hier sogar leicht angehoben.

Bei Beschleunigungsvorgängen agiert die Regelung umgekehrt und bewirkt ein Absenken des Aufbaus (Einfedern) an der Vorderachse. Das Anheben bzw. Absenken ist für die Fahrzeuginsassen kaum spürbar. Spürbar ist jedoch ein höherer Sitzkomfort durch Reduzierung der auf die Insassen in oder gegen die Fahrtrichtung wirkenden Längskräfte.

Die Grafik stellt exemplarisch das Bremsverhalten bei aktivierter Zusatzfunktion dar. Das Fahrzeug wird an der Vorderachse entgegen der wirkenden Vertikalkräfte etwas ausgefedert und an der Hinderachse etwas eingefedert.

Komforteinstieg



690_037

Durch diese optionale Funktion wird der Fahrzeugaufbau beim Öffnen einer Tür angehoben. Ausgehend vom Referenzniveau (Niveau im drive select Modus „comfort“) erfolgt eine Anhebung von etwa 55 mm. Das Ausgangsniveau wird wieder hergestellt:

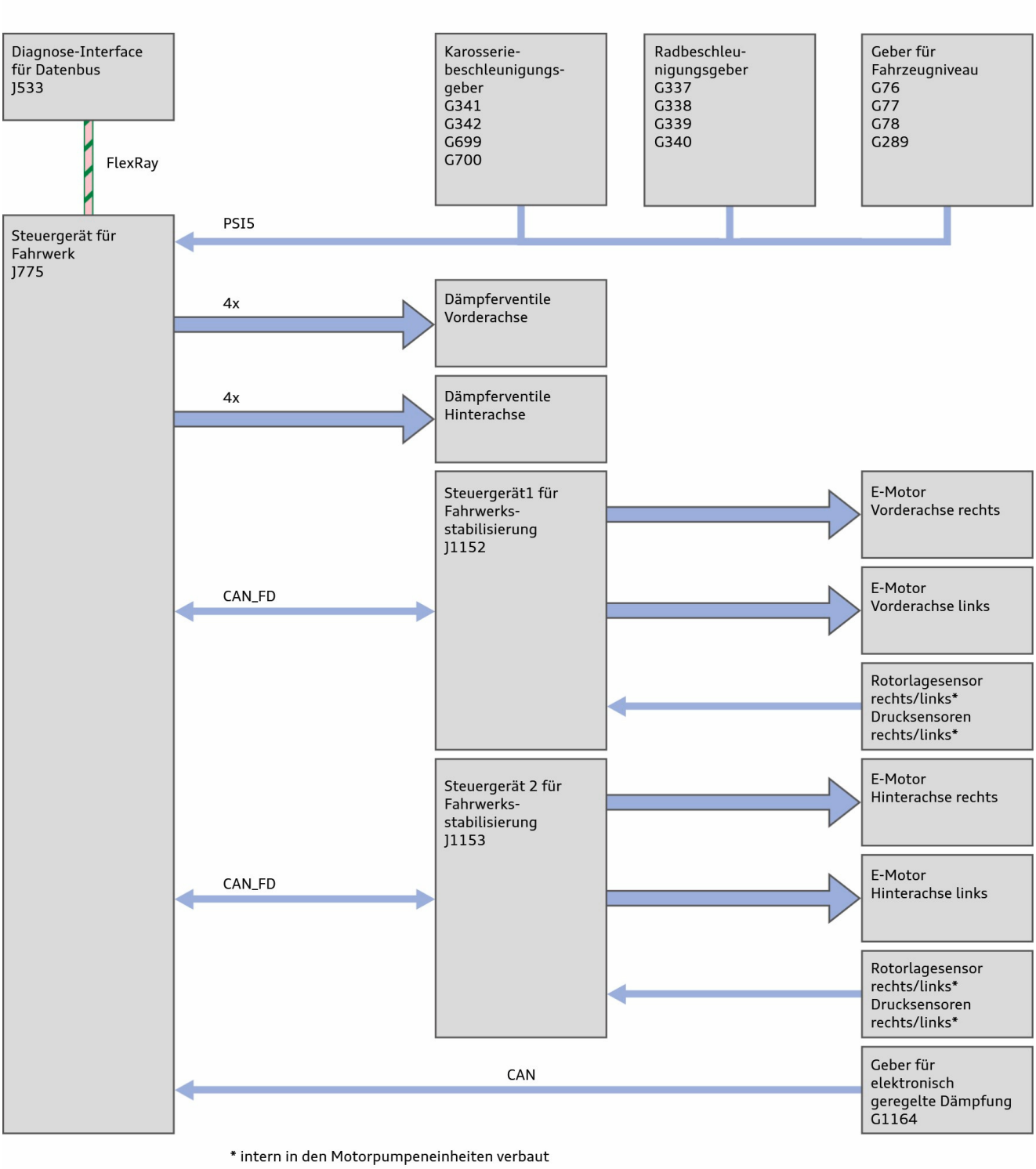
- etwa 3 s nach dem Schließen aller vier Türen
- nach Fahrtbeginn
- beim Verriegeln des Fahrzeugs
- beim Wechsel des Audi drive select Modus
- nach einer gewissen Zeit bei abgestelltem Motor und geöffneter Tür zur Aufrechterhaltung des Batterieladezustandes

Der angehobene Zustand wird durch die Aktivitätsanzeige im Display dargestellt.

Systemvernetzung

Systemvernetzung

Das Steuergerät für Fahrwerk J775 ist die Regelzentrale für die Dämpfungsregelung. Es nimmt über FlexRay durch das Diagnose-Interface für Datenbus J533 an der Kommunikation mit den weiteren Steuergeräten / Fahrzeugsystemen teil. Über CAN FD erfolgt der Datenaustausch mit den Steuergeräten für Fahrwerksstabilisierung. Die für die Ermittlung des dynamischen Fahrzustandes erforderlichen Messwerte der Geber für Karosserie- und Radbeschleunigung sowie Fahrzeugniveau empfängt das Steuergerät J775 durch PSI5-Busse. Dieser Busstandard zeichnet sich durch geringen Aufwand bei dennoch hohen Datenraten aus (schneller als LIN-Bus, geringerer Aufwand als CAN-Bus) und ist daher besonders für Sensoranbindungen geeignet. Der auf dem Mitteltunnel verbaute Geber für elektronische Dämpfung G1164 sendet die Beschleunigungs- und Drehmomentwerte direkt an das Steuergerät für Fahrwerk J775. Weitere für die Regelungen relevante Informationen wie Fahrgeschwindigkeit, Drehmomente des Fahrzeugantriebs, Bremsdrücke usw. erhält das Steuergerät J775 von den sie jeweils erfassenden/bereitstellenden Steuergeräten via FlexRay. Das Steuergerät J775 steuert die Dämpferventile durch separate Leitungen an (2 Ventile pro Dämpfer, je Zug- und Druckstufe). Die Drehströme für die Antriebe der Elektromotoren stellen die jeweiligen Steuergeräte für Fahrwerksstabilisierung bereit.



* intern in den Motorpumpeneinheiten verbaut

690_039

Bedienung und Fahrerinformationen

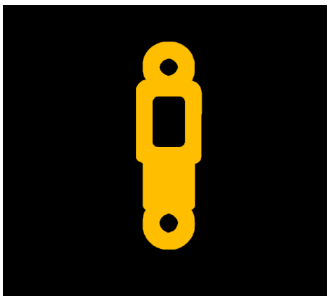
Durch Wahl des entsprechenden Fahrmodus in Audi drive select kann der Fahrer Einfluss auf das Regelverhalten nehmen. Auch im Audi e-tron GT stehen hierfür die Modi „efficiency“, „comfort“, „dynamic“ und „individual“ zur Verfügung. Mit Aktivierung der Kl.15 wird automatisch der Modus „comfort“ aktiviert. In diesem Modus sind auch die Zusatzfunktionen Aktive Kurvenneigung, Beschleunigungs- und Bremskomfort sowie Komforteinstieg verfügbar. Die Bedienung erfolgt durch den Taster in der Mittelkonsole oder das MMI-Menü.

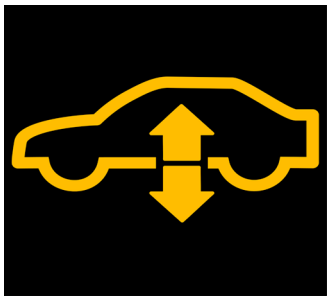


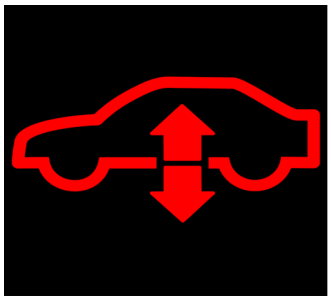
690_038

Systemstörungen werden durch die bereits bekannten Symbole für Luftfederung und Dämpfung angezeigt, verbunden mit verifizierenden Textmeldungen.

Fehleranzeigen werden vom Steuergerät für Fahrwerk J775 veranlasst.







Serviceumfänge

Serviceumfänge

Die Steuergeräte für Fahrwerksstabilisierung sind unter folgenden Diagnoseadressen ansprechbar:
- 004D – Steuergerät 1 für Fahrwerksstabilisierung J1152
- 005D – Steuergerät 2 für Fahrwerksstabilisierung J1153

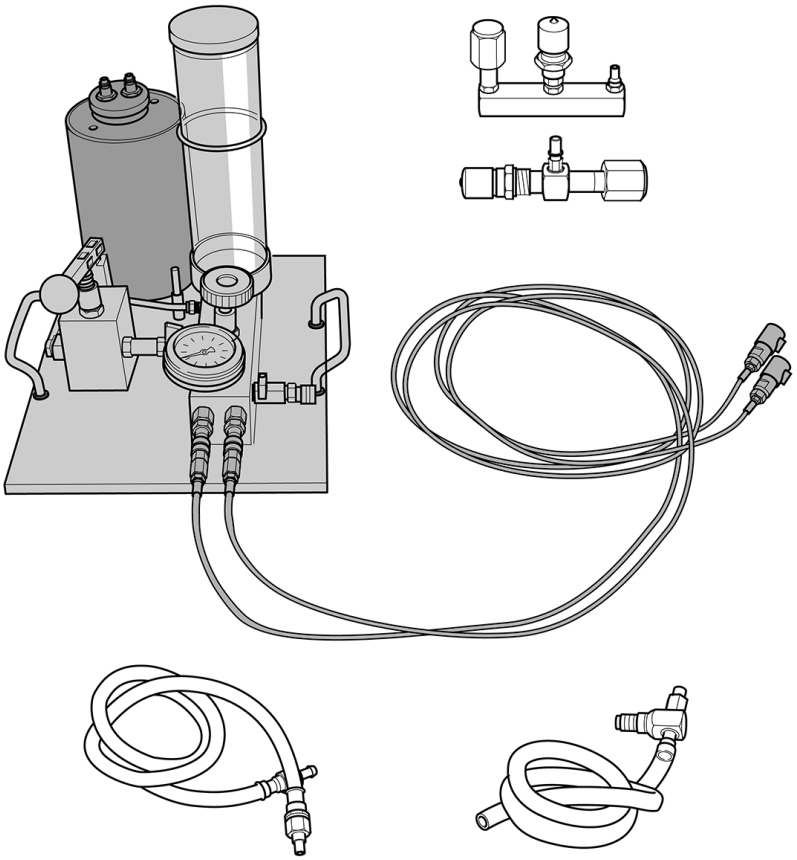
Die Diagnosedaten der Steuergeräte erhält der Diagnosetester vom Steuergerät für Fahrwerk J775 als Schnittstelle.

Die Motorpumpeneinheiten sind als komplette Module inklusive Hydraulikleitungen im spannungsfreien Zustand des Hochvoltsystems ersetzbar. Diese Module und die Dämpfer sind als Ersatzteile bereits mit Hydrauliköl befüllt. Die kombinierten Absperr- und Befüllventile der Dämpfer sind dabei geschlossen, ebenso die Absperrventile an den Schlauchleitungen der Motorpumpeneinheiten. Die Ventile an den Dämpfern dienen im geschlossenen Zustand auch dem Befüllen der Pumpen der Motorpumpeneinheiten und der Leitungen.

Für den Druckabbau vor dem Öffnen der Hydraulikkreise sowie dem Entleeren und Befüllen der Pumpen und Leitungen ist die bereits für die DRC-Systeme (dynamic ride control) eingesetzte Befülleinrichtung VAS 6544 vorgesehen. Die Betätigung (das Öffnen) der Absperrventile an den Schlauchleitungen ist im Service nur einmalig nach dem Einbau einer neuen, bereits vorbefüllten Motorpumpeneinheit zulässig. Vor dem Öffnen eines Hydraulikkreises (bei spannungsfreier Hochvoltanlage) sind die Steuergeräte für Fahrwerksstabilisierung mit dem Fahrzeugdiagnosetester zu deaktivieren (Funktion „Außerbetriebnahme“), die beiden Absperr- und Befüllventile am entsprechenden Dämpfer sind zu schließen, der Systemdruck ist abzubauen und der Hydraulikkreis (Pumpe und Leitungen) ist zu entleeren.

Nach dem Zusammenbau mit Ersatz einer (bereits befüllten) Motorpumpeneinheit sind die beiden Absperr- und Befüllventile am entsprechenden Dämpfer sowie die Absperrventile an den Schlauchleitungen (hier einmalig!) zu öffnen. Entspricht der Druck im Hydraulikkreis den Vorgaben des Reparaturleitfadens, ist keine nachfolgende Befüllung oder Druckabbau durch Einsatz der oben genannten Sonderwerkzeuge erforderlich. Die Druckwerte sind bei der Befüllung mit dem Manometer des VAS 6544 einstellbar. Danach erfolgt die Überprüfung der korrekten, im Reparaturleitfaden angegebenen Drücke mit dem Fahrzeugdiagnosetester (Messwerte lesen). Nach dem Aufheben der Spannungsfreischaltung erfolgt die Inbetriebnahme der Steuergeräte für Fahrwerksstabilisierung. Wird die Motorpumpeneinheit nicht ersetzt, muss das System nach dem Zusammenbau wieder befüllt werden. Entleerte Dämpfer sind grundsätzlich zu ersetzen!

Befülleinrichtung VAS 6544



690_041

Im Hydrauliksystem wird das Öl Pentosin CHF eingesetzt. Dieses teilsynthetische Hochleistungs-Hydrauliköl erfüllt höchste technische Anforderungen. Es garantiert eine optimale Funktion bei allen Betriebszuständen/Temperaturen. Dadurch ermöglicht es einen zuverlässigen lifetime-Betrieb.



690_040

Hinweis
Beachten Sie auch die Warnhinweise und Sicherheitsinformationen im Reparaturleitfaden! Die Angaben des Selbststudienprogrammes dienen der Systemdarstellung und ersetzen nicht die Anweisungen der speziellen, für Reparatur und Fehlersuche erstellten Servicesysteme (Diagnoseprogramme des Fahrzeugdiagnosetesters, Reparaturleitfaden).

Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten.

Copyright
AUDI AG
I/VH-53
service.training@audi.de

AUDI AG
D-85045 Ingolstadt
Technischer Stand 12/2024