Service.

Selbststudienprogramm 275

Der Phaeton
Luftfederung mit geregelter Dämpfung

Konstruktion und Funktion



Die Verbindung zwischen Straße und Fahrzeug wird über die Bauteile des Fahrwerkes hergestellt.
Die Forderungen nach maximalem Komfort für die Fahrzeuginsassen, optimaler Fahrsicherheit des Fahrzeuges und minimaler Geräuschübertragung der Fahrbahngeräusche in den Fahrzeuginnenraum stellen hohe Anforderungen an die Entwickler des Fahrwerkes.

Fahrzeuge, die gehobenen Komfortansprüchen entsprechen sollen, stellen deshalb eine besondere Herausforderung bei der Realisierung eines Kompromisses zwischen allen Anforderungen an das Fahrwerk dar.

Eine Lösung ist ein geregeltes Fahrwerk bestehend aus ...

– einer volltragenden Niveauregelanlage **4**-**C**orner-**L**uftfederung (**4CL**)

  in Kombination mit

– einer kontinuierlich verstellbaren Dämpferregelung
  (**C**ontinuous **D**amping **C**ontrol, **CDC**-Dämpfer).

  Die Regelung arbeitet nach der „Skyhook (Himmelshaken)-Regelstrategie“.

Ein derartiges Fahrwerk setzt erstmalig bei Volkswagen im Phaeton ein.

Das System wird in diesem Selbststudienprogramm beschrieben.



275_024

NEU

Achtung Hinweis

**Das Selbststudienprogramm stellt die Konstruktion und Funktion von Neuentwicklungen dar!
Die Inhalte werden nicht aktualisiert.**

Aktuelle Prüf-, Einstell- und Reparaturanweisungen entnehmen Sie bitte der dafür vorgesehenen KD-Literatur.

Auf einen Blick

Grundlagen Feder-/Dämpfersystem 4

Grundlagen Luftfederung 11

Grundlagen Dämpfung 17

Systembeschreibung 21

Aufbau und Funktion 36

Eigendiagnose 64

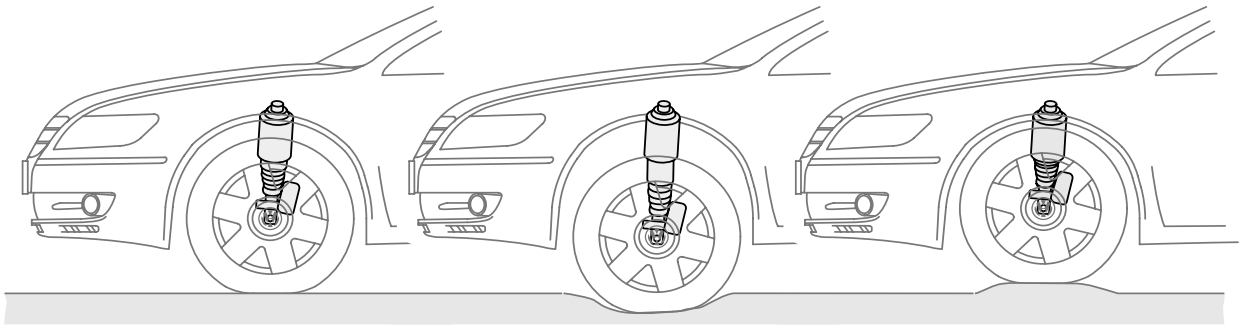
Prüfen Sie Ihr Wissen. 66

Grundlagen Feder-/Dämpfersystem

Die Fahrzeugfederung

Im Fahrbetrieb wirken äußere Kräfte und Stöße auf das Fahrzeug ein, die Bewegungen und Schwingungen in Richtung der drei Raumachsen des Fahrzeuges (Quer-, Längs- und Hochachse) hervorrufen.
Durch eine gute Abstimmung zwischen dem Federungs- und dem Schwingungsdämpfungssystem gilt es, die Auswirkungen auf den Fahrkomfort, die Fahrsicherheit und die Betriebssicherheit zu optimieren.

Grundsätzlich kann bei der Fahrzeugfederung zwischen dem Federungs- und dem Schwingungsdämpfungs-System unterschieden werden. Aufgabe beider Systeme ist, die auftretenden Kräfte aufzunehmen, abzubauen und möglichst vom Fahrzeugaufbau fernzuhalten.

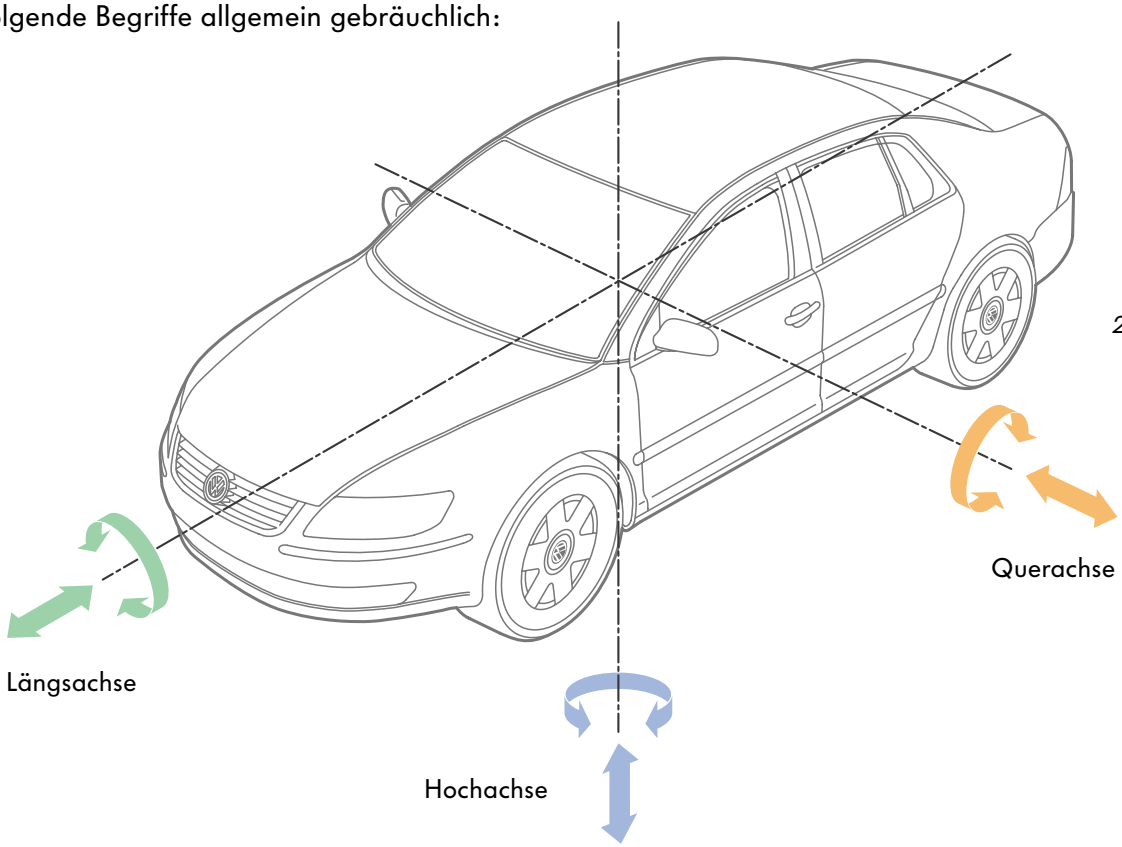


275_001

Fahrsicherheit	Der für das Lenken und Bremsen wichtige ständige Fahrbahnkontakt wird aufrechterhalten.
Fahrkomfort	Gesundheitsschädliche oder unangenehme Schwingungen werden von den Passagieren ferngehalten und das Ladegut wird nicht beschädigt.
Betriebssicherheit	Die Fahrzeugaufbauten und Baugruppen werden vor hohen Stoß- und Schwingungsbelastungen geschützt.

Schwingungsarten am Kraftfahrzeug

Außer der Auf- und Abbewegung des Fahrzeuges treten während der Fahrt auch noch Schwingungen um die drei Raumachsen und in Richtung der drei Raumachsen (Längs-, Quer- und Hochachse) des Fahrzeuges auf.
Für diese Schwingungen des Kraftfahrzeuges sind folgende Begriffe allgemein gebräuchlich:



275_009

Zucken	Schwingungen in Richtung der Längsachse (Ruckeln)
Wanken	Dreh-Schwingungen um die Längsachse (Schlingern, Rollen, Kippen)
Schieben	Schwingungen in Richtung der Querachse
Nicken	Dreh-Schwingungen um die Querachse (Stampfen)
Hubschwingen	Schwingungen in Richtung der Hochachse (Stoßen, Heben und Senken)
Gieren	Dreh-Schwingungen um die Hochachse

Grundlagen Feder-/Dämpfersystem



Die Schwingungen

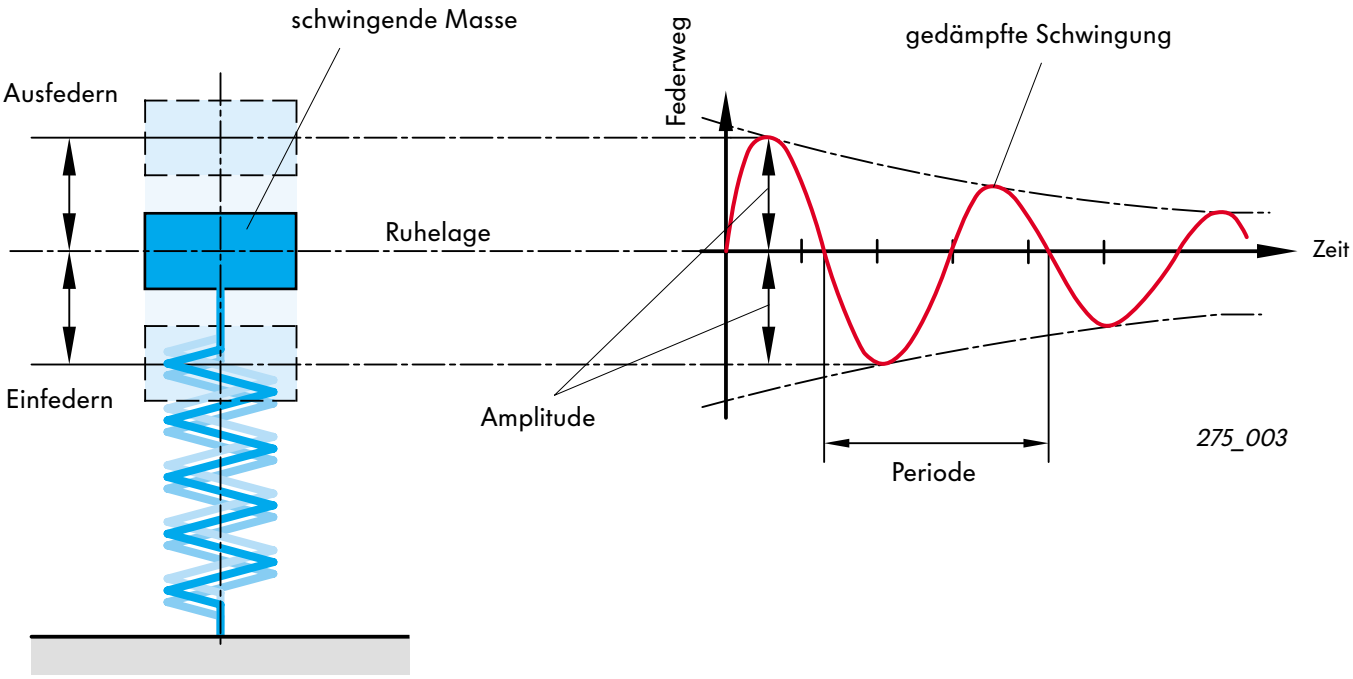
Das Gesamtsystem - Reifen-Federelement-Karosserie-Fahrzeugsitz - bildet ein schwingungsfähiges System, das heißt, wenn eine äußere Kraft, beispielweise ein Fahrbahnstoß, auf dieses System einwirkt, schwingt es um seine Ruhelage hin und her.
Diese Schwingungen wiederholen sich so lange, bis sie durch innere Reibung abklingen.

Die Schwingungen werden durch ihre Amplitude und Frequenz bestimmt.

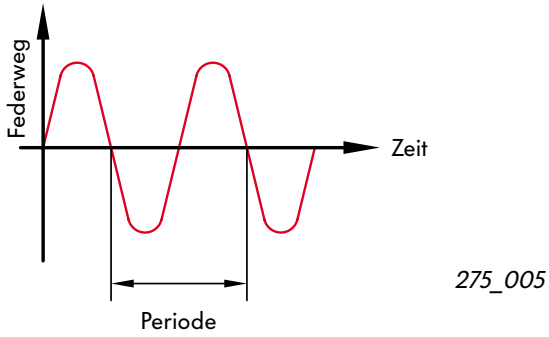
Bei Fahrwerksabstimmungen kommt der Aufbaueigenfrequenz besondere Bedeutung zu.
Je nach persönlichem Empfinden führt eine Aufbaueigenfrequenz unter 1 Hz zu Übelkeit.
Frequenzen oberhalb von 1,5 Hz beeinträchtigen den Fahrkomfort und ab 5 Hz werden sie als Erschütterungen empfunden.
Die Aufbaueigenfrequenz wird im Wesentlichen durch die Federrate und von der Größe der gefederten Masse bestimmt.

Definitionen:

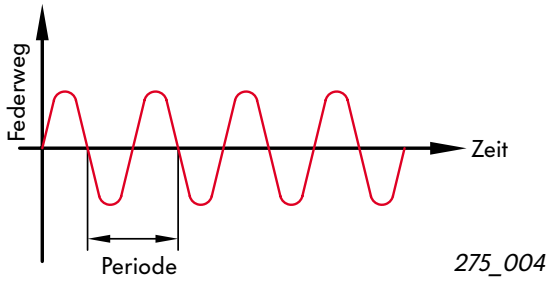
Schwingung	Auf- und Abbewegung einer Masse (Beispiel Fahrzeugaufbau Aus- und Einfedern)
Amplitude	maximaler Abstand einer schwingenden Masse von ihrer Ruhelage (Schwingweg, Federweg)
Periode	Schwingungsdauer einer einzelnen vollständigen Schwingung
Frequenz	Anzahl der Schwingungen (Perioden) pro Sekunde 1 Schwingung pro Sekunde = 1 Hz (Hertz)
Eigenfrequenz	Anzahl der freien Schwingungen der gefederten Masse pro Sekunde
Resonanz	Sie tritt auf, wenn ein schwingungsfähiges System bereits bei minimaler Anregung maximale Amplituden erreicht (Aufschaukeln bei Annäherung an die Eigenfrequenz).
Dämpfung	beschreibt das Abklingen der Schwingungen



Größere Massen oder weichere Federn ergeben bei größeren Federwegen (Amplituden) eine niedrigere Aufbaueigenfrequenz.



Kleinere Massen oder härtere Federn ergeben bei geringeren Federwegen höhere Aufbau-eigenfrequenzen.





Die Rad-Eigenfrequenz (Eigenfrequenz der ungefederten Massen) liegt bei etwa 10 bis 16 Hz.

Grundlagen Feder-/Dämpfersystem

Das Federungssystem

Die Federwirkung der Reifen, die Fahrzeugfedern und die Federwirkung der Fahrzeugsitze bilden das Federungssystem des Fahrzeuges.
Als „tragende“ Komponente dieses Systems bilden die Federdämpferelemente die Verbindung zwischen Radaufhängung und Karosserie.
Als Federelemente können zum Beispiel

- Stahlfedern (Blatt-, Schrauben-, Drehstabfedern),
- Luftfedern (Rollbalg-, Torusbalgfedern),
- Hydropneumatische Federn (Kolben-, Membran-Hydrospeicher),
- Gummifedern,
- Stabilisatoren oder
- Kombinationen daraus

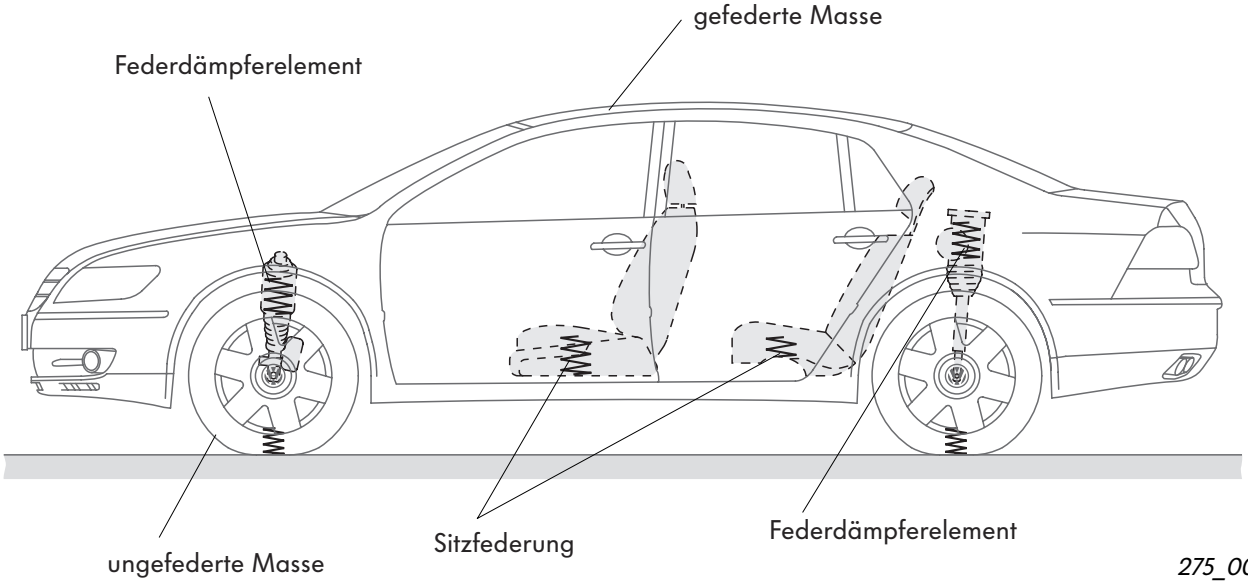
zum Einsatz kommen.

Am Fahrzeug wird zwischen den **ungefederten Massen** (Räder, Bremsen, Achs-Antriebswellen und Radlager und Radlagergehäuse) und den **gefederten Massen** (Fahrzeug-Aufbau mit Teilen des Fahrwerkes und dem Antriebsstrang) unterschieden.

Grundsätzlich wird bei der Fahrzeugabstimmung angestrebt, die ungefederten Massen möglichst klein zu halten.
Dadurch werden Einflüsse auf das Schwingungsverhalten des Aufbaues minimiert und das Ansprechverhalten der Federung und damit der Fahrkomfort verbessert.

Beiträge zur Verringerung der ungefederten Massen leisten zum Beispiel:

- Fahrwerksteile aus Leichtmetall,
- Bremssättel aus Leichtmetall,
- Hohlspeichenräder aus Leichtmetall und
- gewichtsoptimierte Reifen.



275_002

Die Federkenngrößen

Belastet man eine Feder in einer Federpresse mit einer ansteigenden Kraft und erfasst die Wegänderung in Abhängigkeit von der aufgewendeten Kraft, so erhält man für diese Feder die Federkennlinie.

Aus dem Verhältnis zwischen Kraftänderung und der Wegänderung wird die Federrate **c** errechnet.

c = Kraft : Weg [N/cm]

Die Federkennlinie einer „harten“ Feder ist steiler als die einer „weichen“ Feder.
Ist die Federrate über den gesamten Federweg konstant, so hat die Feder eine lineare Charakteristik.
Wird die Federrate über dem Federweg größer, so hat die Feder eine „progressive“ Kennlinie.

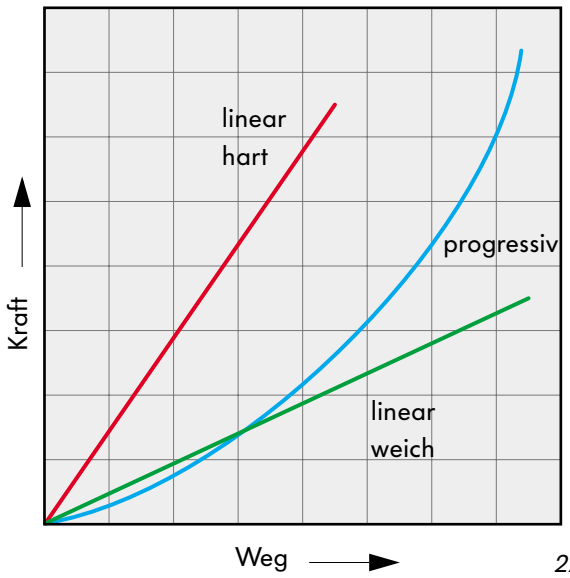
Die Kennlinie einer Schraubenfeder kann beeinflusst werden durch:

- den Federdurchmesser,
- den Federdrahtdurchmesser und
- die Windungsanzahl der Feder.

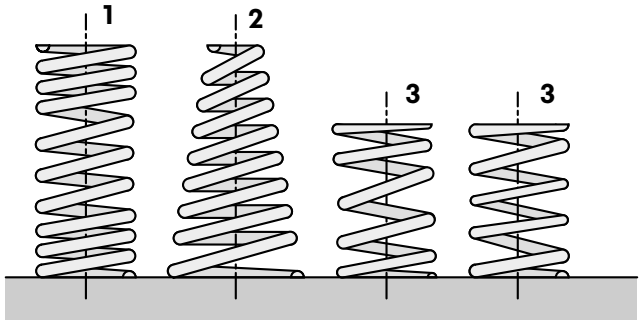
Federn mit progressiver Kennlinie erkennt man unter anderem an:

- ungleicher Wicklungssteigung (1),
- konischer Wicklungsform (2),
- konischem Drahtdurchmesser (3) und
- der Kombination mehrerer Federelemente.

Beispiele für Federkennlinien



275_006



275_007

Grundlagen Feder-/Dämpfersystem

Die Federwege

Der erforderliche Federweg s_{ges} eines Fahrzeuges ohne Niveauregelung setzt sich aus der statischen Einfederung s_{stat} und den durch Fahrzeugschwingungen entstehenden dynamischen Federwegen s_{dyn} bei leerem und vollbeladenem Fahrzeug zusammen.

$$s_{ges} = (s_{stat(voll)} - s_{stat(leer)}) + s_{dyn}$$

Der statische Federweg s_{stat} ist der Federweg, um den das Fahrzeug im Stillstand je nach Zuladung einfedert. Er ergibt sich aus der Differenz zwischen der statischen Einfederung voll beladen $s_{stat(voll)}$ und der statischen Einfederung leer $s_{stat(leer)}$.

$$s_{stat} = s_{stat(voll)} - s_{stat(leer)}$$

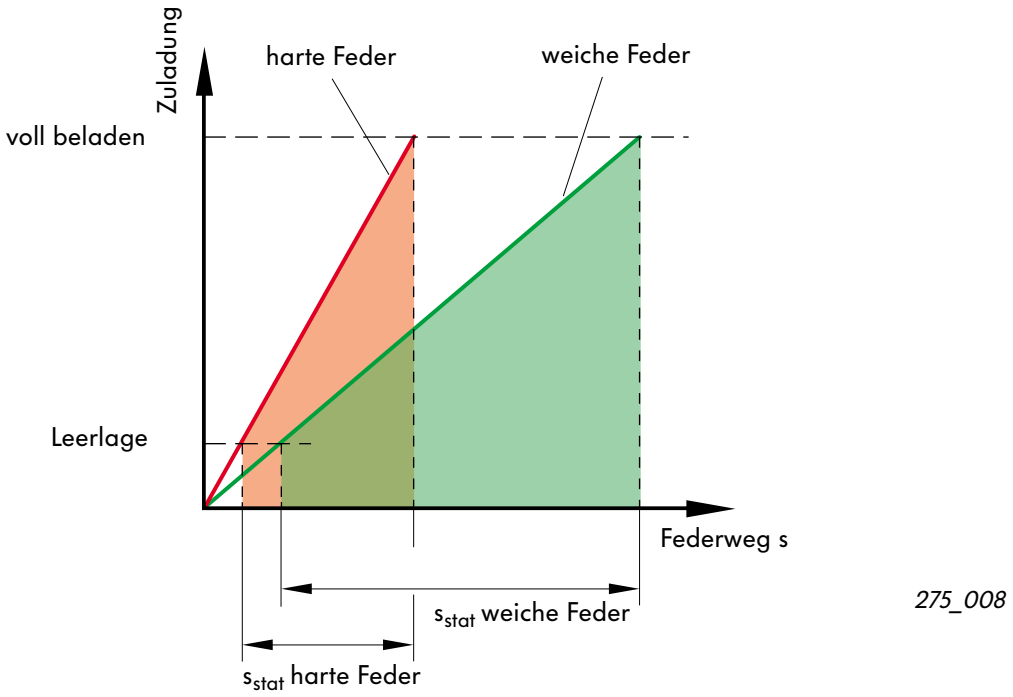
Bei einer flachen Federkennlinie (weiche Feder) ist diese Differenz und damit die statische Einfederung zwischen leer und voll beladen groß.
Bei einer steilen Federkennlinie (harten Feder) ist die statische Einfederung klein.

Definition:

Die **Leerlage** ist die Einfederung, die sich ergibt, wenn das fahrfertige Fahrzeug (mit gefülltem Kraftstofftank, Bordwerkzeug und Reserverad ohne Fahrer) auf den Rädern steht.

Die **Konstruktionslage** ist die Fahrzeuglage, in die das Fahrzeug aus der Leerlage durch die zusätzliche Beladung mit drei Personen zu je 68 kg Masse übergeht.

Die **Regellage** ist die Lage, in der das Fahrzeug - unabhängig von dem Beladungszustand- mit Hilfe der Niveauregelung der Luftfederung gehalten wird.



275_008

Die Luftfederung

Die Luftfederung ist eine niveauregelbare Fahrzeugfederung und kann mit regelbaren Schwingungs-Dämpfersystemen kombiniert sein.

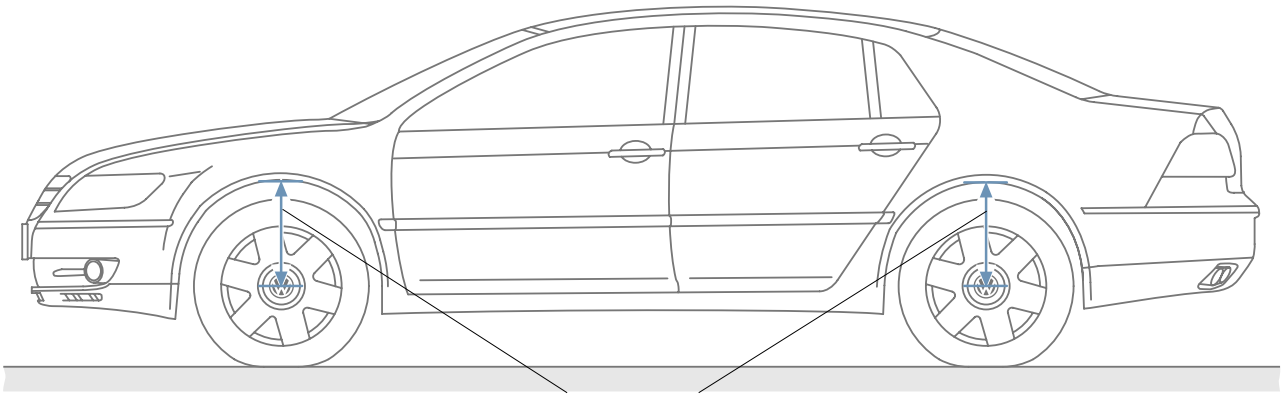
Eine Niveauregelung ist bei einer Luftfederung relativ einfach zu realisieren.
Durch die Niveauregelung wird die Fahrzeugkarosserie statisch immer auf einem konstanten Fahrzeugniveau (Regellage = konstanter Abstand zwischen Mitte Rad und Unterkante Kotflügel), das heißt in einer bestimmten Bodenfreiheit über dem Fahrbahnbelag gehalten.

Durch Anpassen des in den Luftfedern wirkenden Druckes und der damit verbundenen Luftvolumenänderung in den jeweiligen Luftfederbeinen wird die Niveauregelung erreicht.

Die statische Einfederung wird ladungsunabhängig immer gleich auf $s_{stat} = 0$ geregelt.

Die Vorteile einer Niveauregelung sind:

- das Fahrzeug kann komfortabler abgefedert werden,
- das statische Fahrzeugniveau ist unabhängig von dem Beladungszustand immer gleich,
- weniger Reifenverschleiß,
- keine ladungsabhängige c_w-Wertänderung,
- Erhaltung der maximalen Aus- und Einfederwege in allen Beladungszuständen,
- Erhaltung der vollen Bodenfreiheit (auch bei maximaler Zuladung) und
- keine Spur- und Sturzveränderungen bei Zuladungsänderungen.



Regellage

275_010

Grundlagen Luftfederung

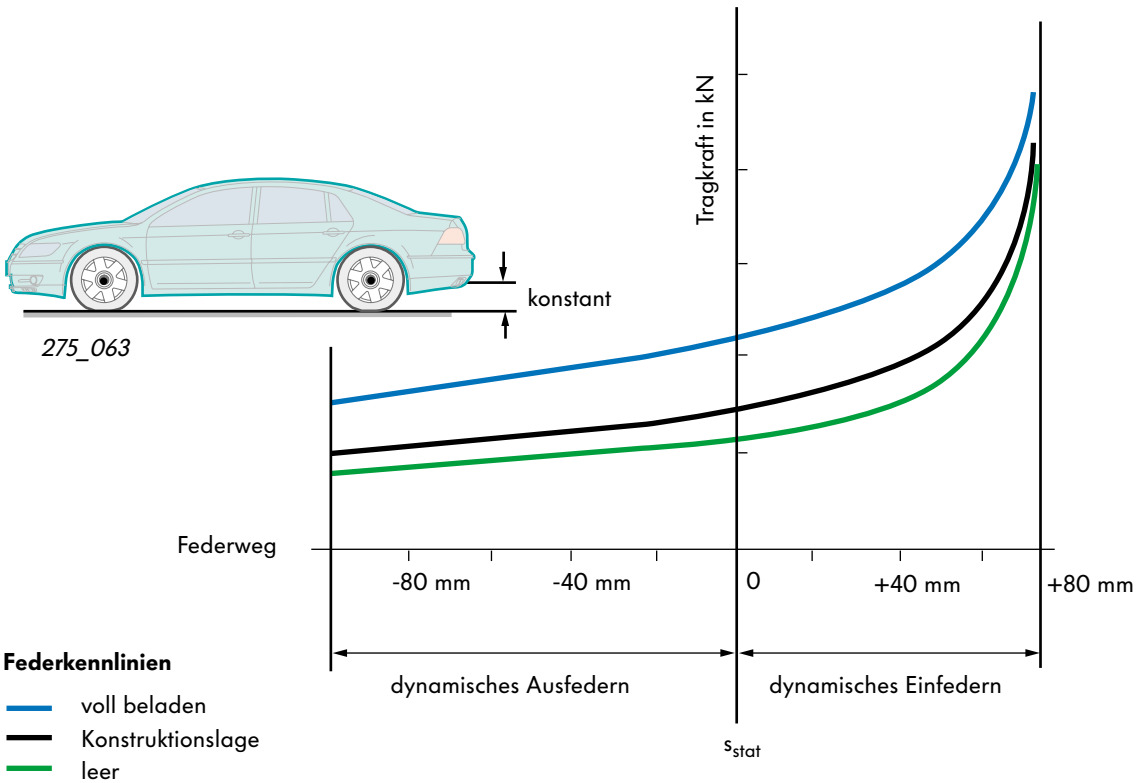
Neben den genannten prinzipiellen Vorteilen der niveaugeregelten, volltragenden Luftfederung ist es auch möglich, mittels der Luftfederung unterschiedliche Fahrzeugniveaus einzustellen.

Am Phaeton sind drei Fahrzeugniveaus realisiert:

- das Normalniveau,
- ein angehobenes Hochniveau für schlechte Straßen oder Gelände und
- ein sich bei schneller Autobahnfahrt automatisch einstellendes Tiefniveau.



„Volltragend“ heißt, dass ausschließlich Luftfedern als tragende Federelemente an allen Rädern eingesetzt sind. Kombinierte Federungssysteme, die aus einer Kombination von Stahl- und Gasdruckfedern mit hydraulischer oder pneumatischer Regelung bestehen, werden als „teiltragend“ bezeichnet.



Die Kenngrößen der Luftfeder

Federkraft/Federrate

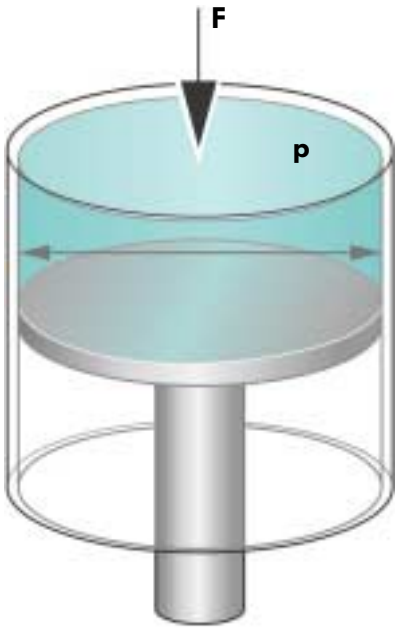
Die Federkraft **F** (Tragkraft) einer Luftfeder wird durch deren geometrische Abmessung (der wirksamen Kreisfläche $\mathbf{A_w}$) und dem in der Luftfeder wirkenden Überdruck **p** bestimmt.

$$\mathbf{F}\ [N] = \mathbf{A_w}\ [cm^2] \times \mathbf{p}\ [N/cm^2]$$

Die wirksame Kreisfläche $\mathbf{A_w}$ wird durch den wirksamen Kreisdurchmesser $\mathbf{d_w}$ bestimmt.

$$\mathbf{A_w}\ [cm^2] = \boldsymbol{\pi} \times (\mathbf{d_w})^2 : \mathbf{4}\ [cm^2]$$

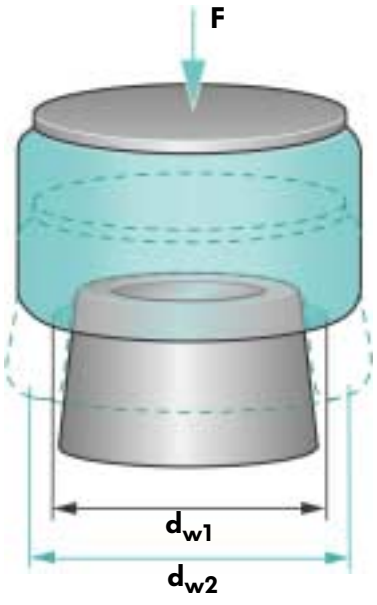
$\boldsymbol{\pi}$ = 3,14... Konstante „Pi“ zur Kreisberechnung



275_011

Bei einem Kolben im Zylinder entspricht der Kolbendurchmesser dem wirksamen Kreisdurchmesser.

Der wirksame Durchmesser des Luftfeder-Rollbalges wird durch den Durchmesser im tiefsten Punkt des Rollbalges bestimmt ($\mathbf{d_{w1}}$ ausgefedert und $\mathbf{d_{w2}}$ eingefedert).
Da dieser wirksame Durchmesser $\mathbf{d_w}$ zum Quadrat in die Formel für $\mathbf{A_w}$ eingeht, bewirken kleine Änderungen dieses Durchmessers bereits relativ große Änderungen der Kreisfläche und damit der Tragkraft der Luftfeder.



275_012

Grundlagen Luftfederung

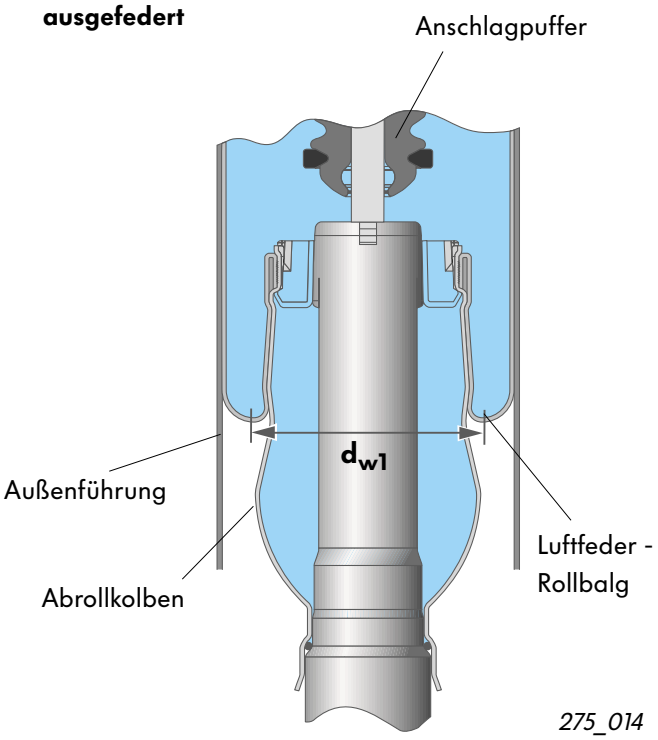
Durch einfache Veränderung des wirksamen Innendruckes **p** in der Luftfeder lässt sich die Tragkraft der Feder der Lastsituation anpassen.

Die unterschiedlichen Drücke - in Abhängigkeit von dem Beladungszustand - ergeben unterschiedliche Federkennlinien bzw. Federraten. Dabei ändern sich die Federraten im gleichen Verhältnis wie das Aufbaugesamtgewicht.
Die für das Fahrverhalten wichtige Aufbaueigenfrequenz bleibt dabei annähernd konstant.

Durch das Einfedern ändert sich der wirksame Luftfeder Rollbalgdurchmesser ($\mathbf{d_w}$ von $\mathbf{d_{w\,1}}$ in $\mathbf{d_{w\,2}}$) durch das Abrollen auf dem Abrollkolben.

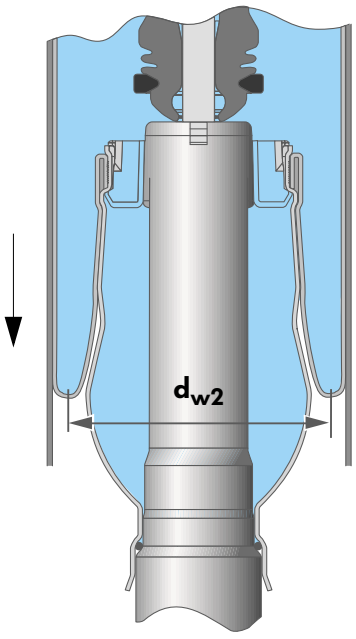
Beispiel für den Einfluss der Kontur des Abrollkolbens auf den wirksamen Durchmesser d_w

ausgefedert



275_014

eingefedert



275_014a

Die Federkennlinie

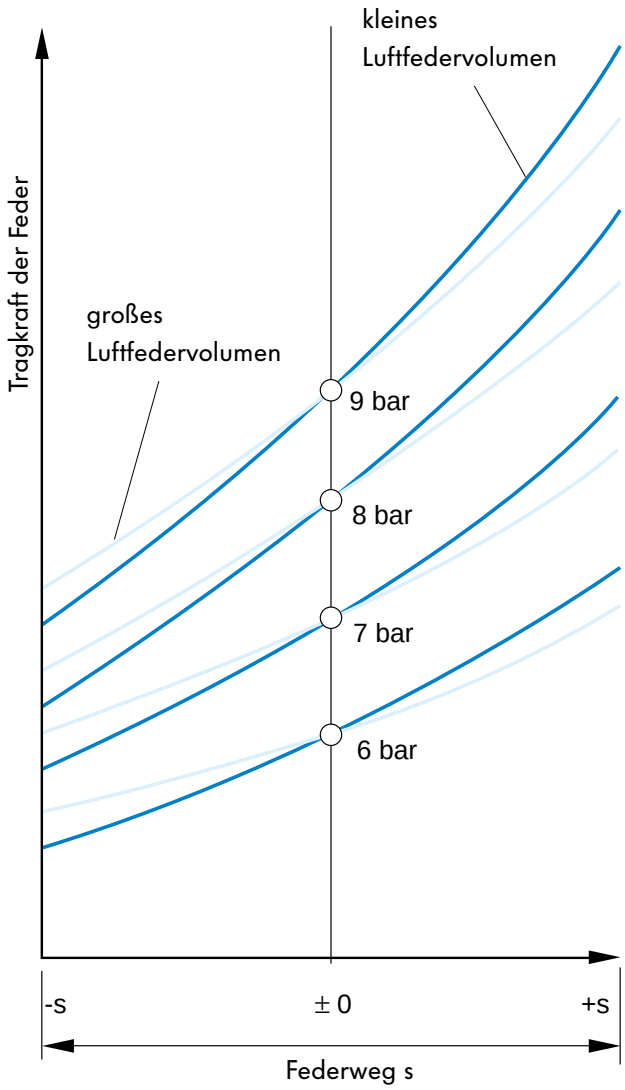
Prinzipiell ist die Federkennlinie einer Luftfeder bei zylindrischen Kolben progressiv.

Der Verlauf der Federkennlinie (Anstieg steil oder flach) wird vom Luftfedervolumen bestimmt.

Durch die dynamische Einfederung wird das vorhandene Luftvolumen komprimiert. Bei gleichem Einfederweg steigen die Drücke in einem kleinvolumigen System stärker als in einem System mit großem Luftfedervolumen.

Ein flacher Verlauf (weiche Feder) der Federkennlinie wird durch ein großes Luftfedervolumen erreicht.
Ein steiler Verlauf (harte Feder) wird dagegen durch ein kleines Luftfedervolumen erzielt.

Durch Gestaltung der Kontur des Abrollkolbens kann Einfluss auf den Verlauf der Kennlinie genommen werden.
Die Änderung der Kontur des Abrollkolbens bewirkt eine Änderung des wirksamen Durchmessers der Luftfeder und damit eine Änderung der Tragkraft (Federkraft) der Luftfeder.



275_015

Zur Abstimmung einer Luftfeder für die erforderliche Anwendung stehen somit folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Größe der wirksamen Fläche A_w,
- Größe des Luftfedervolumens (Luftvolumens) und
- Außenkontur des Abrollkolbens.

Grundlagen Luftfederung

Der Aufbau einer Luftfeder

Bei dem Einsatz von Luftfedern kann man zwischen den Varianten

– „teiltragend“ und
– „volltragend“

unterscheiden.

Von teiltragenden Varianten wird gesprochen, wenn eine Kombination aus Stahl- und Gasdruckfedern die Tragkraft der Luftfeder erbringt.

Eine volltragende Variante wie im Phaeton liegt vor, wenn nur reine Luftfedern als tragende Federelemente fungieren.

Die Luftfeder besteht im Wesentlichen aus

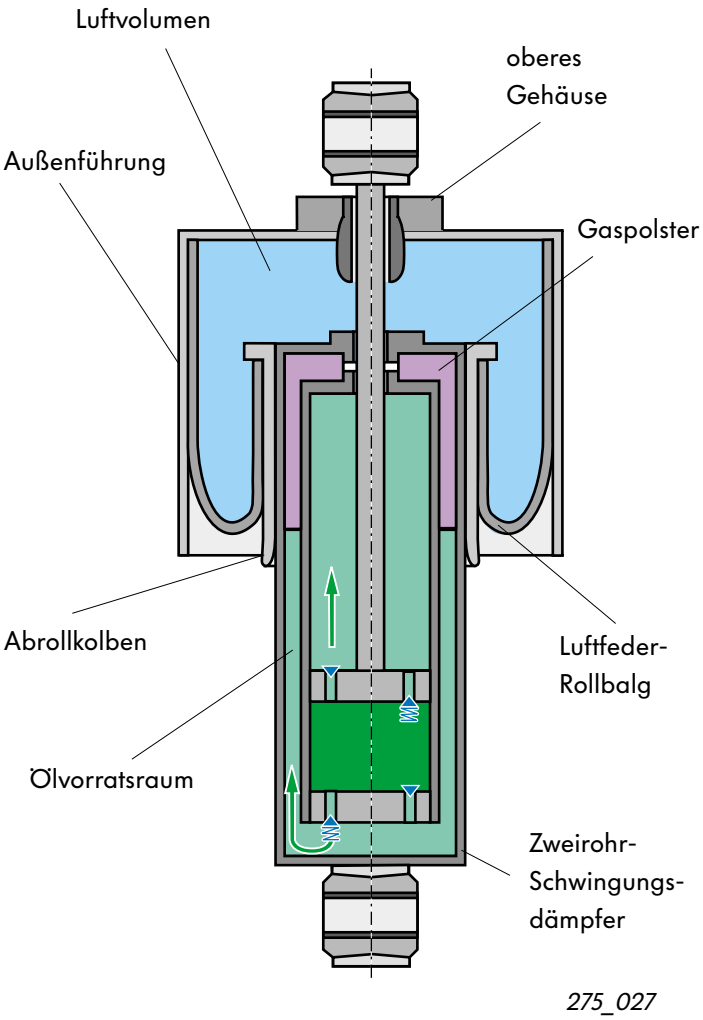
– einem oberen Gehäuse mit Außenführung,
– dem Luftfeder-Rollbalg,
– dem Abrollkolben (unteres Gehäuse),
– gegebenfalls einem Zusatzspeicher und
– dem integrierten Schwingungsdämpfer (Stoßdämpfer).

Der Rollbalg

Der Luftfeder-Rollbalg besteht aus einem speziellen, mehrlagigen hochwertigen Elastomer-Werkstoff mit Gewebeeinlagen aus Polyamidcord als Festigkeitsträger.
Der Festigkeitsträger nimmt die in der Luftfeder auftretenden Kräfte auf.
Die innere Deckschicht ist für die Luftdichtheit besonders ausgelegt.
Die entsprechende Kombination der einzelnen Lagen verleiht dem Luftfeder Rollbalg die guten Abrolleigenschaften sowie ein feinfühliges Ansprechen der Federung.

Die Werkstoffe sind widerstandsfähig gegen alle äußeren Einflüsse in einem Temperaturbereich von –35 °C bis +90 °C.

Beispiel eines Luftfederbeins mit Außenführung (volltragend)



Fällt die metallische Hülse der Außenführung, die zur Aufnahme von Umfangskräften dient, weg, spricht man im Gegensatz zu „außengeführten“ von „ungeführten“ Luftfedern.

Der Schwingungsdämpfer

Die Aufgabe der Schwingungsdämpfer (oft auch Stoßdämpfer genannt) besteht darin, die Schwingungsenergie der Aufbau- und Räderschwingungen möglichst schnell abzubauen. Dies geschieht durch Umwandlung in Wärme.

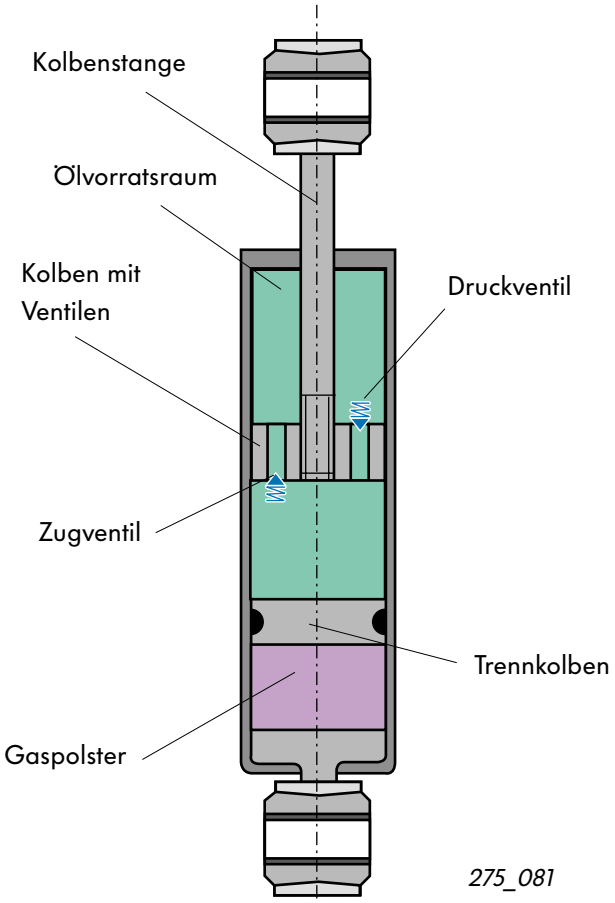
Ohne Schwingungsdämpfer würden sich die in das Fahrzeug eingeleiteten Schwingungen so „aufschaukeln", dass die Räder den Fahrbahnkontakt verlieren könnten. Dadurch wäre das Fahrzeug nicht mehr lenkbar.

Schwingungsdämpfer gibt es in unterschiedlichen Ausführungen.

Der Einrohr-Gasdruckschwingungsdämpfer

Bei dieser Dämpfervariante befinden sich der Arbeits- und der Ölvorratsraum in einem Zylinder (Einrohrdämpfer).
Änderungen des Ölvolumens durch Temperatureinflüsse und durch die beim Einfedern eintauchende Kolbenstange werden durch das unter hohem Druck (ca. 25 bis 30 bar) stehende Gas im Gaspolster ausgeglichen.

Die Dämpfungsventile für die Druck- und die Zugstufe sind im Kolben integriert.



Schema Einrohr-Gasdruckschwingungsdämpfer

Grundlagen Dämpfung

Der Zweirohr-Gasdruckschwingungsdämpfer

Diese Dämpfervariante hat sich als Standard-schwingungsdämpfer durchgesetzt.

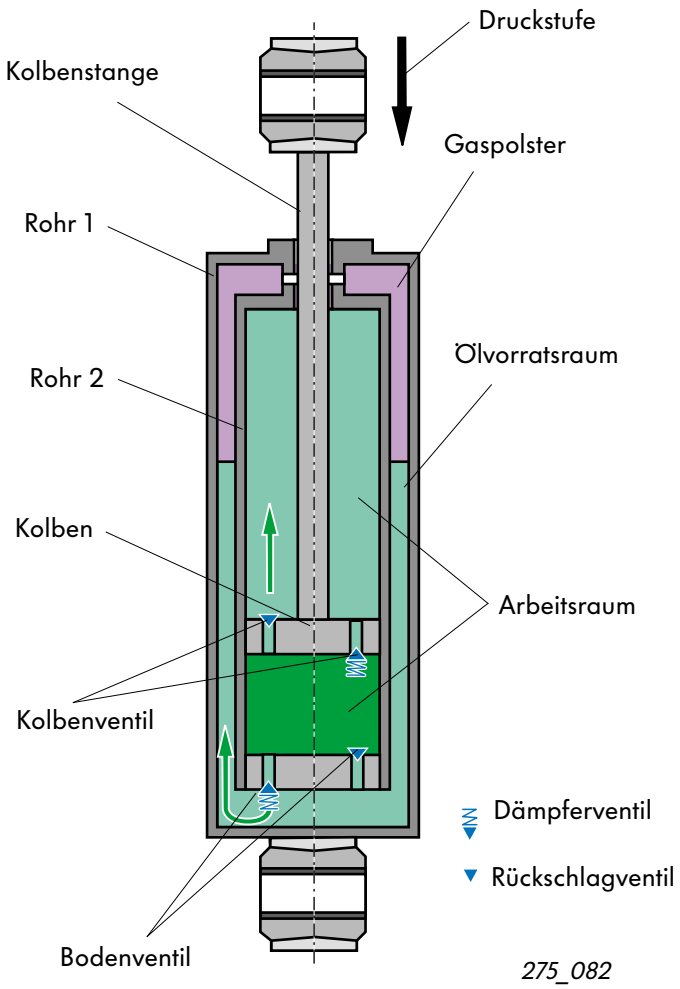
Wie der Name sagt, besteht er aus zwei Rohren, die ineinander gesteckt sind (Zweirohrdämpfer).
Das innere Rohr bildet den Arbeitsraum.
Er ist vollständig mit Hydrauliköl gefüllt.
In ihm bewegen sich der Kolben mit den Kolbenventilen und die Kolbenstange auf und ab.
Nach unten wird der Arbeitsraum durch die Bodenplatte mit den Bodenventilen abgeschlossen.
Das äußere Rohr umschließt den Ölvorratsraum.
Er ist nur teilweise mit Öl gefüllt. Über der Ölfüllung befindet sich ein Gaspolster.

Der Ölvorratsraum dient dazu, Volumenänderungen des Öles im Arbeitsraum auszugleichen.

Die Schwingungsdämpfung erfolgt durch die beiden Dämpfungsventileinheiten am Kolben und am Arbeitsraumboden.
Sie bestehen aus einem System von Federscheiben, Schraubenfedern und Ventilkörpern mit Drosselbohrungen.

Beim Einfedern (Druckstufe) wird die Dämpfung vom Bodenventil und teilweise vom Durchflusswiderstand des Kolbens bestimmt.

Beim Ausfedern (Zugstufe) übernimmt das Kolbenventil allein die Dämpfung.
Es setzt dem nach unten strömenden Öl einen definierten Widerstand entgegen.



Schema Zweirohr-Gasdruckschwingungsdämpfer (Druckstufe)

Die Dämpfungsabstimmung

Bei der Dämpfung wird zwischen einer Druckstufe (Einfedern) und einer Zugstufe (Ausfedern) unterschieden.

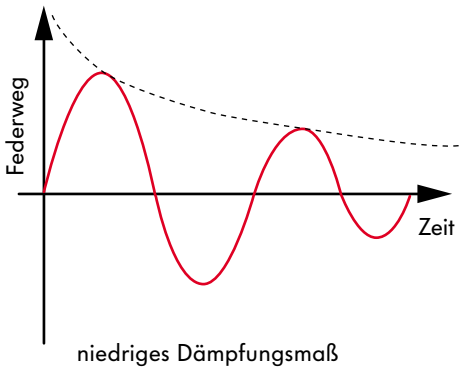
Die Dämpfungskraft in der Druckstufe ist geringer als in der Zugstufe.

Dadurch werden die Fahrbahnstöße nicht so stark auf das Fahrzeug übertragen.
Diese feste Dämpferabstimmung erzeugt einen festen Zusammenhang zwischen Fahrkomfort und Fahrsicherheit.

Für Luxusfahrzeuge werden Dämpfer mit verstellbarer Dämpferabstimmung und kontinuierlicher Regelung eingebaut.
Das Steuergerät ermittelt innerhalb von Millisekunden, welche Dämpfung an welchem Rad realisiert werden muss.

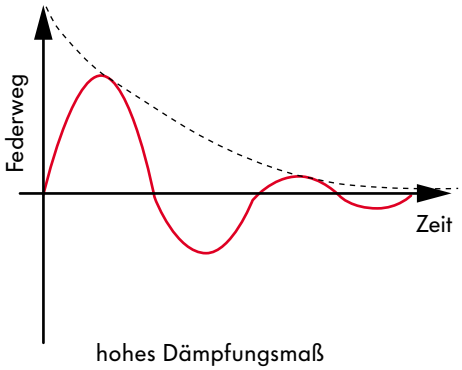
Das **Dämpfungsmaß,** auch **Dämpfungsgrad** genannt, gibt an, wie schnell die Schwingungen abgebaut werden.
Es ist von der Dämpfungskraft des Schwingungsdämpfers und der Größe der gefederten Massen abhängig.

Eine Erhöhung der gefederten Masse reduziert das Dämpfungsmaß, das heißt die Schwingungen werden langsamer abgebaut.
Eine Verringerung der gefederten Massen erhöht das Dämpfungsmaß.



niedriges Dämpfungsmaß

275_017



hohes Dämpfungsmaß

275_018

Grundlagen Dämpfung

Die Dämpfungskraft

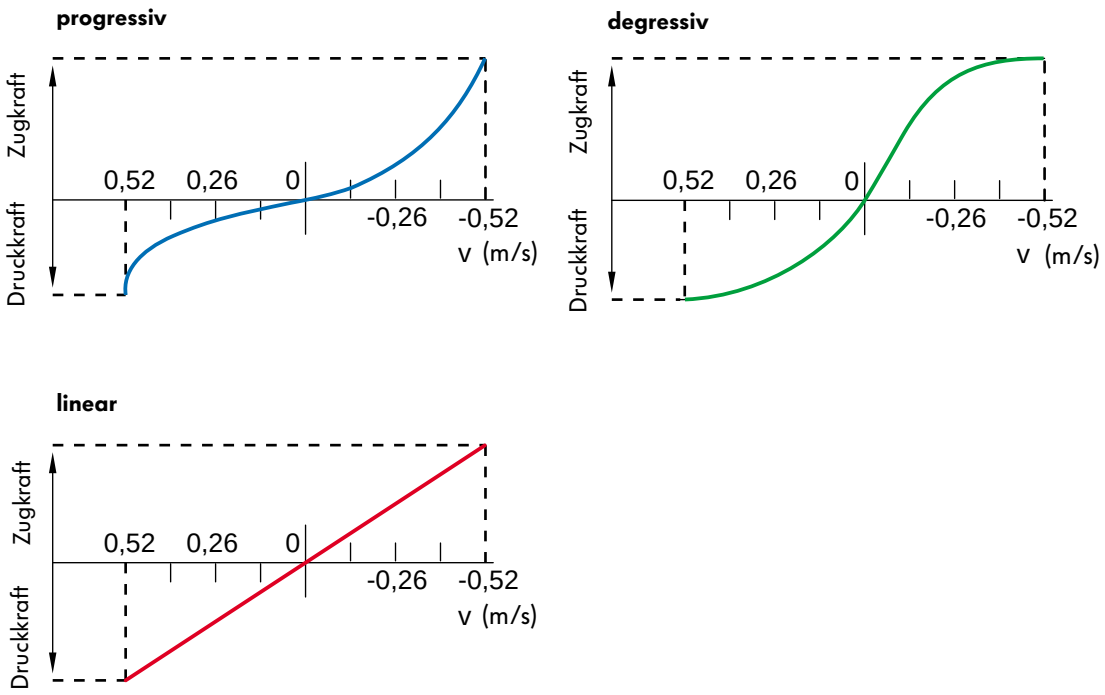
Die Dämpfungskraft eines Schwingungsdämpfers wird mit einer Prüfmaschine ermittelt.
Bei konstantem Hub erzeugt die Maschine unterschiedliche Drehzahlen und dadurch unterschiedliche Aus- und Einfedergeschwindigkeiten des Dämpfers.

Die so ermittelten Werte lassen sich in Kraft-Geschwindigkeit-Diagrammen (F-v-Diagramme) darstellen.

Diese Diagramme zeigen unmittelbar die Charakteristik des Schwingungsdämpfers.

Man unterscheidet progressiv, degressiv und linear wirkende Schwingungsdämpfer.

F-v-Diagramm Kennlinienverläufe



275_019

Die Systembeschreibung

Durch die volltragende **4**-**C**orner-**L**uftfederung (**4CL**) mit kontinuierlich verstellbarer Dämpferregelung (**CDC** - **C**ontinuous **D**amping **C**ontrol) wird das Fahrzeug ladungsunabhängig immer auf einem konstanten Niveau über der Fahrbahn gehalten.
Das heißt zwischen Straße und Fahrzeugboden besteht immer eine, dem Fahrerwunsch oder der Geschwindigkeit angepasste, konstante, statische Bodenfreiheit.

Das Gesamtsystem besteht aus:

- einem Steuergerät für die 4CL/CDC Regelung,
- einer Luftfeder und einem Geber für das Fahrzeugniveau an jeder Achsseite (Corner),
- einem verstellbaren Schwingungsdämpfer je Achsseite, integriert in das Luftfederbein,
- einem Kompressor mit Lufttrockner und Temperaturgeber,
- einem Magnetventilblock mit vier Ventilen, einem Ablassventil, einem Druckspeicherventil sowie einem integrierten Drucksensor,
- einem Druckspeicher,
- Luftleitungen vom Kompressor zu den einzelnen Luftfederbeinen und zum Druckspeicher,
- an jedem Luftfederbein einem Geber für die Radbeschleunigung (Messbereich ± 13 g) und
- drei Gebern für die Aufbaubeschleunigung (Messbereich ± 1,3 g).

Im Phaeton sind drei Höhenniveaus realisiert (von denen NN und HN durch den Fahrer anwählbar sind):

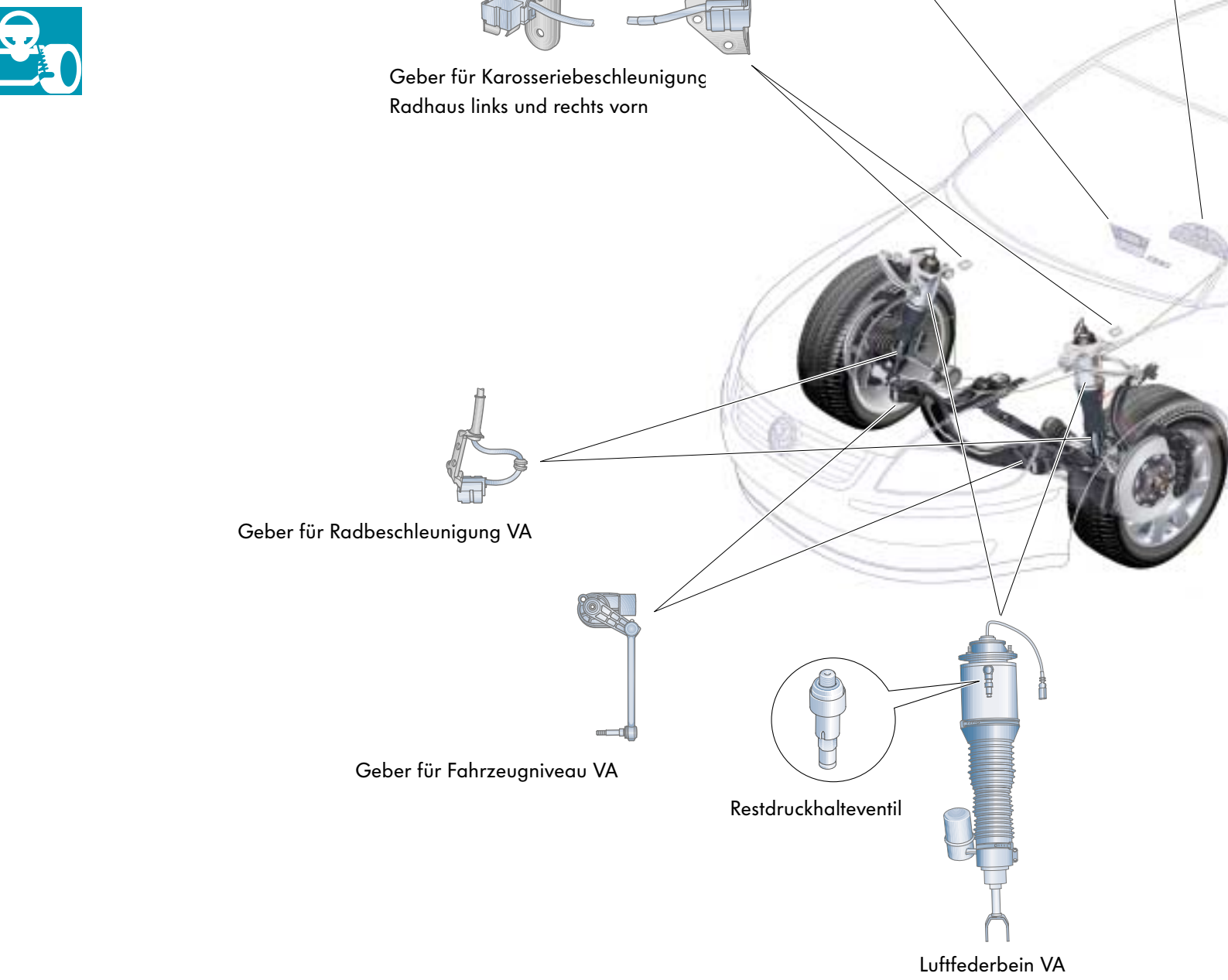
- ein **Normalniveau** (**NN**),
- ein **Hochniveau** (**HN**), welches 25 mm über dem NN liegt und für Fahrten auf schlechten Wegen gedacht ist und
- ein **Tiefniveau** (**TN**), welches 15 mm unter dem NN liegt. Es wird geschwindigkeitsabhängig automatisch angefahren (bei schneller Autobahnfahrt) und auch automatisch wieder verlassen wird.

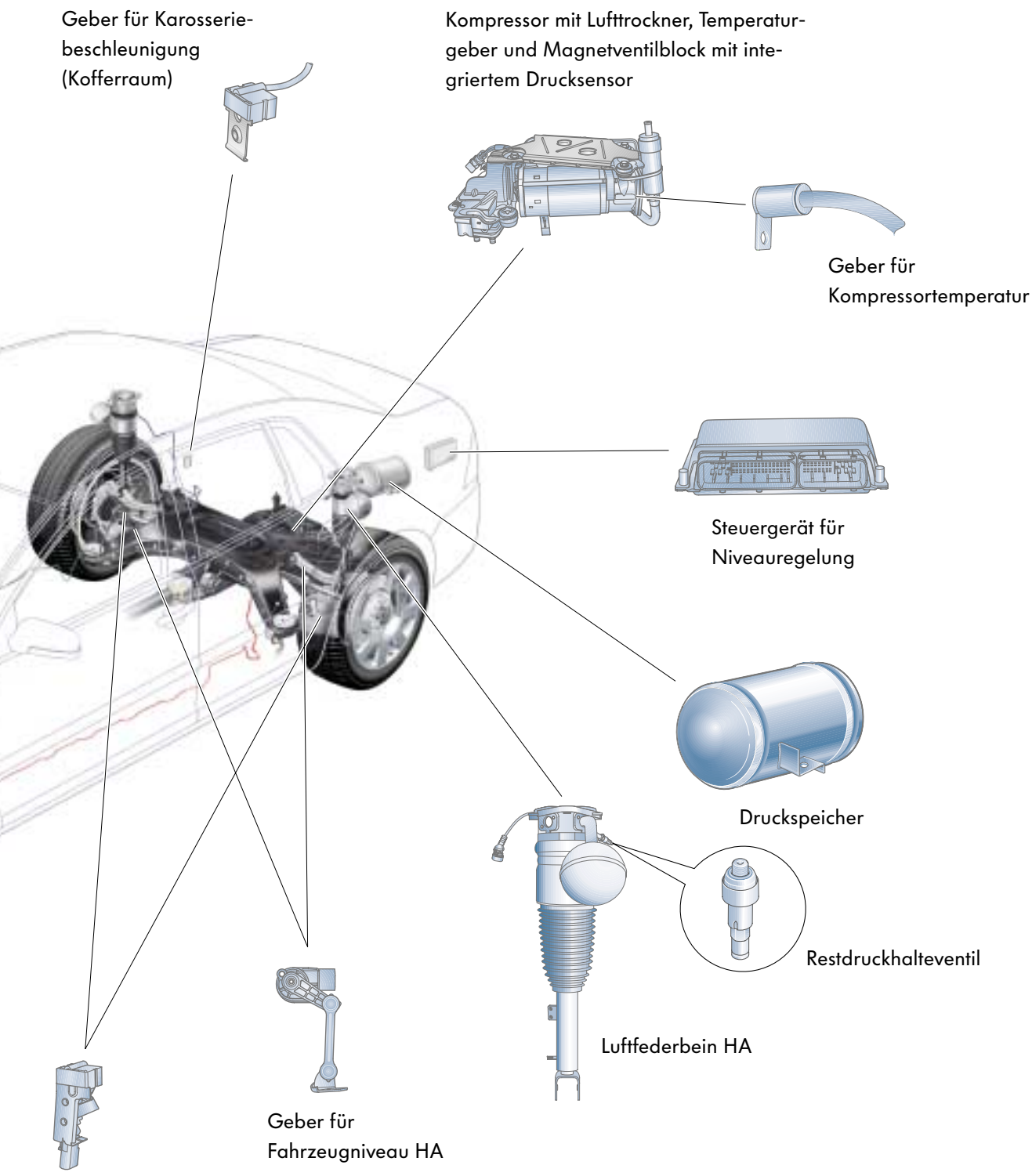
Durch eine speziell ausgelegte Regelstrategie wird fahrsituationsabhängig automatisch auf andere Niveaus gewechselt. Hierbei erfolgen Regelungen im Hintergrund, die vom Fahrer im Normalfall nicht bemerkt werden.
Bei schneller Fahrt wird automatisch vom Hochniveau in das fahrdynamisch sichere Normalniveau abgesenkt und bei noch schnellerer Fahrt automatisch weiter in das vom Fahrer nicht anwählbare Tiefniveau.
Beim Unterschreiten einer bestimmten Geschwindigkeit wird das Tiefniveau automatisch verlassen.

Die Dämpfereinstellung „Komfort“ ändert sich bei höheren Geschwindigkeiten automatisch in Richtung „sportlich straff“, um Handling und Spurtreue zu gewährleisten.

Systembeschreibung

Das System und seine Komponenten




Geber für Karosserie-beschleunigung (Kofferraum)
Kompressor mit Lufttrockner, Temperatur-geber und Magnetventilblock mit inte-griertem Drucksensor
Geber für Kompressortemperatur
Steuergerät für Niveauregelung
Druckspeicher
Restdruckhalteventil
Luftfederbein HA
Geber für Fahrzeugniveau HA
Geber für Radbeschleunigung HA

275_020

Systembeschreibung

Die Bedienung und Anzeige

Als erstes Fahrzeug von Volkswagen wird der Phaeton mit einem niveaugeregelten Fahrwerk ausgestattet.

Es besteht für die Vorder- und die Hinterachse aus einer

- volltragenden Luftfeder mit Niveauregelanlage in Kombination mit
- einem kontinuierlich verstellbaren Schwingungsdämpfer.

Die zentrale Steuereinheit für das geregelte Fahrwerk ist das Steuergerät für Niveauregelung J197.

Die Bedienung des Systems erfolgt über den Taster für Dämpfungsverstellung oder den Taster für Niveauregelung nach Bedienungsanleitung.

Diese Taster befinden sich in der Mittelkonsole hinter dem Wählhebel.
Durch das Betätigen des jeweiligen Tasters öffnet sich im Display des Infotainments je ein Pop-Up-Menü, mit dem zwischen

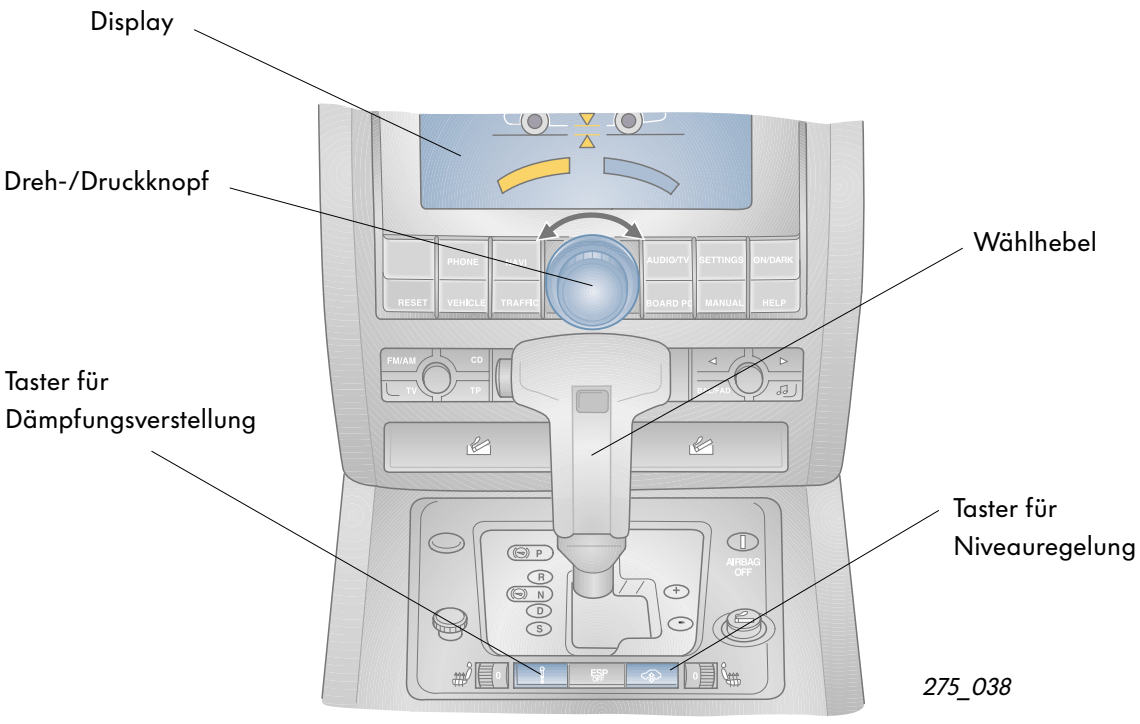
zwei Fahrzeugniveaus

- **N**ormal**n**iveau **NN** (voreingestellt) und
- **H**och**n**iveau **HN**

und vier **Dämpferabstimmungen**

- Komfort,
- Basis (voreingestellt),
- Sport 1 und
- Sport 2

mit Hilfe des Dreh-/Druckknopfes ausgewählt werden kann.



Die Niveaueinstellung

Zur Einstellung des Fahrzeugniveaus muss der Taster für Niveauregelung gedrückt werden.
Durch Drehen am Dreh-/Druckknopf kann zwischen **H**och**n**iveau **HN** oder **N**ormal**n**iveau **NN** gewählt werden.
Im Display erscheint das entsprechende Bild für das gewählte Niveau.

Bei eingestelltem Hochniveau leuchtet der Taster für Niveauregelung.
Durch das Drücken des Dreh-/Druckknopfes wird die Anzeige verlassen.

Normalniveau



275_034

Hochniveau



275_035

Systembeschreibung

Die Dämpfereinstellung

Zur Wahl der Dämpfereinstellung muss der Taster für Dämpferverstellung gedrückt werden.
Durch Drehen am Dreh-/Druckknopf kann eine der vier Dämpferabstimmungen:

- Komfort,
- Basis (voreingestellt),
- Sport 1 und
- Sport 2

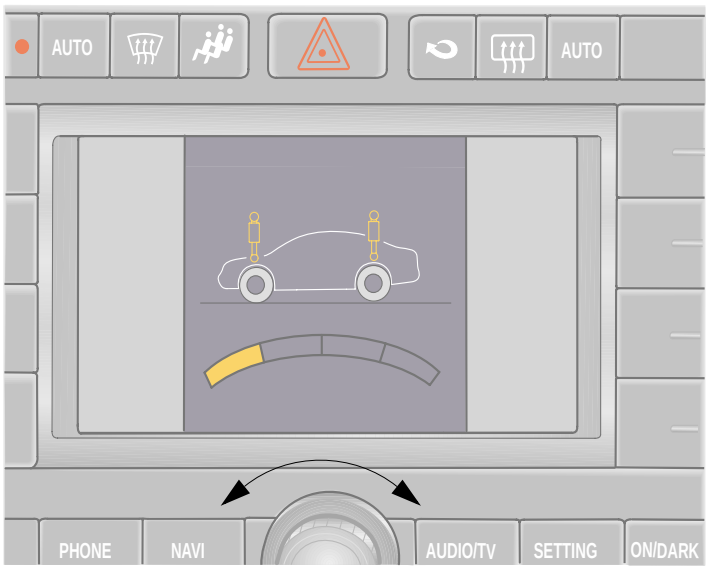
gewählt werden.
Das entsprechende Bild erscheint im Display.

Durch das Drücken des Dreh-/Druckknopfes wird die Anzeige verlassen.
In den Einstellungen Komfort, Sport 1 und Sport 2 leuchtet der Taster.



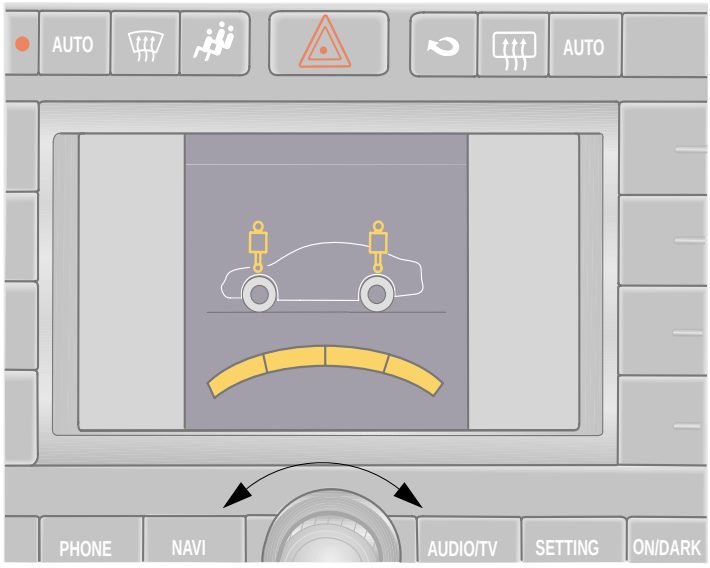
Aus der Stellung „Sport 2“ wird beim Ausschalten der Zündung immer in die „Basis“-Stellung zurückgesetzt.

Komfort



275_036

Sport 2



275_037

Die Regelstrategie der Niveauregelung

Durch vier Geber für das Fahrzeugniveau, die sich zwischen den Achsträgern und den unteren Querlenkern befinden, wird für jedes Rad die Position des Fahrzeugaufbaues gegenüber dem Rad gemessen und mit den im Steuergerät gespeicherten Voreinstellwerten verglichen.
Diese Voreinstellwerte muss das Steuergerät für das jeweilige Fahrzeug „lernen“.

Im Normalfall wird für den Regelbedarf die Luft vom Kompressor (Maximaldruck 16 bar) zur Verfügung gestellt.

Bei Fahrgeschwindigkeiten über 35 km/h führt der Kompressor Regelungen aus.
Bei Bedarf wird außerdem der Druckspeicher nachgefüllt.

Bei Fahrgeschwindigkeiten unter 35 km/h wird aus dem Druckspeicher (5 l Fassungsvermögen) geregelt.
Dazu muss eine ausreichende Druckdifferenz (etwa 3 bar) zwischen dem Druckspeicher und der Luftfeder bestehen.

Be- oder Entladevorgänge

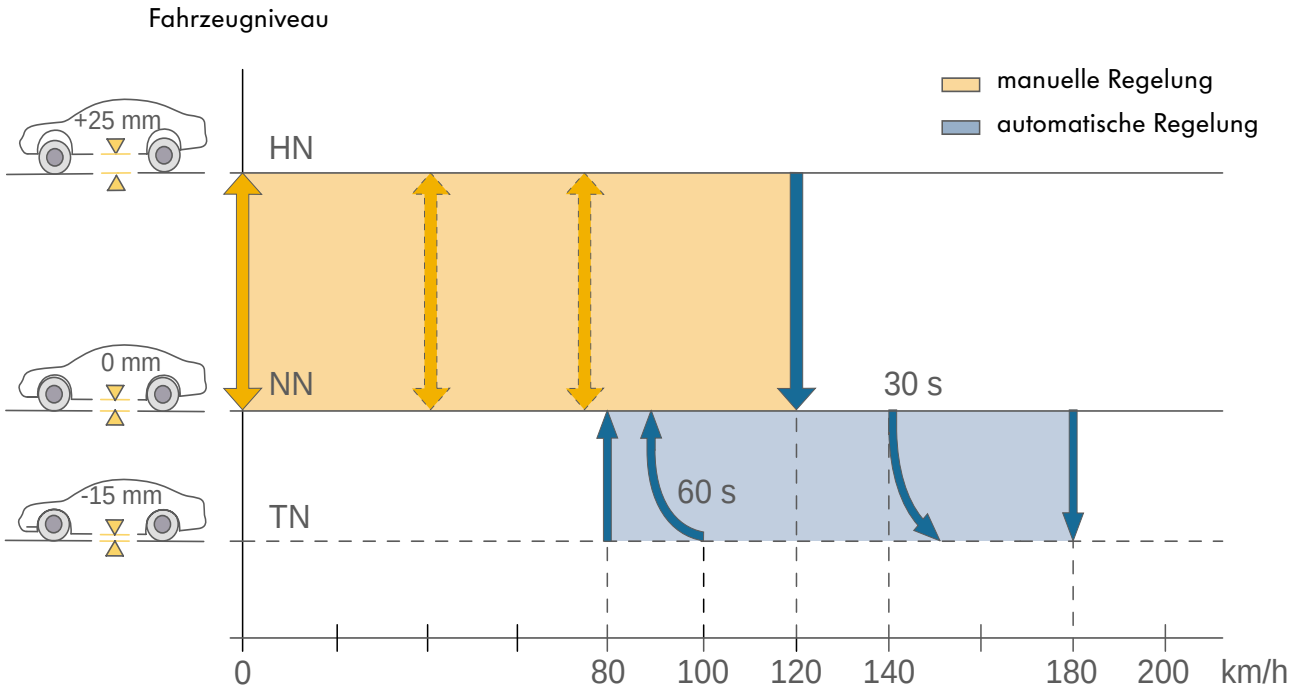
Ändert sich durch Be- oder Entladevorgänge die Fahrzeughöhe gegenüber der Fahrbahn, so leitet das Steuergerät ein Nachregeln des Fahrzeuges in das Sollniveau ein.
Hierzu wird Luft über ein Magnetventil in die jeweilige Luftfeder geleitet oder über das Ablassventil abgelassen.



Das Anlaufen des Kompressors zum Auffüllen des Druckspeichers erfolgt auch unabhängig von Regelvorgängen.

Systembeschreibung

Das Schema des automatischen Ab- und Aufregelns



275_021

HN - Hochniveau
NN - Normalniveau
TN - Tiefniveau

Das automatische **„Abregeln“** erfolgt von

HN zu **NN**: bei v ≥ **120** km/h

NN zu **TN**: bei v ≥ **140** km/h nach 30 Sekunden
und/oder
bei v ≥ **180** km/h sofort.

Das automatische **„Aufregeln“** erfolgt von

TN zu **NN:** bei v ≤ **100** km/h nach 60 Sekunden
und/oder
bei v ≤ **80** km/h sofort.

Die Sondermodi der Niveauregelung

Abschalten der Regelung
In besonderen Situationen kann es erforderlich werden, zum Beispiel beim Radwechsel oder Hebebühnen-Aktivitäten, die Regelung abzuschalten.
Durch gleichzeitiges Drücken der Taster für Niveauregelung und Dämpferverstellung über die Dauer von etwa 5 Sekunden erfolgt das Abschalten.

Ein Hinweis auf die erfolgte Abschaltung erscheint im Schalttafeleinsatz.

Aktivieren der Regelung
Die Regelung wird durch das erneute Drücken beider Taster für ca. 5 Sekunden oder automatisch durch die vom Steuergerät erkannte Fahrt mit einer Geschwindigkeit v ≥ 10 km/h aktiviert.

Hebebühne:
Wird das Fahrzeug auf einer Hebebühne an den Wagenheber- und Hebebühnen-Aufnahmepunkten angehoben, so erfolgt - bis zum Erkennen dieses Zustandes durch das Steuergerät - ein Ablassen der Luft aus allen vier Luftfedern.

Die Niveauregelung erfasst anfänglich das „Zuhochstehen“ des Aufbaues gegenüber den Rädern und regelt durch Luftablassen entsprechend nach.

Beim Wiederablassen der Hebebühne kann das Fahrzeug dadurch sehr tief stehen.

Erst durch kurzzeitigen Motorlauf - und damit möglichen Kompressorlauf - wird das Fahrzeug wieder eigenständig in das Normalniveau (NN) angehoben.



Um dieses Luftablassen zu vermeiden, muss deshalb vor Hebebühnen-Aktivitäten die Niveauregelung deaktiviert werden.

Die Aktivitäten der Luftfederung nach „Zündung Aus“

Be- und Entladevorgänge

Nach „Zündung Aus“ bleibt das Steuergerät noch etwa eine Minute aktiv und kann bei ausreichendem Druck im Druckspeicher noch Niveauregelvorgänge ausführen, die zum Beispiel durch Be- und Entladevorgänge verursacht werden.



Das Steuergerät bleibt zyklisch immer eine Minute aktiv, bis keine Betätigungen von Türen oder Klappen mehr registriert werden.

Schleichende Niveauänderungen

Zum Ausgleich schleichender Niveauänderungen, die durch Aufheizen der Luft in den Luftfedern während der Fahrt und späteres Wiederabkühlen nach Fahrtende entstehen können, werden drei Nachregelvorgänge zum Erreichen der optimalen Standhöhe nach „Zündung Aus“ durchgeführt.



Dieses Nachregeln erfolgt bei ausreichendem Druck im Druckspeicher nach etwa zwei, fünf und zehn Stunden.

Die Schwingungsdämpferregelung

Das Steuerungssystem für die Dämpferregelung erfasst über vier Rad- und drei Aufbaubeschleunigungssensoren den Straßenzustand bzw. die Bewegungen des Fahrzeuges.
Die Kennlinien der einzelnen Schwingungsdämpfer werden entsprechend des kalkulierten Dämpfungsbedarfes verstellt.
Hierbei arbeiten die Dämpfer als semiaktive Komponenten im Ein- und Ausfederbetrieb.

Die kontinuierliche Dämpferregelung basiert auf Schwingungsdämpfern, deren Kennlinien elektrisch verstellbar sind.
Diese Schwingungsdämpfer sind in die Luftfederbeine integriert.
Die Dämpfkraft ist über das im Schwingungsdämpfer positionierte Proportionalventil kennfeldabhängig einstellbar.
Innerhalb von Millisekunden ist es so möglich, die Dämpfkraft der Fahrsituation und dem Straßenzustand anzupassen.

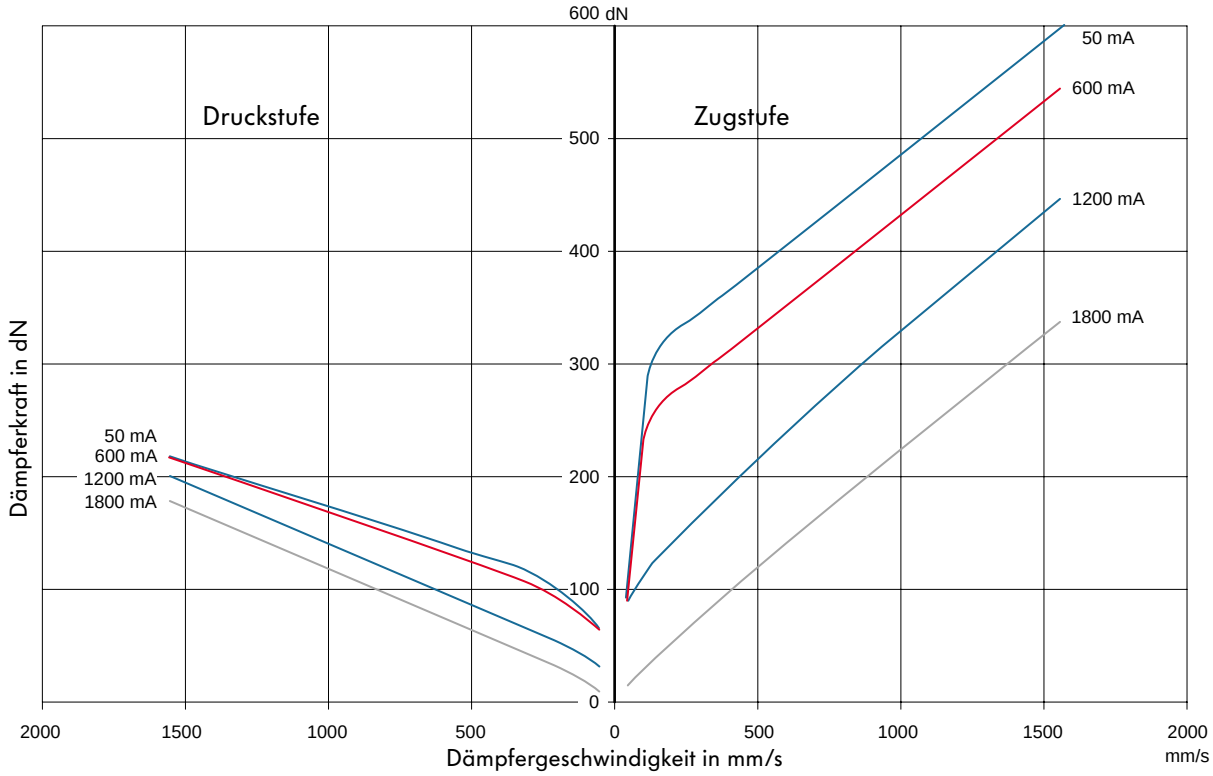
Grundsätzlich wird versucht, die Dämpferkraft über die sogenannte „Skyhook-Regelstrategie“ einzustellen.
Die Verstellung des Dämpfers erfolgt in Abhängigkeit von der Vertikalbeschleunigungen der Räder und des Fahrzeugaufbaues.
Im Idealfall erfolgt die Regelung so, als ob der Fahrzeugaufbau an einem „Haken am Himmel hängt“ und fast ohne störende Bewegungen über die Fahrbahn schwebt.

So wird maximaler Fahrkomfort erreicht!



Eine harte Dämpfung wird bei kleinen Steuerströmen erreicht.
Eine weiche Dämpfung wird bei großen Steuerströmen erreicht.

Kennlinienfeld Dämpferkraft Phaeton Vorderachse

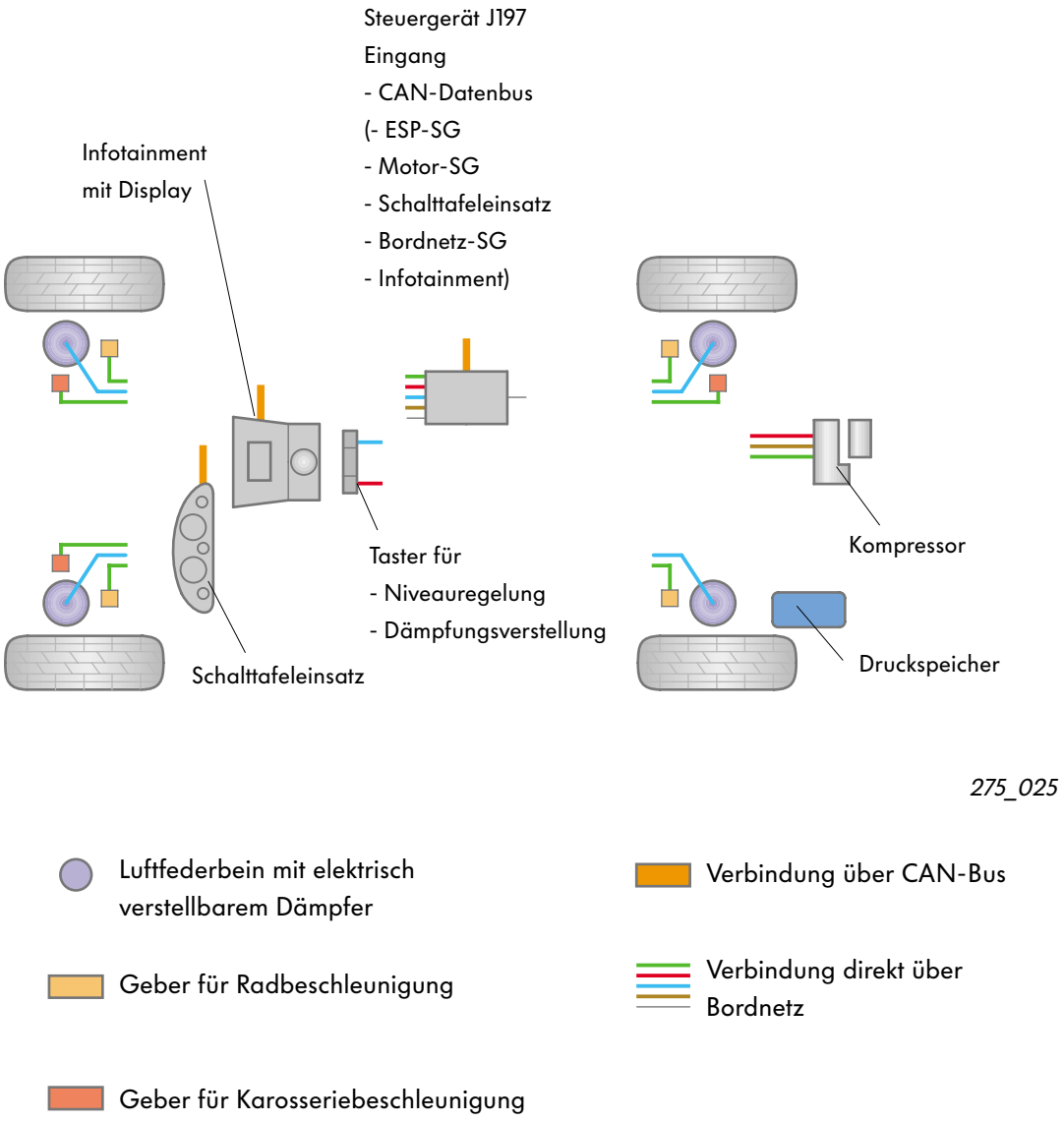


275_022

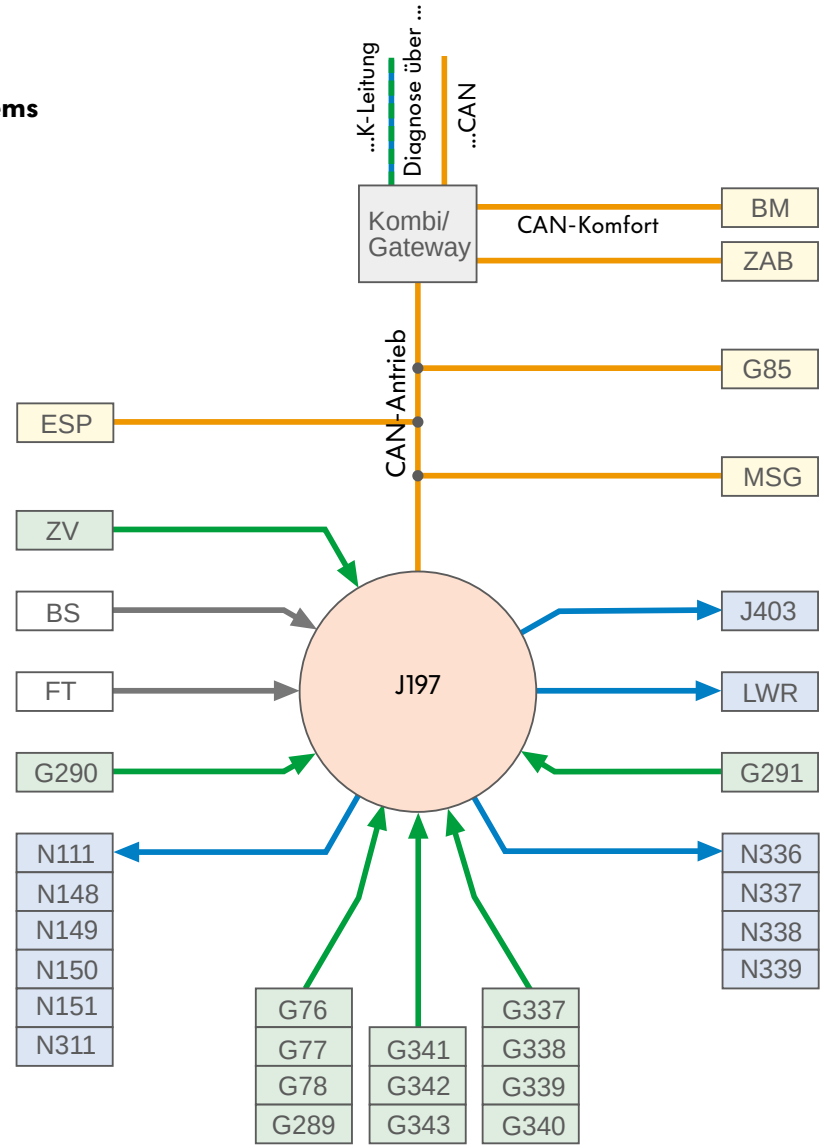
Systembeschreibung

Das Systemschaubild Luftfederung mit geregelten Dämpfern

Die Zusammenhänge mit anderen Systemen des Fahrzeuges sowie mit den Anzeige- und Bedienelementen verdeutlicht das untenstehende Systemschaubild.



Das Schema des Gesamtsystems



275_023

Legende

BM - Batterie-Management
BS - Betriebssignale Kl. 30, Kl. 15
ESP - Elektronisches Stabilitätsprogramm
FT - Taster für Niveauregelung und Taster für Dämpfungsverstellung
G76...78, ... G289 - Geber für Fahrzeugniveau
G85 - Geber für Lenkwinkel
G290 - Geber für Kompressortemperatur, Niveauregelung
G291 - Druckgeber Niveauregelung
G337 ... G340 - Geber für Radbeschleunigung
G341 ... G343 - Geber für Karosseriebeschleunigung
J197 - Steuergerät für Niveauregelung
J403 - Relais für Kompressor Niveauregelung
Kombi - Schalttafeleinsatz
LWR - Leuchtweiten-Regelung
MSG - Motorsteuergerät
N111 - Ablassventil
N148 ... N151 - Ventil für Federbein
N311 - Ventil für Druckspeicher Niveauregelung
N336 ... N339 - Ventil für Dämpfungsverstellung
ZAB - Infotainment
ZV - Türen-/Klappensignal

Systembeschreibung

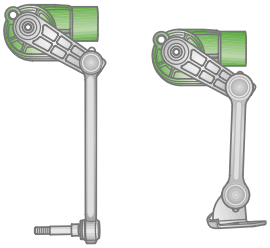
Systemübersicht

Sensoren

Taster für Dämpfungsverstellung E387
Taster für Niveauregelung E388



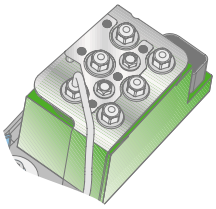
Geber für Fahrzeugniveau VA und HA
G76, G77, G78, G289

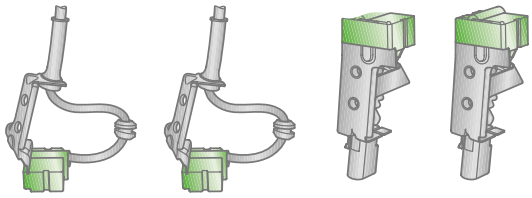


Geber für Kompressortemperatur G290

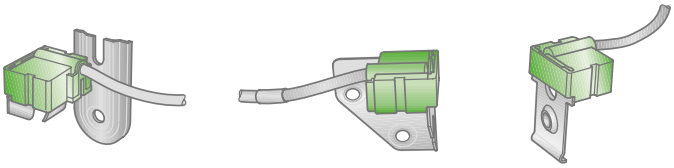


Druckgeber
Niveauregelung G291
(im Magnetventilblock integriert)



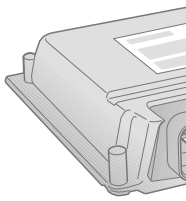


Geber für Radbeschleunigung VA und HA G337 G338, G339, G340

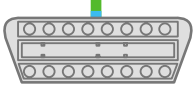


Geber für Karosseriebeschleunigung G341, G342, G343

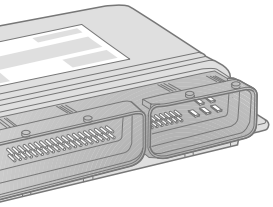
Zusatzsignale: Signal für Türen-/Klappenkontakt

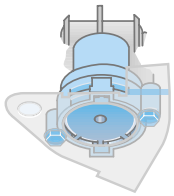




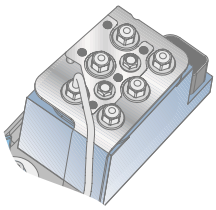


Aktoren

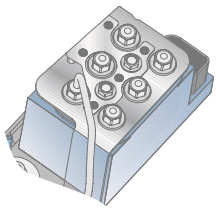




Ablassventil für Niveauregelung N111
(im Magnetventilblock integriert)



Ventile für Federbein N148, N149, N150, N151
(im Magnetventilblock integriert)



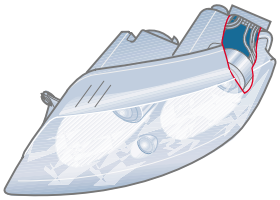
Ventil für Druckspeicher N311
(im Magnetventilblock integriert)



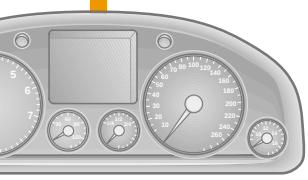
Ventil für Dämpfungsverstellung
N336, N337, N338, N339
(in das jeweilige Luftfederbein integriert)



Relais für Kompressor
Niveauregelung J403



Steuergerät für Gasentladungslampe mit LWR
J567 und J568 in dem jeweiligen Scheinwerfer



275_026

Aufbau und Funktion

Das Steuergerät für Niveauregelung J197

Es befindet sich im Kofferraum links, hinter der Kofferraumseitenverkleidung. Es ist hinter dem Relais- und Sicherungsträger angeschraubt.

Es übernimmt als zentrale Steuereinheit:

- die Regelung der Luftfederung und der Schwingungsdämpfer,
- die Überwachung des Gesamtsystems,
- die Diagnose des Gesamtsystems und
- die Kommunikation via CAN-Datenbus (CAN-Datenbus-Antrieb).



275_083

Es ist mit einem redundanten Prozessorkonzept (zwei Prozessoren) ausgelegt, wobei
der Luftfederalgorithmus primär auf dem ersten und
die Dämpferregelung primär auf dem zweiten Prozessor laufen.

Die Luftfederbeine

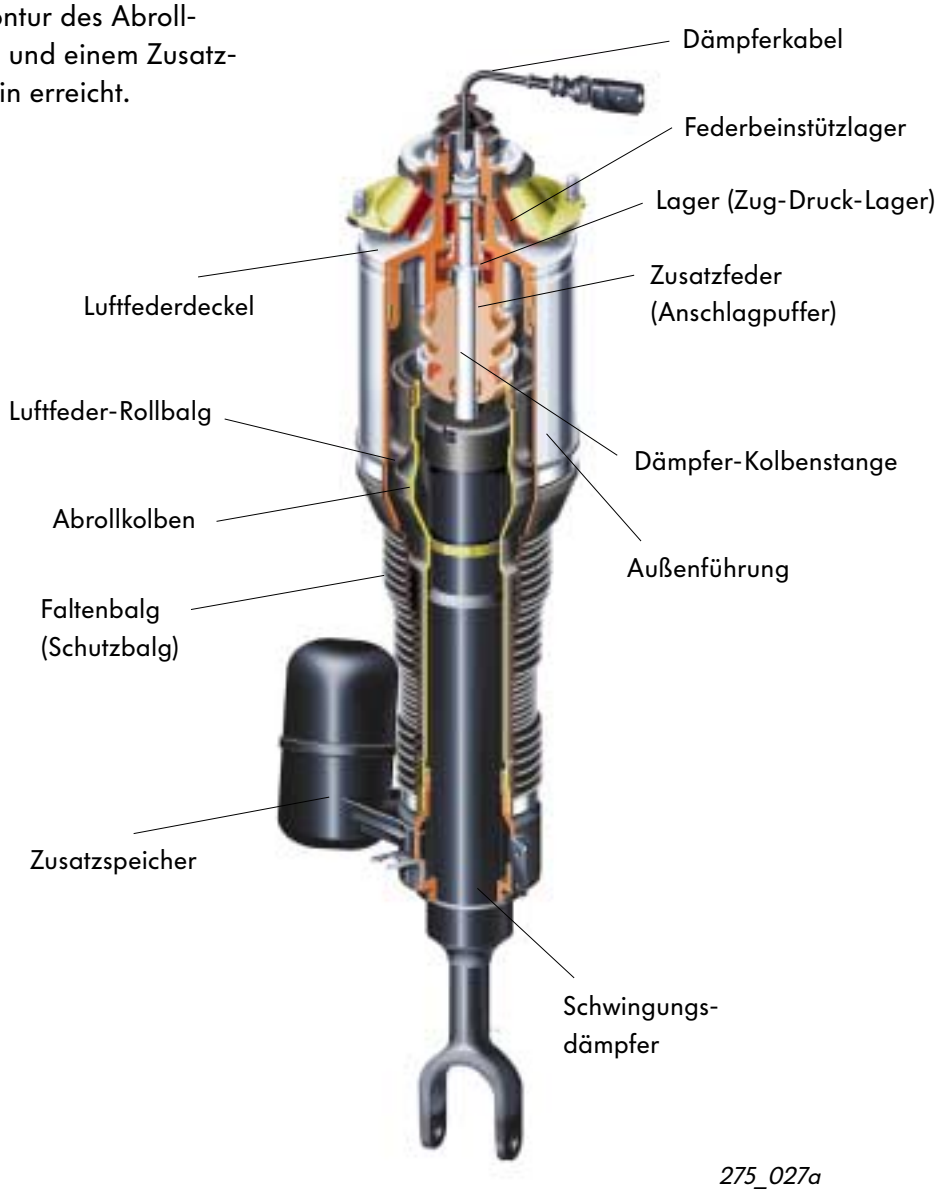
An der Vorderachse (VA) und an der Hinterachse (HA) werden Luftfederbeine mit außengeführtem, zweilagigem Luftfeder-Rollbalg eingesetzt.

Der Luftfeder-Rollbalg ist konzentrisch um den Gasdruckdämpfer (Zweirohr-Gasdruckdämpfer) angeordnet.

Die geringe Wandstärke des Luftfeder-Rollbalges ermöglicht ein ausgezeichnetes Ansprechverhalten der Federung.
Die gewünschte Federrate wird durch Kombination der entsprechenden Kontur des Abrollkolbens, der Außenführung und einem Zusatzspeicher direkt am Federbein erreicht.

Dieser Zusatzspeicher ist zwischen Vorderachse und Hinterachse unterschiedlich.
An der Vorderachse - als kleiner Zylinder erkennbar - beträgt er 0,4 l
an der Hinterachse - als Kugel ausgebildet - beträgt er 1,2 l.

Federbein Vorderachse (VA)



275_027a

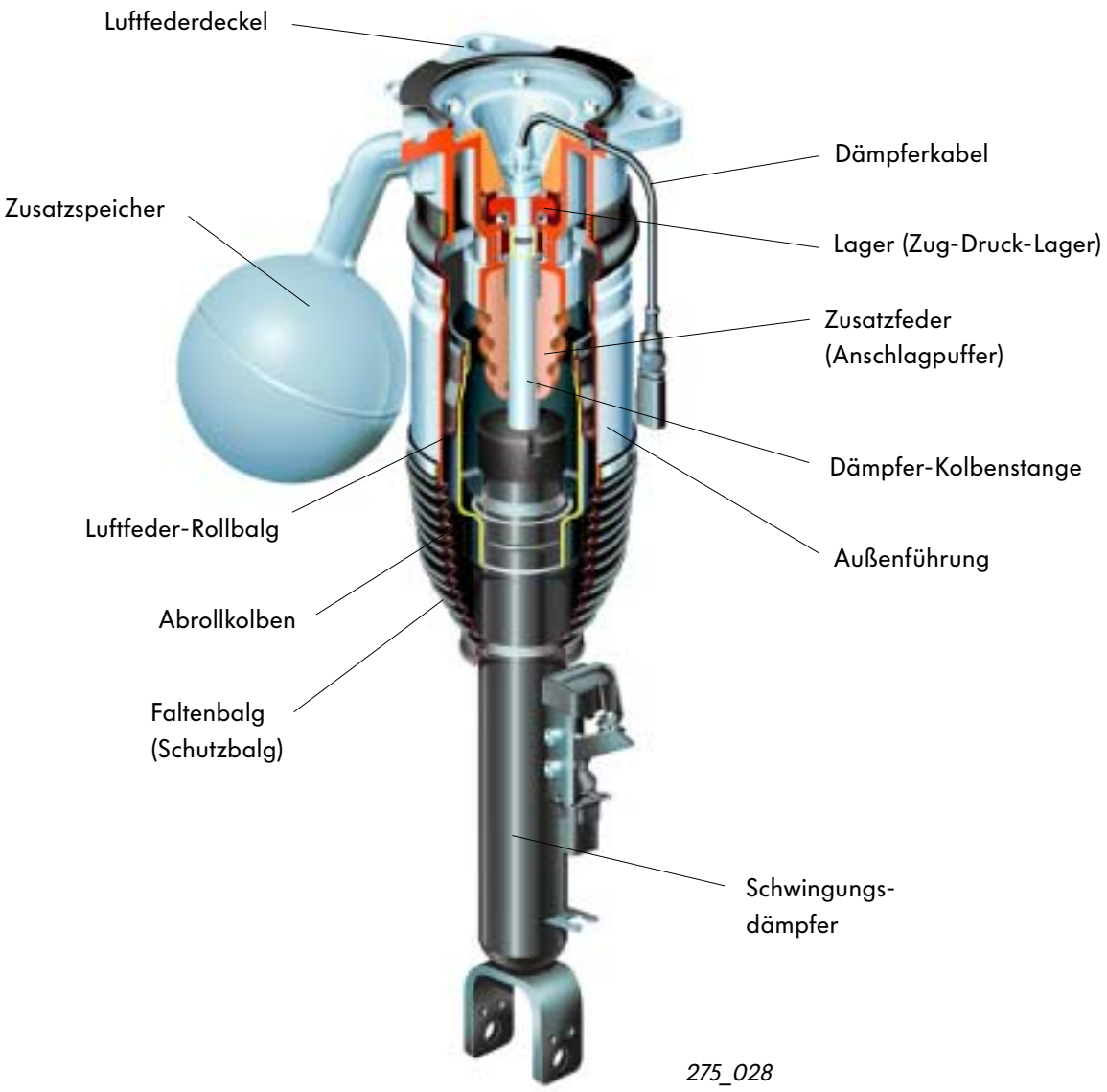
Aufbau und Funktion

Die Federbeine sind konstruktiv so ausgelegt, dass möglichst wenig Querkräfte auf die Dämpfer wirken. Die besondere Gestaltung des Federbeinstützlagers (VA) und eine kardanisch weich aufgehängte Ausführung (HA) trägt zur Verminderung von Querkräften auf die Dämpfer bei.

Restdruckhalteventile sind an jedem Luftfederbein direkt am Luftanschluss montiert.
Sie halten einen Restdruck von etwa 3,5 bar im Luftfederbein. Dadurch wird eine problemlose Montage und Lagerung der Bauteile ermöglicht.

Die Außenführung dient neben ihrer Funktion zum Führen des Luftfeder-Rollbalg gemeinsam mit dem Faltenbalg dem Schutz des Luftfeder-Rollbalges vor Verschmutzung und Beschädigung.

Federbein Hinterachse (HA)



Das Ventil für Dämpfungsverstellung

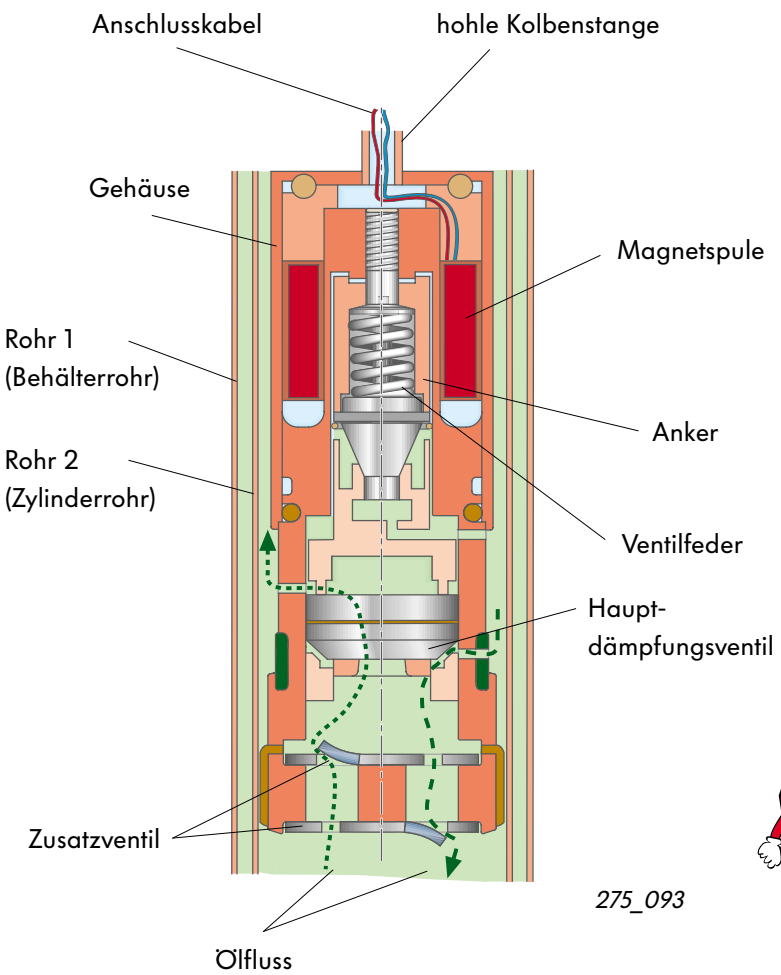
Der CDC-Zweirohr-Gasdruckdämpfer kann über ein im Kolben integriertes, elektrisch gesteuertes Ventil über weite Bereiche in der Dämpfkraft verstellt werden.
Durch die Veränderung der Bestromung der Magnetspule kann innerhalb weniger Millisekunden der Öldurchfluss durch das Kolbenventil und damit die Dämpfkraft dem momentanen Bedarf angepasst werden.

Die an jedem Dämpfer montierten Geber für die Radbeschleunigung liefern Signale, die, zusammen mit den Signalen der Geber für Karosseriebeschleunigung, zur Berechnung der erforderlichen Dämpfereinstellung benötigt werden.

Aufgrund der schnellen Erkennung und Regelung zwischen Zug- und Druckstufe kann sichergestellt werden, dass nur die Dämpfkraft eingestellt wird, die für die momentane Fahrsituation erforderlich ist.

Die fahrsituationsabhängigen Kennfelder sind im Steuergerät für Niveauregelung abgelegt.

Beispiel für ein Kolbenventil



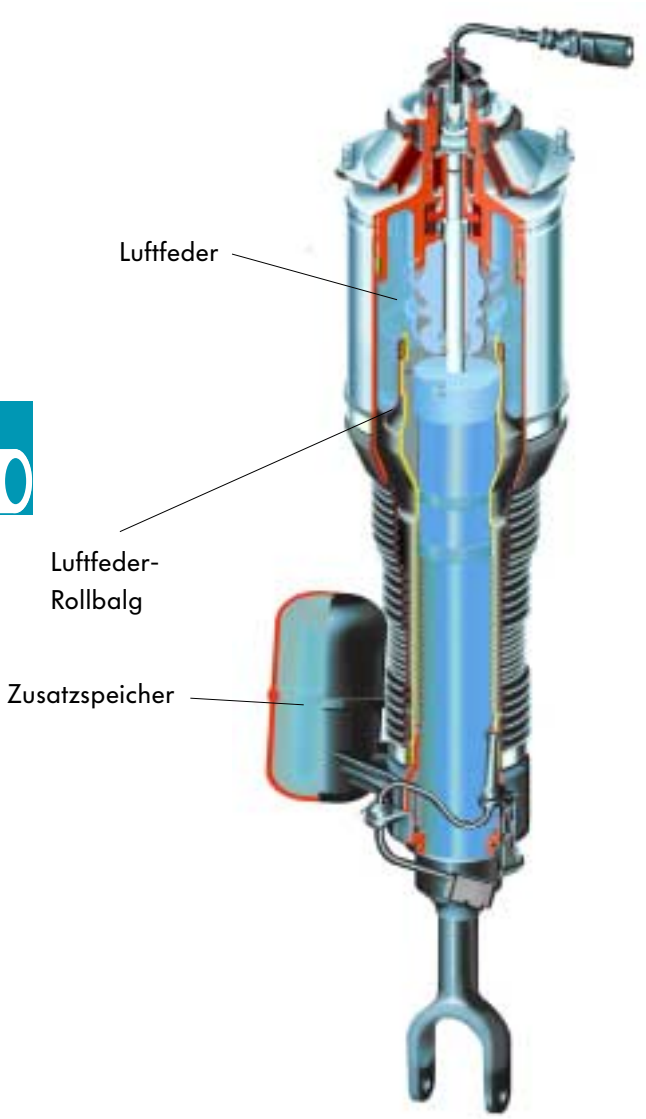


Bei bestimmten fahrdynamischen Zuständen - etwa bei Längs- und/oder Querdynamik - wird die „Skyhook-Regelung“ außer Kraft gesetzt und die Dämpferregelung erfolgt mit anderen fahrdynamischen Modulen.

Aufbau und Funktion

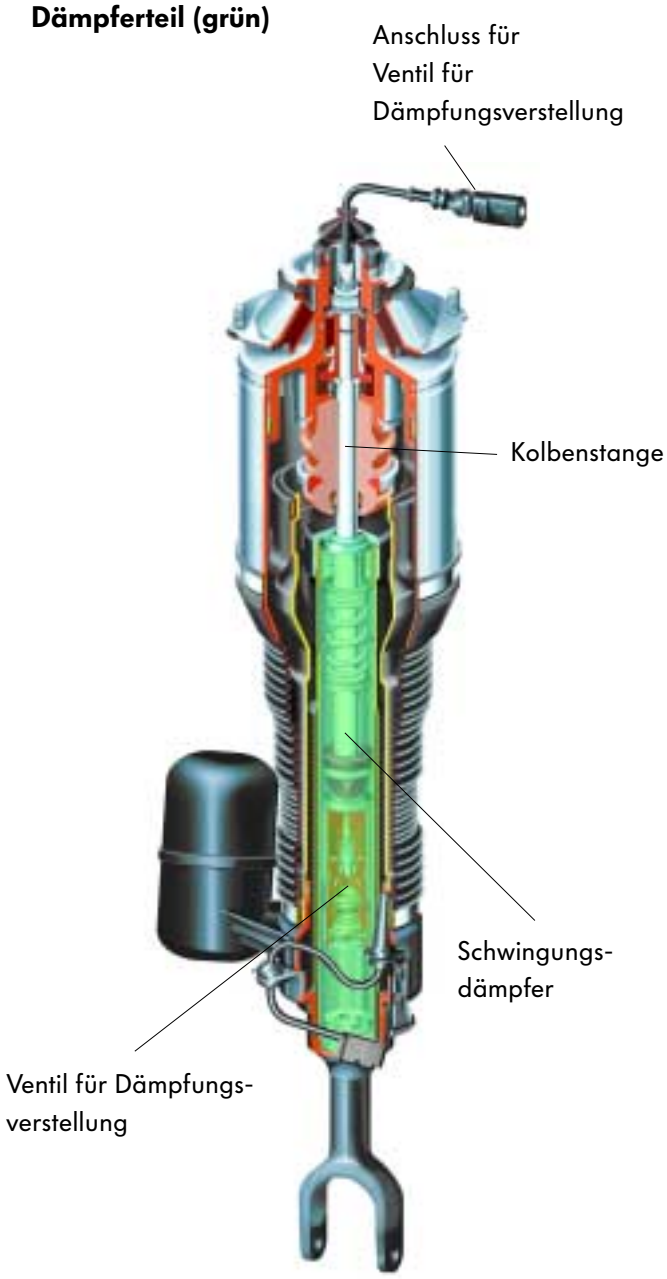
Luftfederbein Vorderachse

Luftfederteil (blau)



275_086

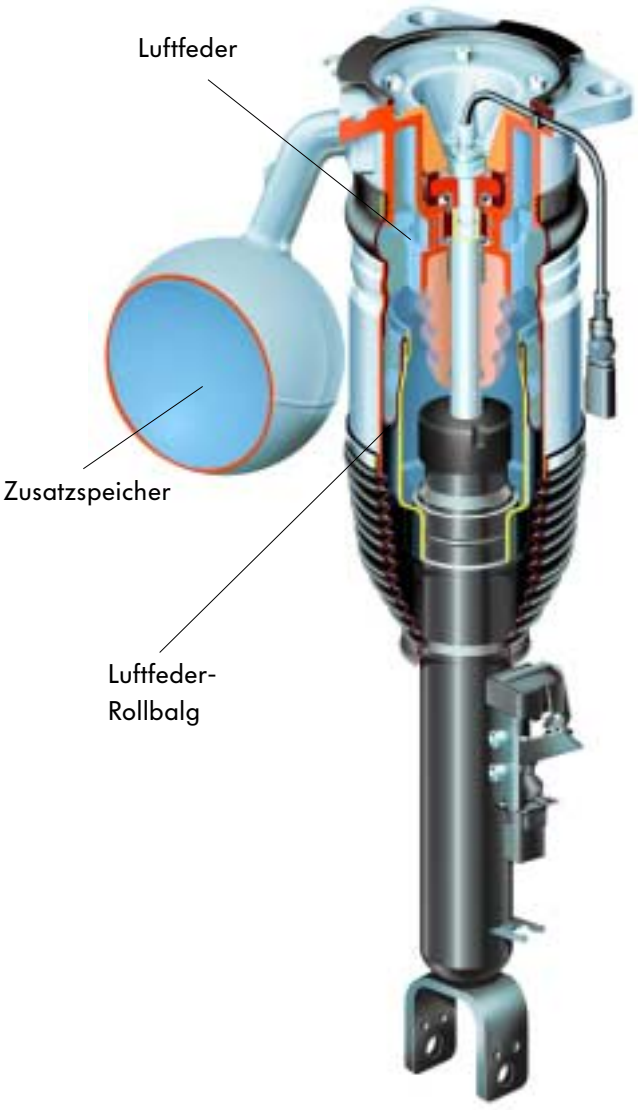
Dämpferteil (grün)



275_084

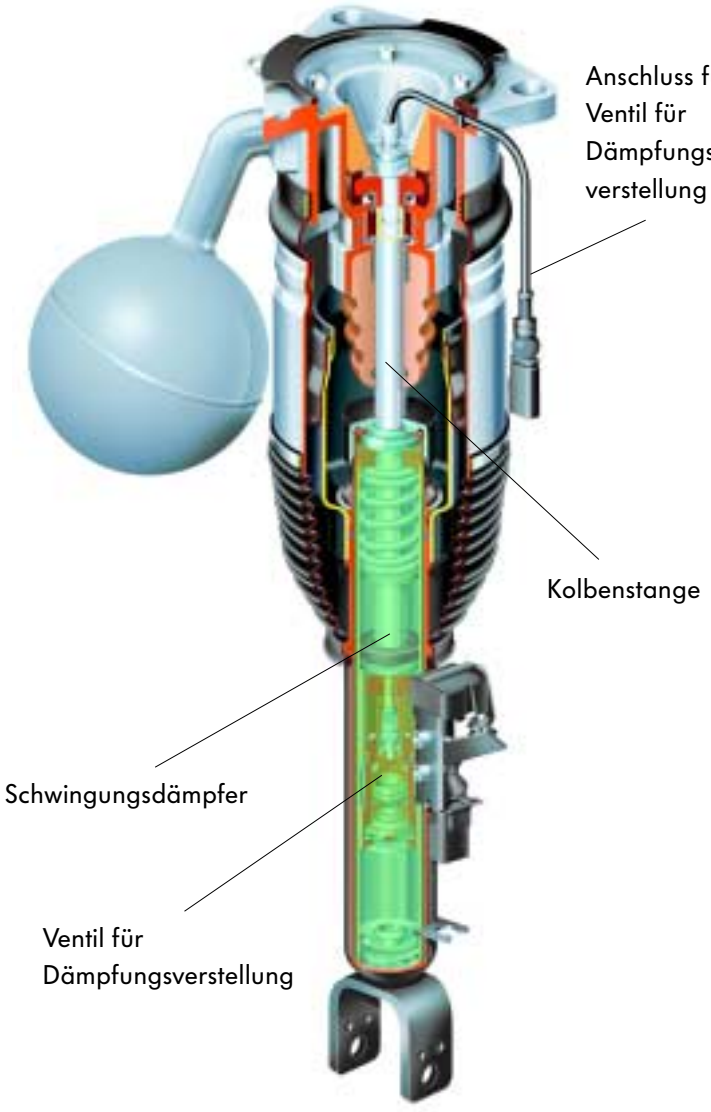
Luftfederbein Hinterachse

Luftfederteil (blau)



275_087

Dämpferteil (grün)



275_085

Aufbau und Funktion

Das Luftversorgungsaggregat

Das Luftversorgungsaggregat (LVA) ist als kompakte Einheit unterbodenseitig auf einem schwingungsisolierten Halter in einer Ausformung der Reserveradmulde neben dem Aktivkohlefilter montiert.

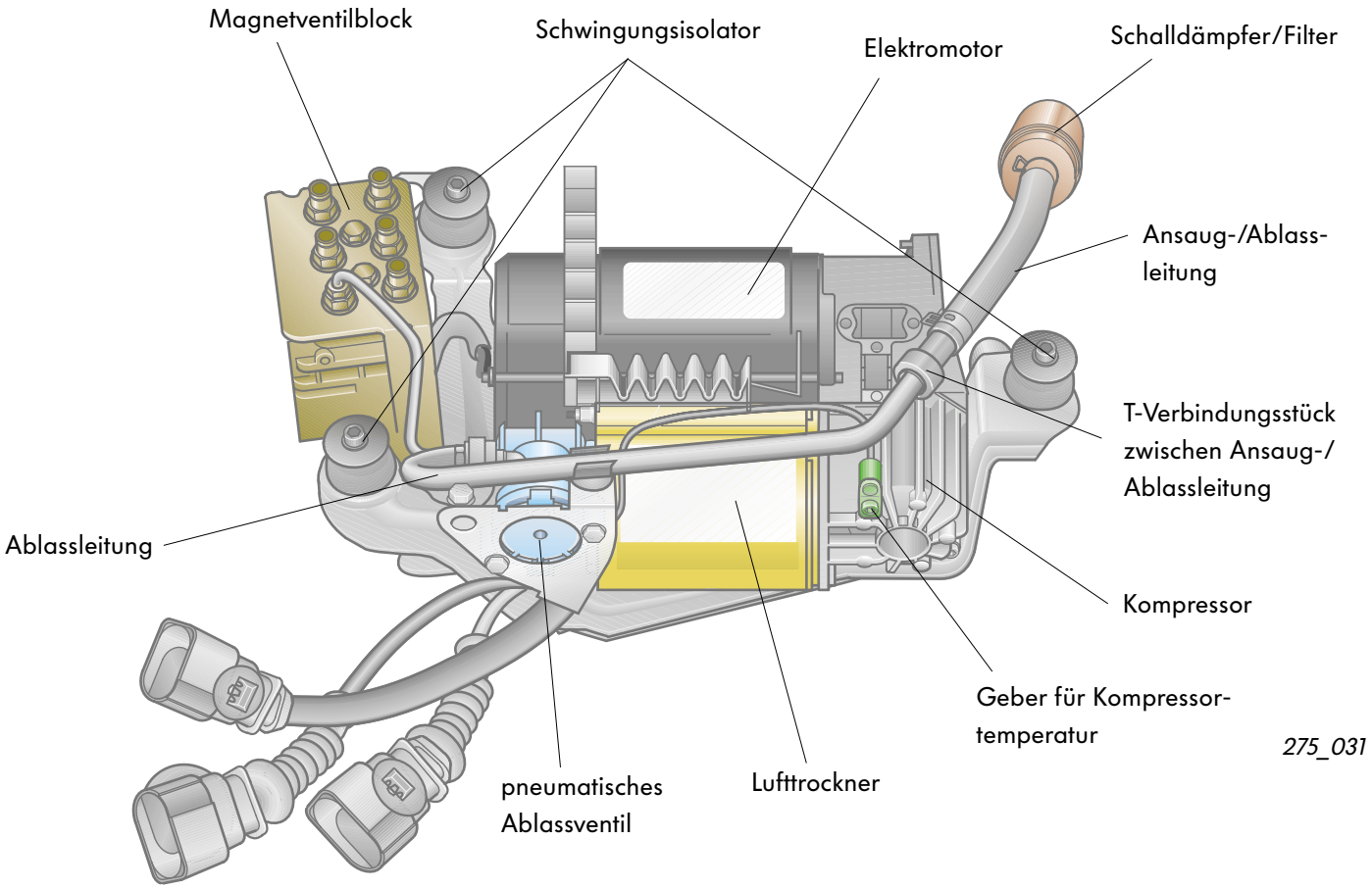
Gegen Verschmutzung schützt eine Kunststoffabdeckung mit Belüftungsöffnungen.

Die Luftversorgung für den Kompressor erfolgt über den Kofferraum. Die Luft wird über den Schalldämpfer/Filter angesaugt, gereinigt und auch wieder abgelassen.

Ein Temperaturgeber schützt den Kompressor vor Überhitzung und stellt die Verfügbarkeit der Luftversorgung für die Luftfederung unter allen Klima- und Fahrtbedingungen sicher.

Das Luftversorgungsaggregat besteht aus:

- der Kompressoreinheit mit
  Elektromotor,
  Trockenlaufverdichter (Kompressor),
  Lufttrockner,
  Restdruckhalteeinrichtung,
  Maximaldruckbegrenzer,
  Ablassleitung/-ventil,
  Schalldämpfer mit Luftfilter,
  Geber für Kompressortemperatur
  (Temperaturgeber für Überhitzungsschutz),
  pneumatischem Ablassventil mit Überdruckventil und
- dem Magnetventilblock mit
  den Steuerventilen für jedes Luftfederbein
  und für den Druckspeicher sowie
  einem integrierten Druckgeber zur Überwachung des Druckspeichers.



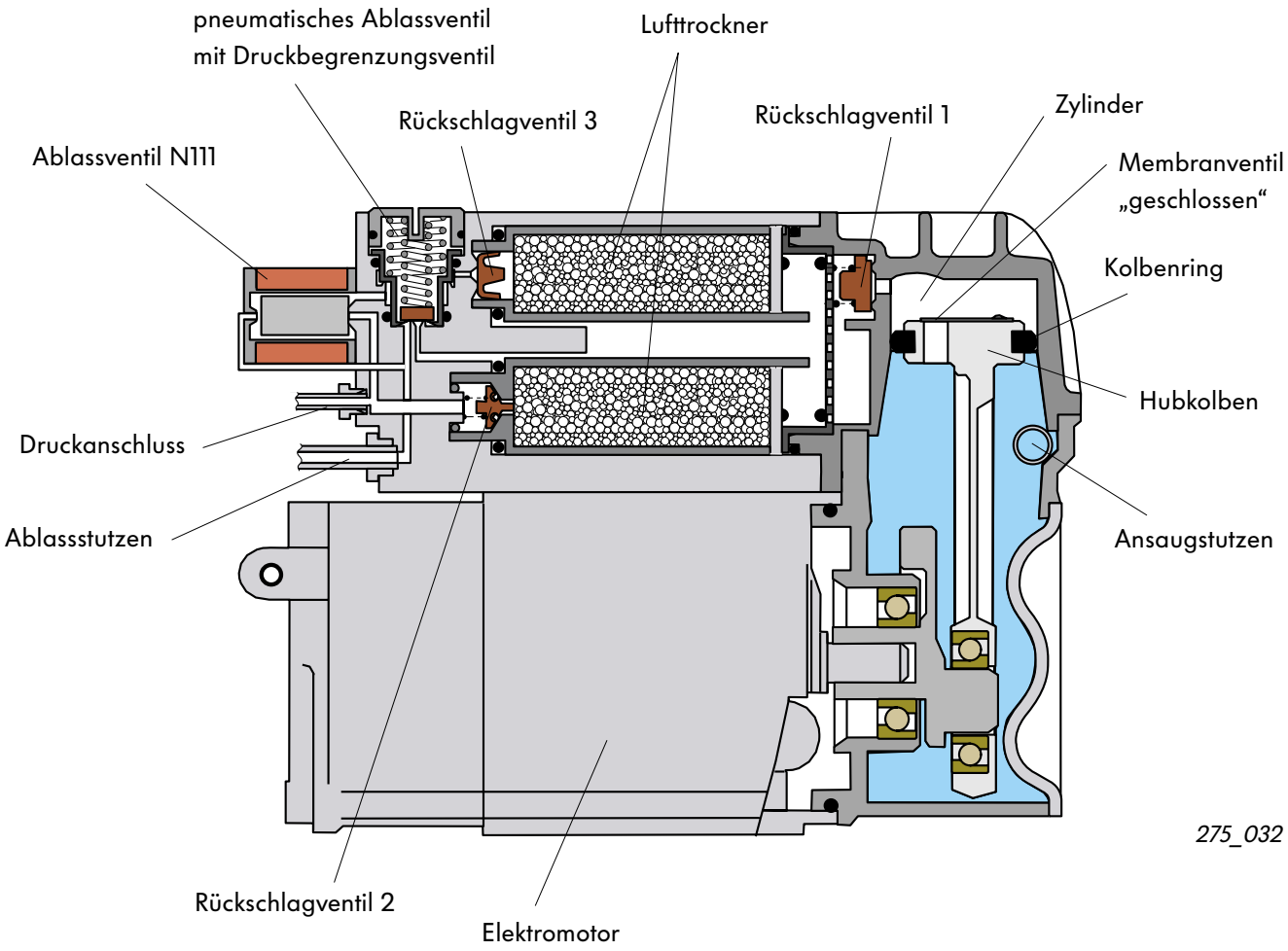
Die Kompressoreinheit

Die Drucklufterzeugung erfolgt mittels eines einstufigen Hubkolbenkompressors mit integriertem Lufttrockner.
Um eine Verschmutzung der Rollbälge und des Lufttrockners (Trocknerpatrone) zu vermeiden, ist der Kompressor als sogenannter Trockenlauf-Kompressor ausgeführt.

Dauergeschmierte Lager und ein Kolbenring aus PTFE (Polytetrafluoräthylen) sorgen für eine lange Haltbarkeit.

Im Gehäuse des Lufttrockners sind das Ablassventil N111, ein pneumatisches Ablassventil mit Druckbegrenzungsventil und 3 Rückschlagventile integriert.

Um den Kompressor vor Überhitzung zu schützen, wird er bei Übertemperatur abgeschaltet.

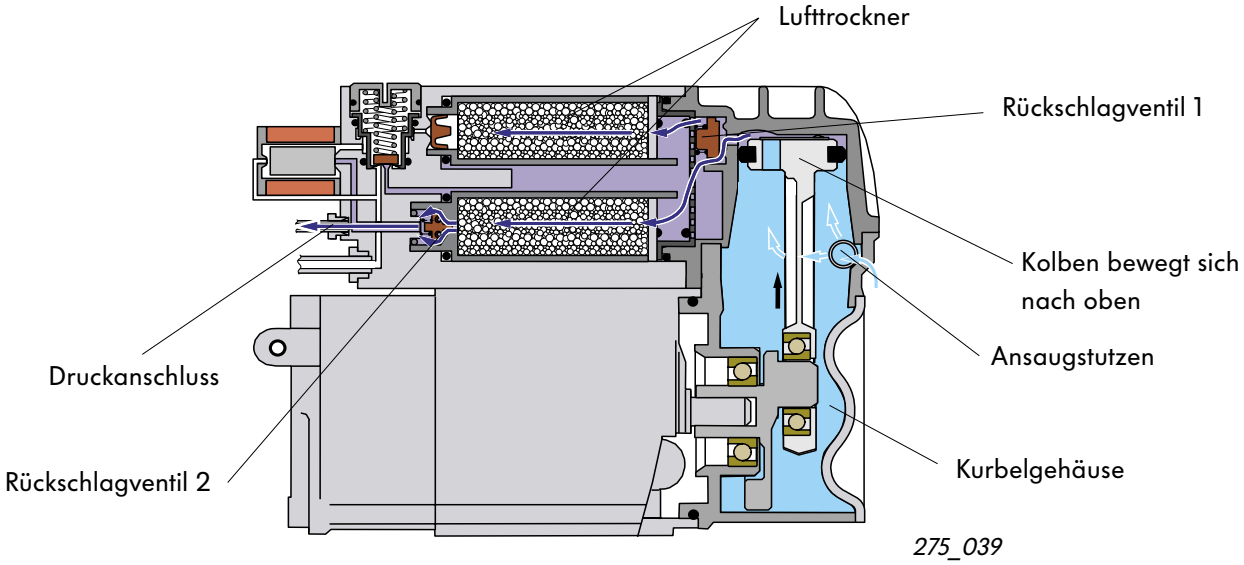


Aufbau und Funktion

Das Ansaugen/Komprimieren

Bei der Aufwärtsbewegung des Kolbens wird über den Schalldämpfer/Filter durch den Ansaugstutzen Luft ins Kurbelgehäuse gesaugt. Oberhalb des Kolbens wird die Luft im Zylinder komprimiert und gelangt über das Rückschlagventil 1 in den Lufttrockner.

Über das Rückschlagventil 2 gelangt die komprimierte und getrocknete Luft über den Druckanschluss zu den Ventilen und zu dem Druckspeicher.

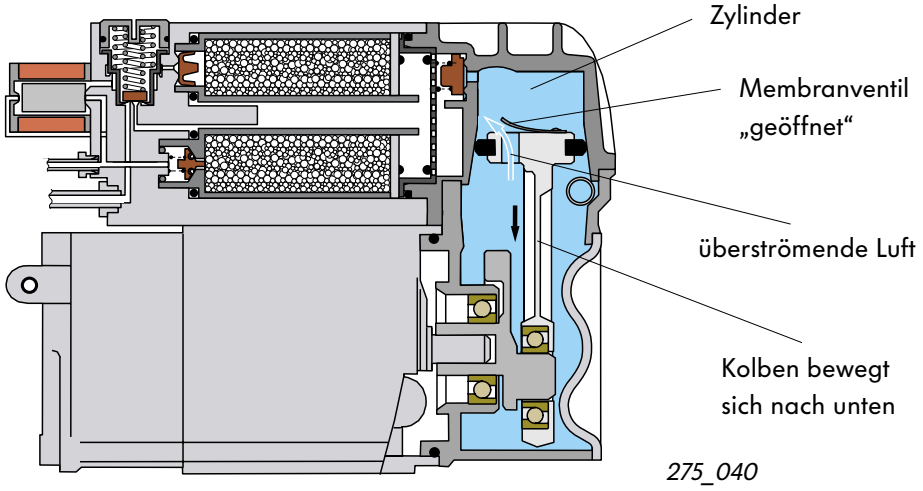


Überströmen

Bei der Abwärtsbewegung des Kolbens strömt die im Kurbelgehäuse angesaugte Luft über das Membranventil in den Zylinder.

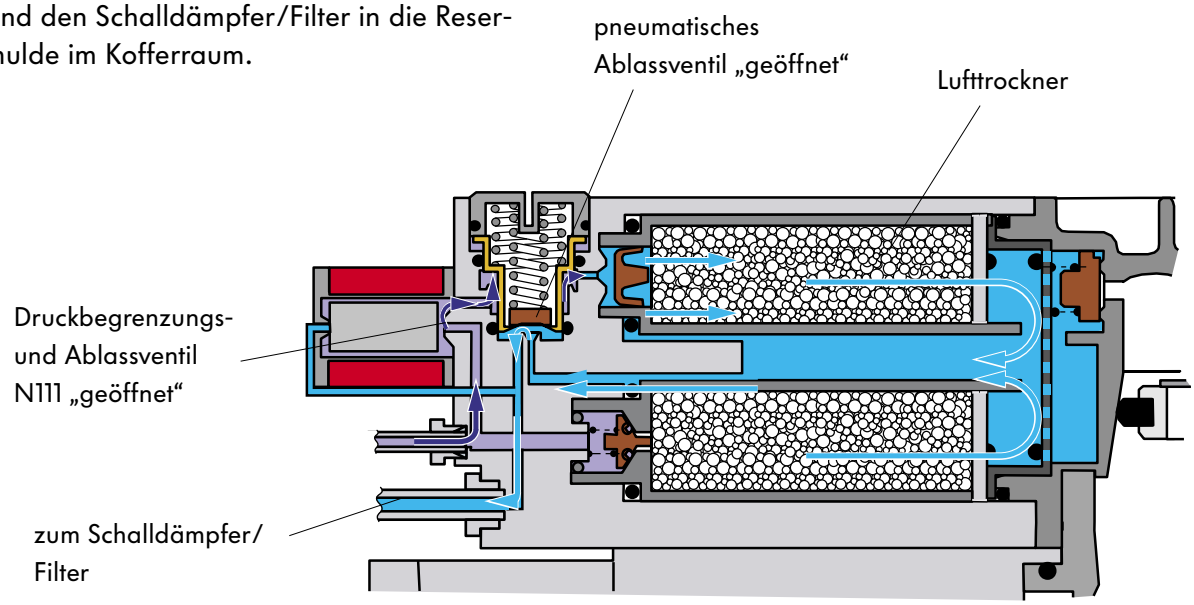
Befüllen/Anheben

Zum Befüllen (Anheben des Fahrzeuges) werden vom Steuergerät gleichzeitig das Relais für den Kompressor und die Luftfederventile angesteuert.



Das Ablassen/Absenken

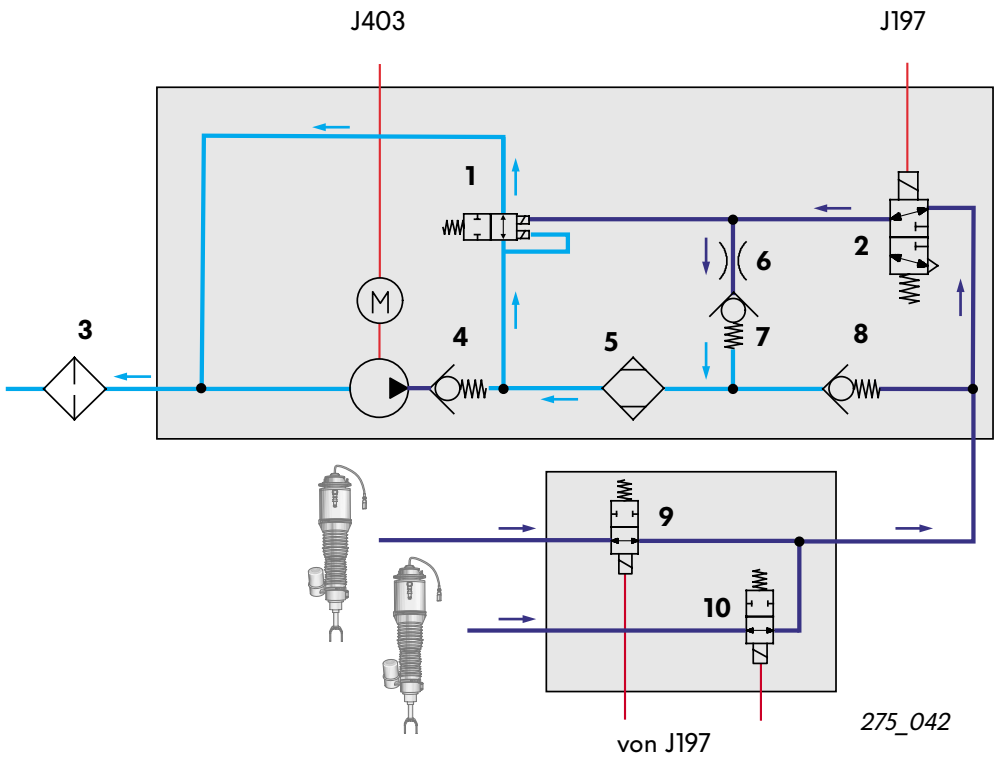
Während des Ablassens werden die Luftfederventile N148 und N149 und das Ablassventil N111 angesteuert (geöffnet). Der Luftfederdruck strömt zum pneumatischen Ablassventil und von dort über den Lufttrockner, das Druckbegrenzungsventil und den Schalldämpfer/Filter in die Reserveradmulde im Kofferraum.



275_041

Pneumatikplan „Ablassen“
(Beispiel Hinterachse)

1 - Pneumatisches Ablassventil
2 - Elektrisches Ablassventil N111
3 - Schalldämpfer/Filter
4 - Rückschlagventil 1
5 - Lufttrockner
6 - Ablassdrossel
7 - Rückschlagventil 3
8 - Rückschlagventil 2
9 - Ventil für Federbein N148
10 - Ventil für Federbein N149



275_042

Aufbau und Funktion

Das pneumatische Ablassventil

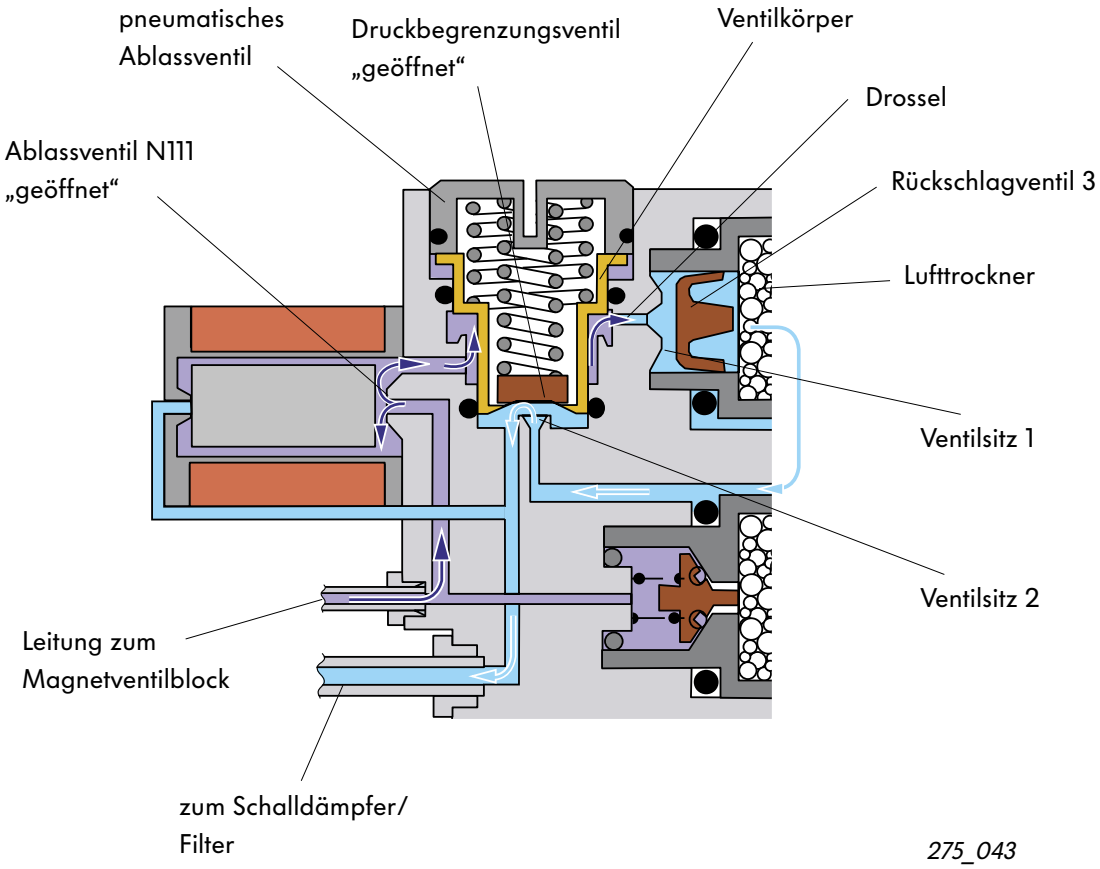
Das pneumatische Ablassventil erfüllt zwei Aufgaben:

- die Restdruckhaltefunktion und
- die Druckbegrenzung.

Um eine Beschädigung der Luftfedern (Luftfeder-Rollbalg) zu verhindern, ist ein gewisser Mindestdruck > 3,5 bar (Restdruck) erforderlich.
Die Restdruckhaltefunktion stellt sicher, dass beim Druckablassen der Druck im Luftfedersystem nicht unter 3,5 bar fällt (ausgenommen bei Undichtigkeiten vor dem pneumatischen Ablassventil).

Erst bei einem Luftfederdruck von > 3,5 bar hebt sich der Ventilkörper entgegen der Federkraft beider Ventilfedern und öffnet die Ventilsitze 1 und 2. Der Luftfederdruck gelangt nun über die Drossel und das Rückschlagventil 3 zum Lufttrockner. Nach Passieren des Lufttrockners strömt die Luft über den Ventilsitz des Druckbegrenzungsventils und den Ablassfilter in die Reserveradmulde im Kofferraum.

Der starke Druckabfall nach der Drossel führt zur Abnahme der relativen Luftfeuchte, wodurch die Feuchtigkeitsaufnahme der „Abfallluft“ erhöht wird.

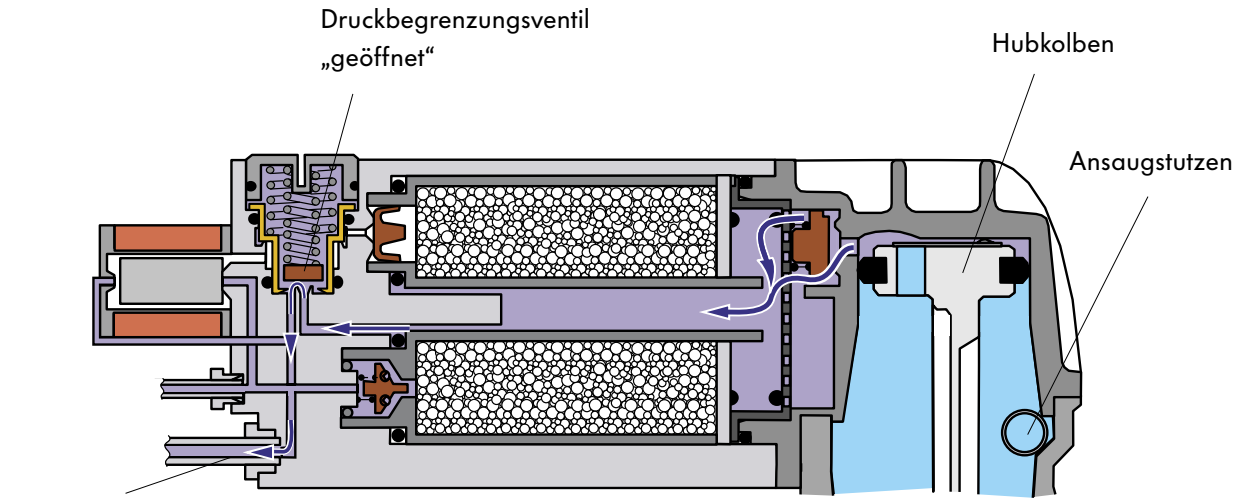


275_043

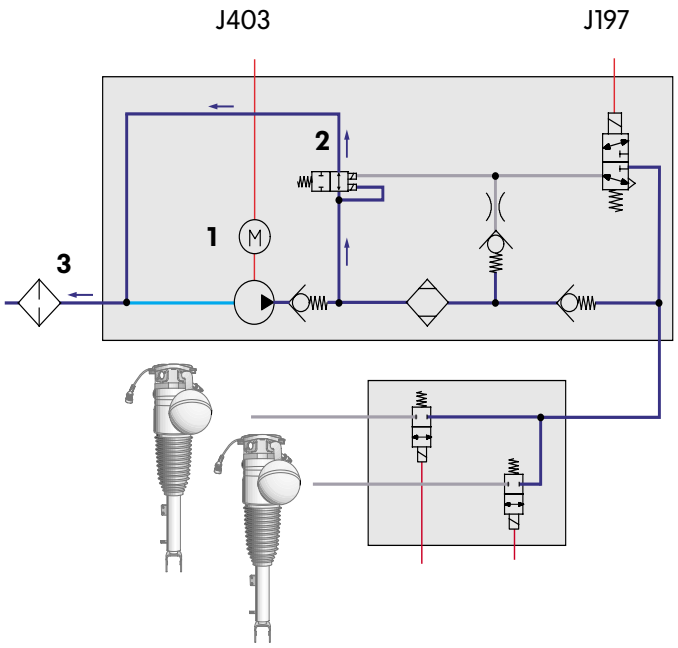
Das Druckbegrenzungsventil

Das Druckbegrenzungsventil schützt das System vor unzulässig hohem Druck, z. B. wenn der Kompressor auf Grund eines defekten Relaiskontaktes oder defekten Steuergerätes nicht abschaltet.

Ist dies der Fall, so öffnet ab ca. 20 bar das Druckbegrenzungsventil entgegen der Federkraft und die vom Kompressor geförderte Luft entweicht über den Filter.



275_044



1 - Kompressor
2 - pneumatisches Ablassventil mit Druckbegrenzungsventil
3 - Schalldämpfer/Filter

275_044a

Aufbau und Funktion

Der Lufttrockner

Die Luft, die sich in dem Drucksystem befindet, muss entfeuchtet sein, damit keine Probleme hinsichtlich:

– Korrosion und
– Einfrieren

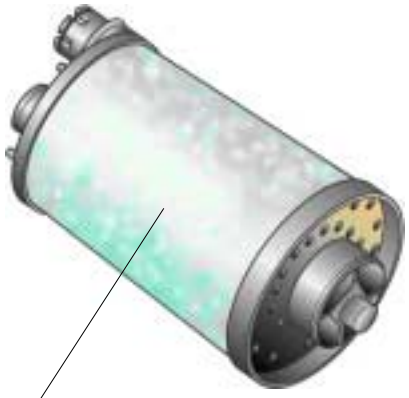
durch Kondenswasser auftreten.

Zur Entfeuchtung wird ein Lufttrockner eingesetzt.

Der Lufttrockner arbeitet nach einem regenerativen Prozess, das heißt:
die in das Niveauregel-System gepresste Luft wird durch Silikat-Granulat geleitet und dabei getrocknet.
Dieses Granulat kann je nach Temperatur über 20 % seines Eigengewichtes an Luftfeuchtigkeit aufnehmen.
Wird die getrocknete Luft betriebsbedingt (beim Absenken) wieder abgelassen, durchströmt sie erneut das Granulat und entzieht diesem, wenn sie ins Freie strömt, wieder die zwischengespeicherte Feuchtigkeit.
Durch diesen regenerativen Prozess arbeitet der Lufttrockner wartungsfrei.
Er unterliegt keinem Wechselintervall.

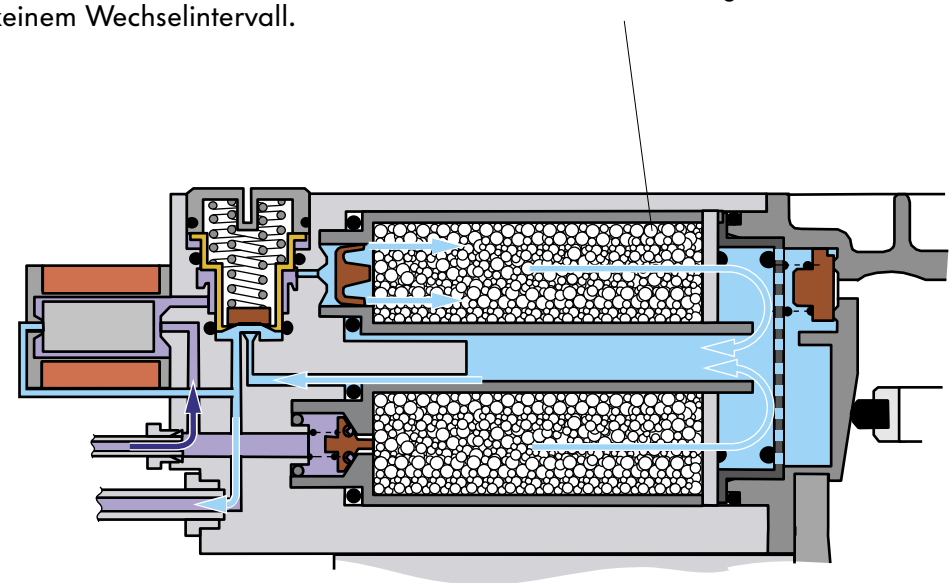
Da der Lufttrockner nur über die Abluft wieder regeneriert wird, darf der Kompressor nicht zum Befüllen anderer Behältnisse mit Druckluft verwendet werden.

Wasser oder Feuchtigkeit im System weisen auf eine Funktionsstörung des Lufttrockners oder des Systems hin.



275_033

Lufttrockner mit Granulatfüllung



275_045

Der Druckspeicher

Die Druckluftentnahme aus dem Druckspeicher ermöglicht ein schnelleres Anheben des Fahrzeugniveaus bei gleichzeitig geringer Geräuschbelastung.
Der Druckspeicher wird nur während der Fahrt befüllt. Dadurch ist der Kompressorlauf akustisch kaum zu hören.

Sofern ausreichend Druck im Druckspeicher vorhanden ist, können Aufregelungen auch ohne Kompressorlauf stattfinden.
Ausreichender Druck bedeutet, es muss vor Beginn einer Aufregelung eine Druckdifferenz zwischen dem Druckspeicher und den Luftfedern von mindestens 3 bar vorhanden sein.

Der Druckspeicher ist aus Aluminium gefertigt und hat ein Speichervolumen von 5 l.
Der maximale Betriebsdruck beträgt etwa 16 bar.

Die Luftversorgungsstrategie

Bei Fahrgeschwindigkeiten < 35 km/h erfolgt die Luftversorgung primär über den Druckspeicher (sofern ausreichend Druck vorhanden ist).

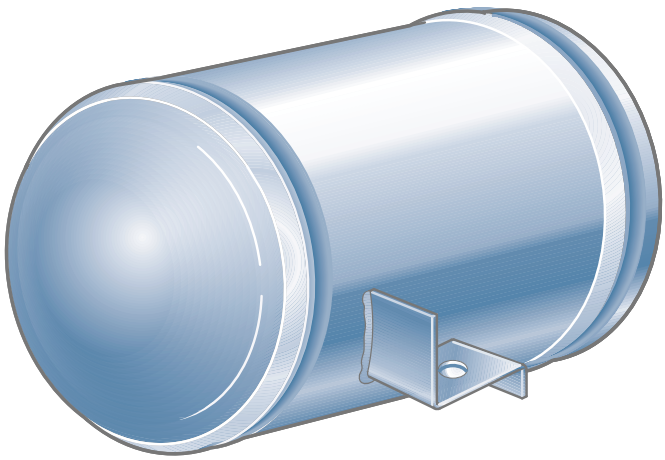
Die Befüllung des Druckspeichers erfolgt grundsätzlich nur im Fahrbetrieb ab einer Fahrgeschwindigkeit von > 35km/h.

Bei Fahrgeschwindigkeiten > 35 km/h erfolgt die Luftversorgung primär durch den Kompressor.

Diese Versorgungsstrategie sorgt für einen weitgehend geräuscharmen Systembetrieb und schont die Kapazität der Fahrzeug-Batterie.



Bei Druckluftentnahme aus dem Druckspeicher läuft der Kompressor an, obwohl der Fahrer keine Niveauänderung vorgenommen hat.

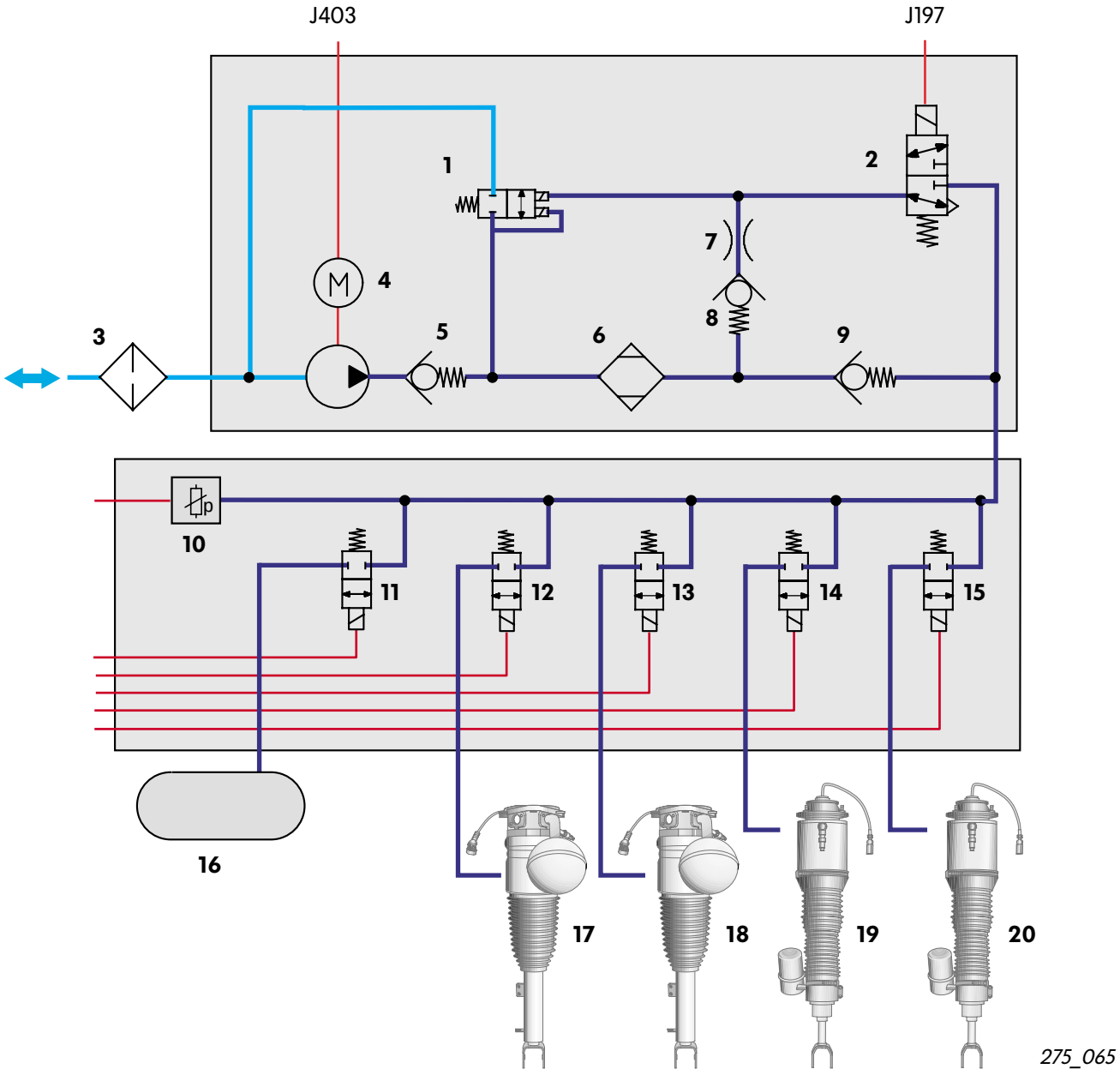


275_064

Aufbau und Funktion

Pneumatikplan

1 - Pneumatisches Ablassventil
2 - Elektrisches Ablassventil N111
3 - Schalldämpfer/Filter
4 - Kompressor V66
5 - Rückschlagventil 1
6 - Lufttrockner
7 - Ablassdrossel
8 - Rückschlagventil 3
9 - Rückschlagventil 2
10 - Druckgeber G291
11 - Ventil für Druckspeicher N311
12 - Ventil für Federbein h, l, N150
13 - Ventil für Federbein h, r, N151
14 - Ventil für Federbein v, l, N148
15 - Ventil für Federbein v, r, N149
16 - Druckspeicher
17 - Federbein hinten, links
18 - Federbein hinten, rechts
19 - Federbein vorn, links
20 - Federbein vorn, rechts



Die Magnetventile

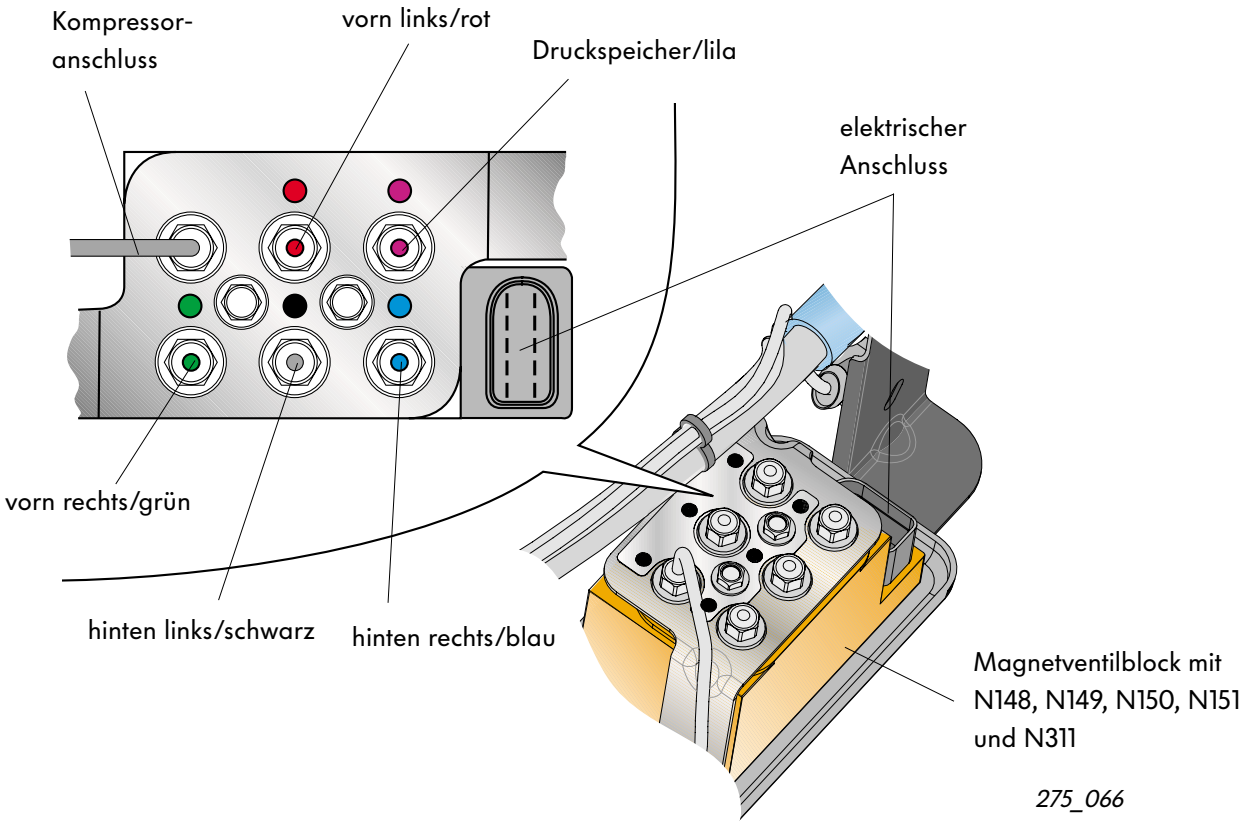
Insgesamt verfügt die Luftfederung über sechs Elektromagnetventile.

Das Ablassventil N111 bildet zusammen mit dem pneumatischen Ablassventil eine Funktionseinheit und ist in das Trocknergehäuse integriert.
Das Ablassventil N111 ist ein 3/2 Wegeventil und ist stromlos geschlossen.

Das pneumatische Ablassventil hat die Aufgaben der Druckbegrenzung sowie der Restdruckhaltefunktion.

Gemeinsam mit dem Ventil für den Druckspeicher N311 sind in dem Magnetventilblock die vier Luftfederventile N148, N149, N150, N151 zusammengefasst. Die Ventile im Magnetventilblock sind als 2/2 Wegeventile ausgeführt und sind stromlos geschlossen.
Der luftfederseitige/speicherseitige Druck wirkt in Schließrichtung.

Um Verwechslungen beim Anschließen der Druckleitungen zu vermeiden, sind die Druckleitungen farbig.
Die farbliche Zuordnung am Ventilblock ist durch entsprechende Farbmarkierungen in der Nähe der Anschlüsse am Magnetventilblock gegeben.

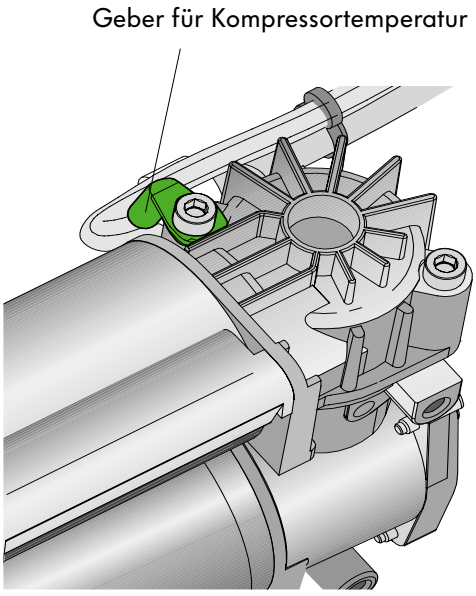


Aufbau und Funktion

Geber für Kompressortemperatur G290 (Überhitzungsschutz)

Zum Schutz der Systemverfügbarkeit ist am Zylinderkopf des Kompressors der Geber für Kompressortemperatur G290 angebracht.

Das Steuergerät J197 schaltet bei einer maximal zulässigen Kompressortemperatur den Kompressor ab bzw. verhindert das Einschalten.



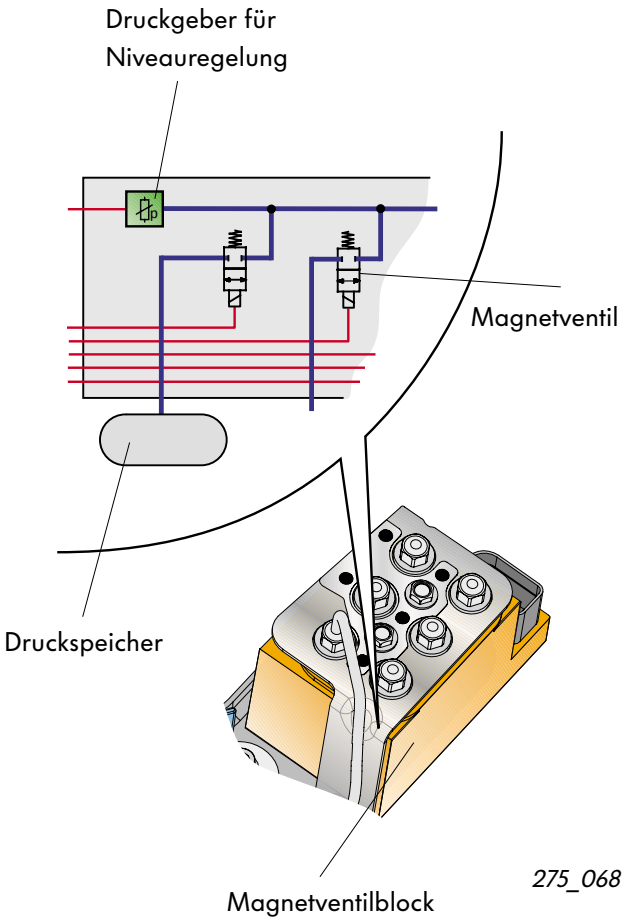
275_067

Druckgeber für Niveauregelung G291

Der Druckgeber G291 ist in die Ventileinheit integriert und dient zur Drucküberwachung des Druckspeichers sowie der Luftfedern. Die Information des Speicherdrucks ist für die Plausibilisierung der Aufregelfunktionen und für die Eigendiagnose erforderlich. Durch entsprechende Steuerung der Magnetventile können die einzelnen Drücke der Luftfedern und des Druckspeichers ermittelt werden.

Die Messung der einzelnen Drücke erfolgt während des Ablassens oder Befüllens der Luftfedern bzw. des Druckspeichers. Die so ermittelten Drücke werden vom Steuergerät abgespeichert und aktualisiert.
Der Speicherdruck wird im Fahrbetrieb zusätzlich alle sechs Minuten ermittelt (aktualisiert).

Der G291 liefert ein zum Druck proportionales Spannungssignal.



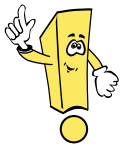
275_068

Geber für Fahrzeugniveau G76, G77, G78, G289 (Niveausensoren)

Die Geber für das Fahrzeugniveau sind sogenannte Drehwinkelsensoren. Mit Hilfe der Koppelstangen-Kinematik werden die Niveauänderungen des Fahrzeugaufbaus erfasst und in Winkeländerungen umgesetzt.

Der verwendete Drehwinkelsensor arbeitet nach dem Prinzip der Induktion.

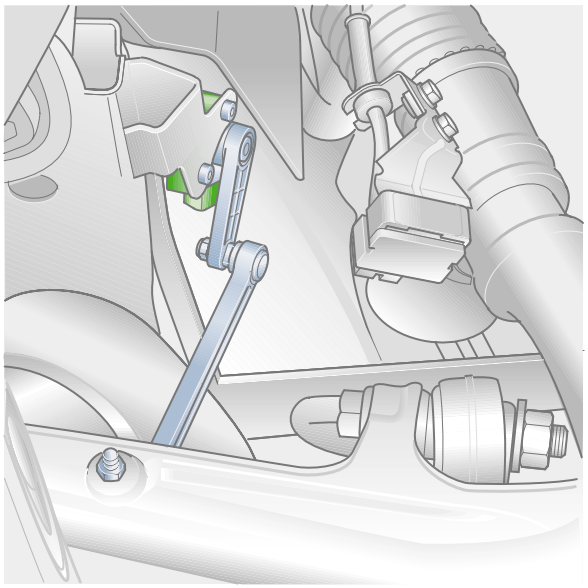
Der Signalausgang stellt ein winkelproportionales PWM-Signal (pulsweitenmoduliertes) für die Niveauregelung zur Verfügung.



Die vier Niveausensoren sind baugleich, lediglich die Halterungen und die Koppelstangen-Kinematik sind seiten- und achsspezifisch.

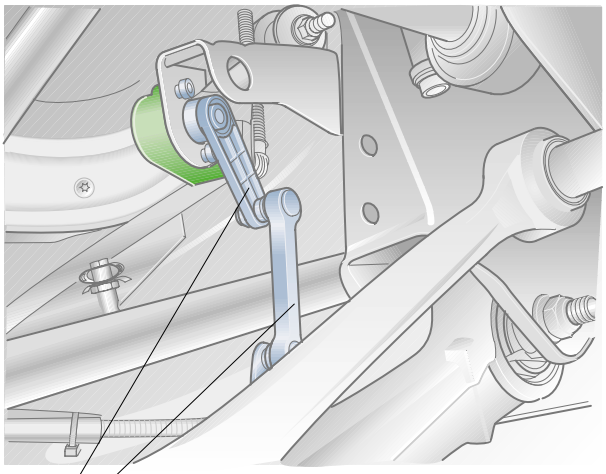
Die Auslenkung der Geberkurbel ist links und rechts entgegengesetzt und somit auch das Ausgangssignal. Dadurch ist zum Beispiel beim Einfedern das Ausgangssignal auf einer Seite ansteigend und auf der anderen Seite fallend.

Geber für Fahrzeugniveau VA



275_075

Geber für Fahrzeugniveau HA



275_076

Betätigungshebel (Koppelstangen)

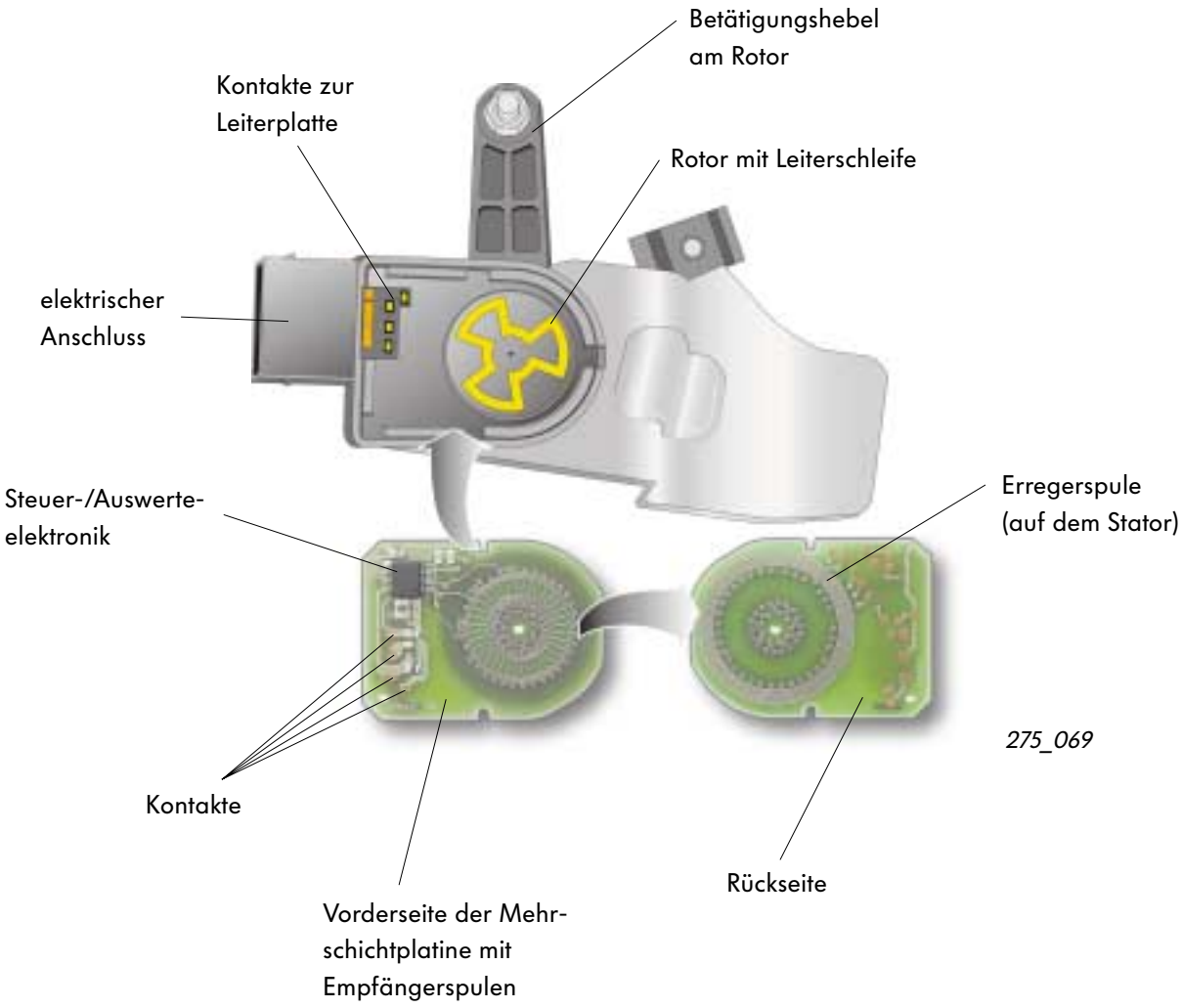
Aufbau und Funktion

Aufbau/Konstruktion der Niveausensoren

Der Sensor besteht im Wesentlichen aus dem Stator und dem Rotor.

Der Stator besteht aus einer Mehrschichtplatine, welche die Erregerspule, drei Empfangsspulen sowie die Steuer-und Auswerteelektronik zusammenfasst. Die drei Empfangsspulen haben eine Sternform und sind zueinander versetzt angeordnet.
Überlagert befindet sich die Erregerspule auf der Rückseite der Platine (Stator).

Der Rotor ist mit dem Betätigungshebel verbunden (bewegt sich mit dem Betätigungshebel).
Auf dem Rotor befindet sich eine geschlossene Leiterschleife.
Die Leiterschleife besitzt die gleiche geometrische Form wie die drei Empfangsspulen.



Funktion

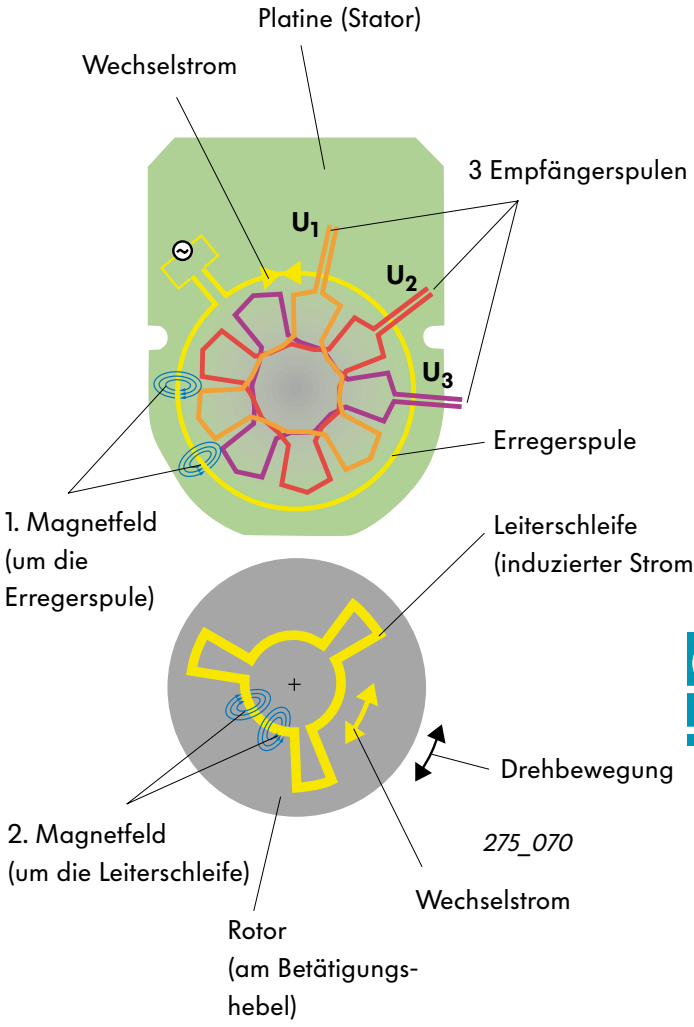
Die Erregerspule (Stator) wird von einem Wechselstrom durchflossen, der ein elektromagnetisches Wechselfeld (1. Magnetfeld) um die Erregerspule erzeugt. Dieses Wechselfeld durchflutet die Leiterschleife des Rotors.

Der in der Leiterschleife des Rotors induzierte Strom bewirkt seinerseits ein elektromagnetisches Wechselfeld (2. Magnetfeld) um die Leiterschleife des Rotors.
Beide Wechselfelder, das von der Erregerspule und das vom Rotor, wirken auf die drei Empfängerspulen und induzieren in den Empfängerspulen entsprechende stellungsabhängige Wechselspannungen.

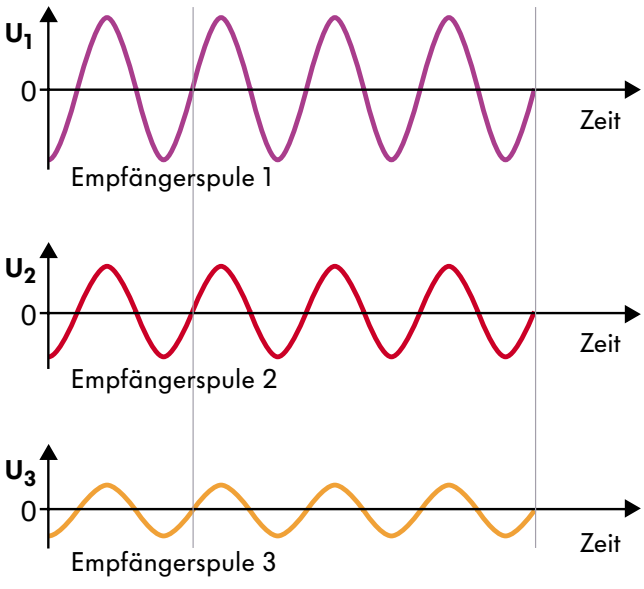
Während die Induktion im Rotor unabhängig von dessen Winkelstellung ist, erfolgt die Induktion in den Empfängerspulen abhängig von deren Entfernung zum Rotor und somit abhängig von der Winkelstellung zum Rotor.

Da der Rotor je nach Winkelstellung eine andere Überdeckung zu den jeweiligen Empfängerspulen einnimmt, sind deren induzierte Spannungsamplituden entsprechend der Winkelstellungen unterschiedlich hoch.

Die Auswerteelektronik richtet die Wechselspannungen der Empfängerspulen gleich, verstärkt sie und setzt die Ausgangsspannungen der drei Empfängerspulen zueinander ins Verhältnis (verhältnisbildene Messung). Nach der Spannungsauswertung wird das Ergebnis in die Ausgangssignale des Niveausensors umgewandelt und zur weiteren Verarbeitung den Steuergeräten zur Verfügung gestellt.



Spannungsamplituden in den Empfängerspulen in Abhängigkeit von der Rotorstellung (Beispiel)



275_071

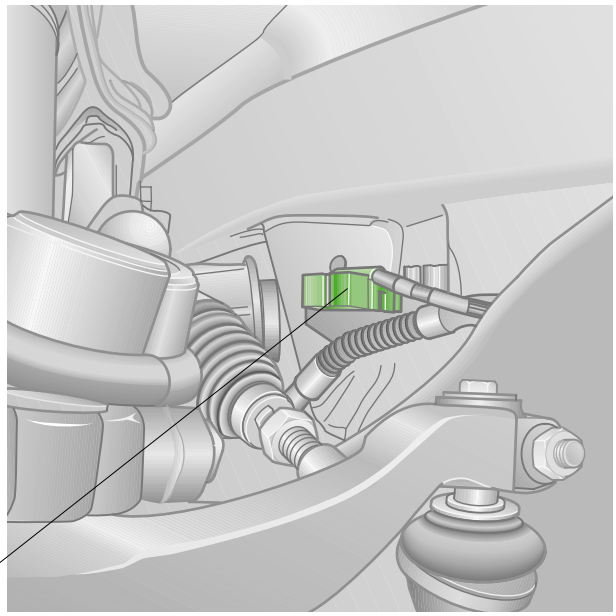
Geber für Karosseriebeschleunigung G341, G342, G343

Die Geber für die Karosseriebeschleunigung messen die Vertikalbeschleunigung des Karosserieaufbaus.
Je einer befindet sich:

– in dem Radhaus vorn, links G341 und im Radhaus vorn, rechts G342

und

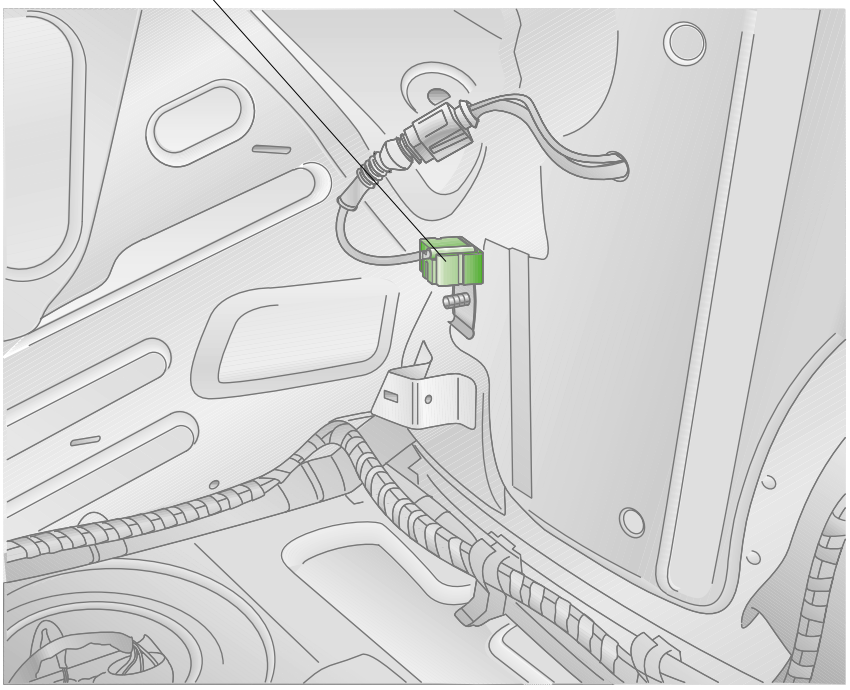
– im Kofferraum rechts vorn, hinter der Kofferraumauskleidung G343.



Geber für Karosseriebeschleunigung
Radhaus vorn, links

275_079

Geber für Karosseriebeschleunigung
Kofferraum

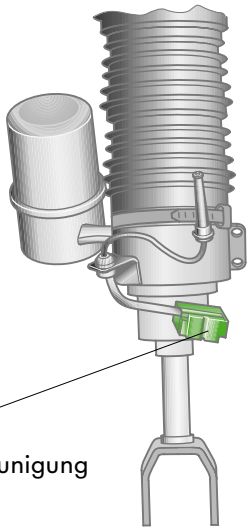


275_080

Geber für Radbeschleunigung
G337, G338, G339, G340

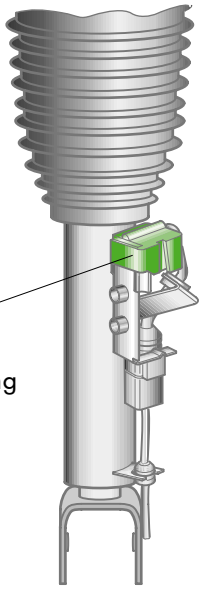
Die Geber für die Radbeschleunigung befinden sich direkt an den Luftfederbeinen der Vorder- und der Hinterachse.

Sie ermitteln die Radbeschleunigungen. Diese Signale dienen gemeinsam mit den Signalen der Karosseriebeschleunigung dem Steuergerät für Niveauregelung der Berechnung der Richtung, in die sich die Federbeine relativ zur Karosserie bewegen.



Geber für Radbeschleunigung
Vorderachse

275_088



Geber für Radbeschleunigung
Hinterachse

275_089

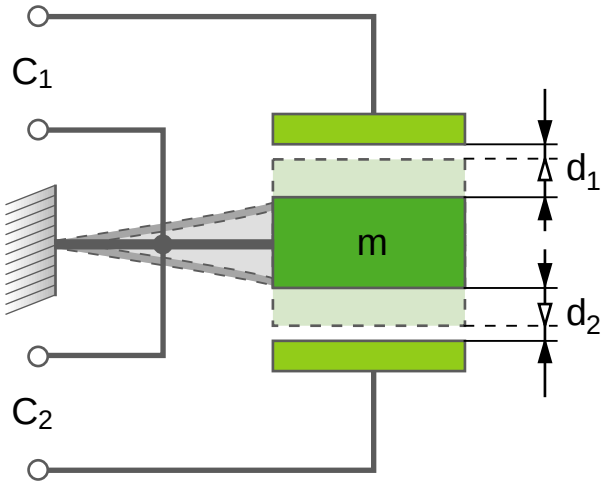
Aufbau und Funktion

Funktion und Aufbau der Geber für Beschleunigung

Die Geber für die Beschleunigungen der Karosserie und der Räder sind baugleich.

Die Geber für Beschleunigung arbeiten nach dem kapazitiven Messprinzip.
Zwischen Kondensatorenplatten schwingt eine elastisch gelagerte Masse **m** als Mittelelektrode, die die Kapazitäten der Kondensatoren C_1 und C_2 im Rhythmus ihrer Schwingungen gegenläufig verstimmt.
Der Plattenabstand d_1 des einen Kondensators wird um den Betrag größer um den sich der Abstand d_2 im anderen Kondensator verringert.
Dadurch werden die Kapazitäten der Einzelkondensatoren verändert.
Eine Auswerteelektronik liefert eine analoge Signalspannung an das Steuergerät für die Niveauregelung.

Kapazitives Messprinzip der Geber für Beschleunigung



275_091

Sie unterscheiden sich durch ihre entsprechenden mechanischen Befestigungen durch ihre unterschiedliche Geber-Messbereiche (Empfindlichkeit).

Geber-Messbereiche:

Geber für ...	Geber-Messbereich
... Karosseriebeschleunigung	± 1,3 g
... Radbeschleunigung	± 13 g

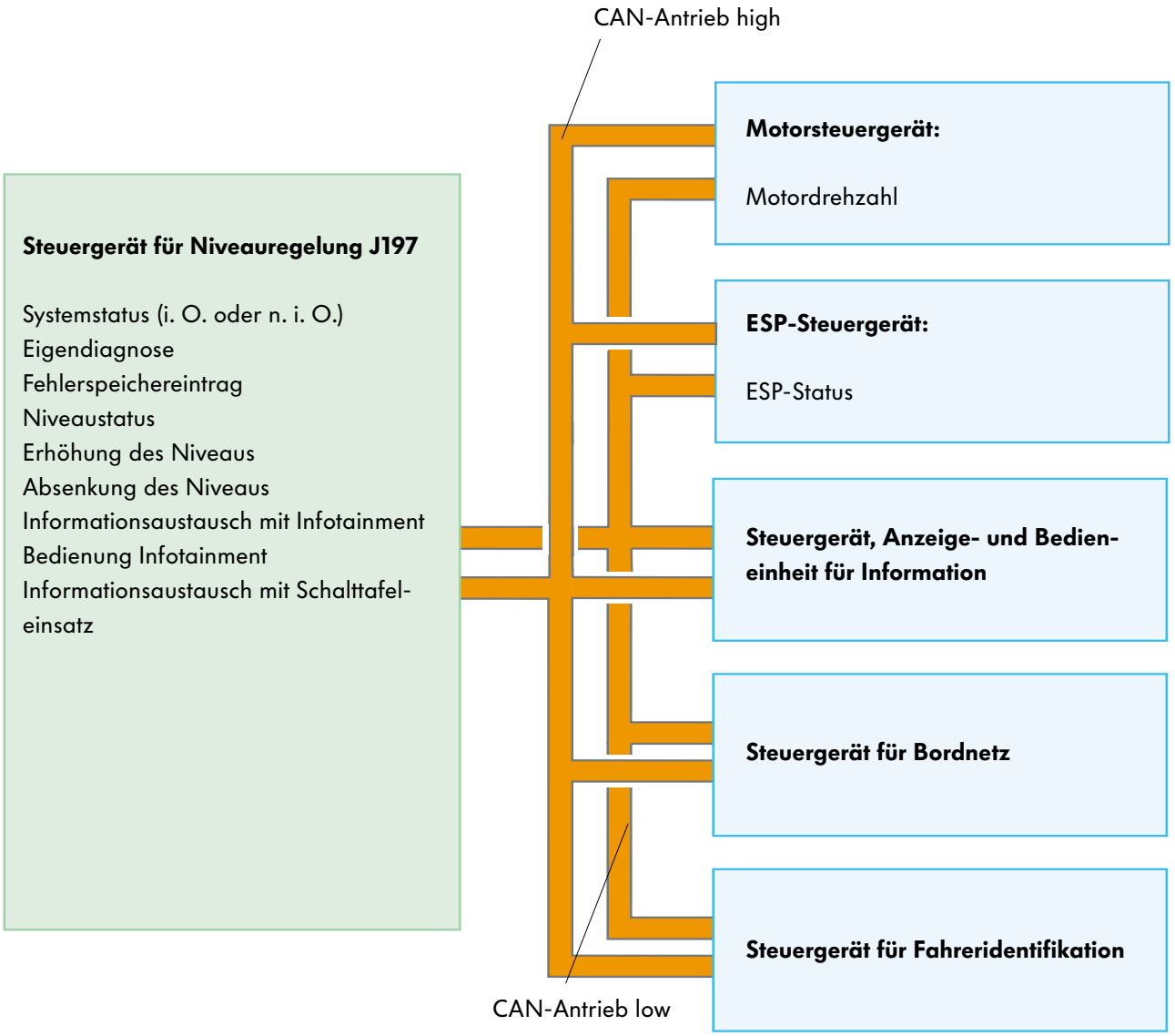
g = Maß für die Beschleunigung
1 g = 9,81 m/sec^2 = Normwert für die Fallbeschleunigung

Schnittstellen

CAN-Informationsaustausch

Bei der Luftfederung und Dämpferregelung erfolgt der Informationsaustausch zwischen dem Steuergerät für Niveauregelung J197 und den vernetzten Steuergeräten bis auf wenige Schnittstellen über den CAN-Antrieb.

Die Systemübersicht zeigt beispielhaft die Informationen, welche über den CAN-Bus zur Verfügung gestellt bzw. von den vernetzten Steuergeräten empfangen und genutzt werden.



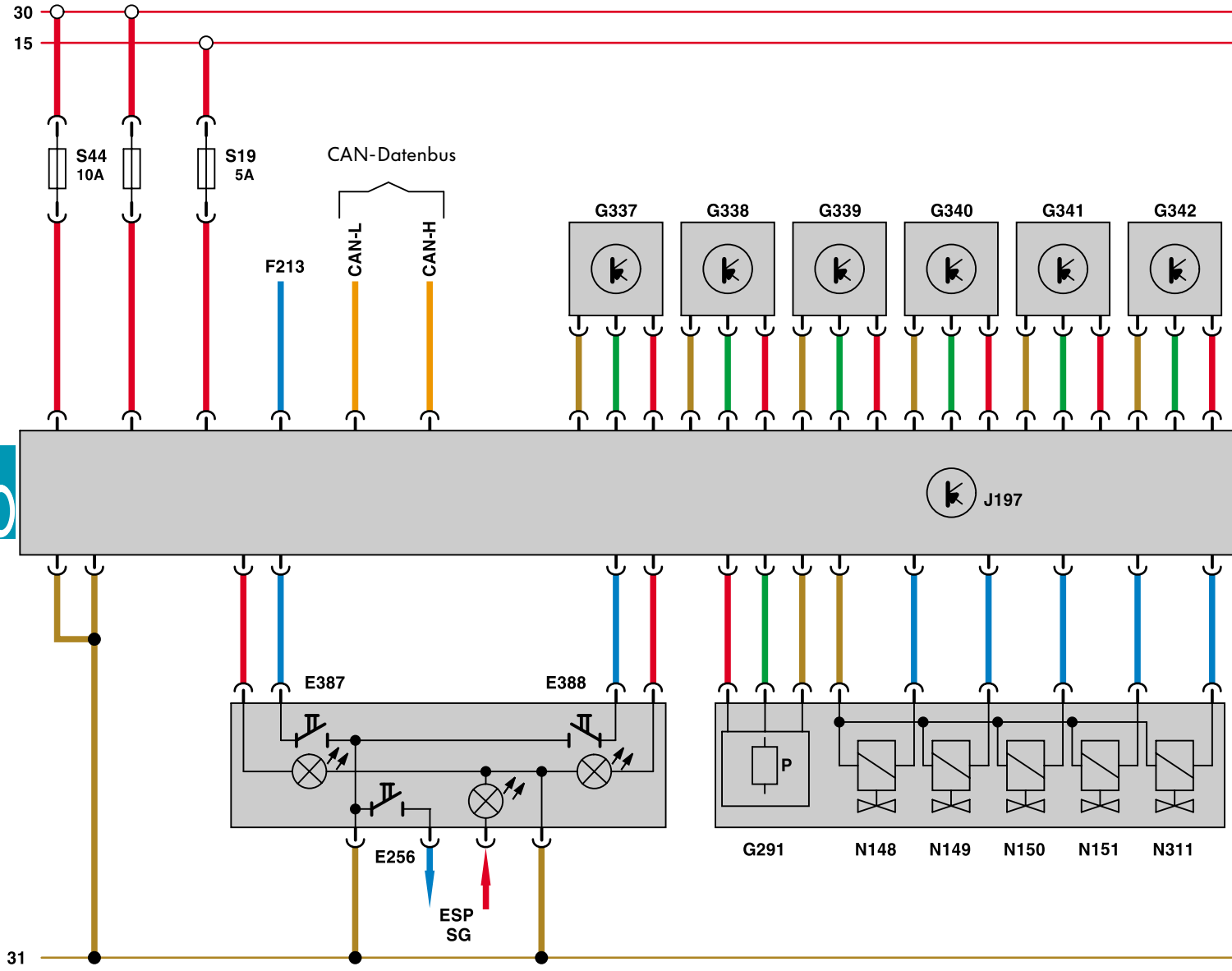
275_074

Informationen, die vom Steuergerät J197 gesendet werden.

Informationen, die vom Steuergerät J197 empfangen und ausgewertet werden.

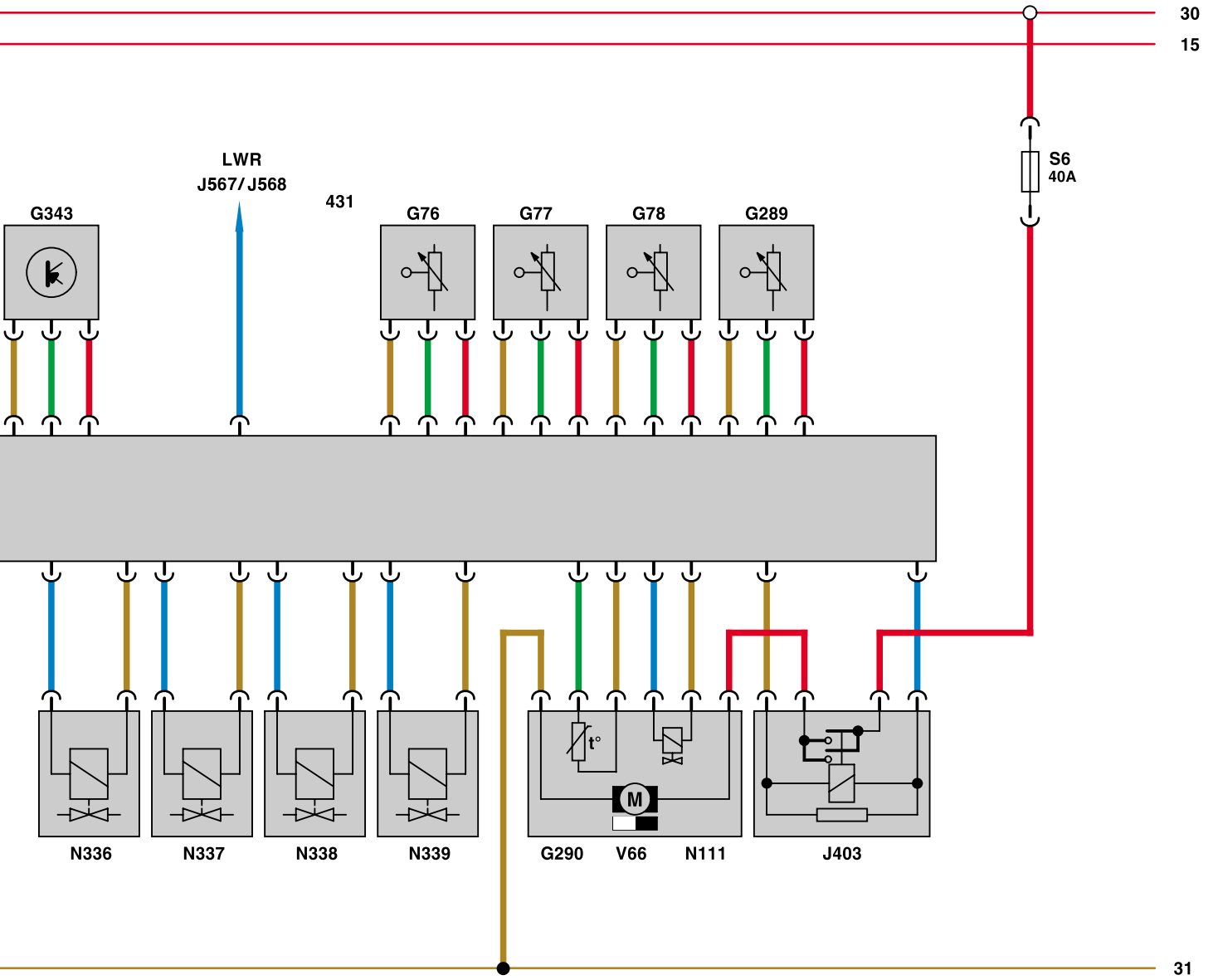
Aufbau und Funktion

Funktionsplan



Legende:

E256 - Taster für ASR/ESP
E387 - Taster für Dämpfungsverstellung
E388 - Taster für Niveauregelung
F213 - Türkontaktschalter, Fahrertür
G76 - Geber für Fahrzeugniveau hinten, links
G77 - Geber für Fahrzeugniveau hinten, rechts
G78 - Geber für Fahrzeugniveau vorn, links
G289 - Geber für Fahrzeugniveau vorn, rechts
G290 - Geber für Kompressortemperatur, Niveauregelung
G291 - Druckgeber für Niveauregelung
G337 - Geber für Radbeschleunigung vorn, links
G338 - Geber für Radbeschleunigung vorn, rechts
G339 - Geber für Radbeschleunigung hinten, links
G340 - Geber für Radbeschleunigung hinten, rechts
G341 - Geber für Karosseriebeschleunigung v, l,
G342 - Geber für Karosseriebeschleunigung v, r,
G343 - Geber für Karosseriebeschleunigung hinten
J197 - Steuergerät für Niveauregelung
J403 - Relais für Kompressor, Niveauregelung
J567 - Steuergerät für Gasentladungslampe mit LWR
u. J568 in der jeweiligen Scheinwerfereinheit



275_073

N111 - Ablassventil für Niveauregelung
N148 - Ventil für Federbein vorn, links
N149 - Ventil für Federbein vorn, rechts
N150 - Ventil für Federbein hinten, links
N151 - Ventil für Federbein hinten, rechts
N311 - Ventil für Druckspeicher, Niveauregelung
N336 - Ventil für Dämpferverstellung vorn, links
N337 - Ventil für Dämpferverstellung vorn, rechts
N338 - Ventil für Dämpferverstellung hinten, links
N339 - Ventil für Dämpferverstellung hinten, rechts
V66 - Motor für Kompressor, Niveauregelung

= Eingangssignal
= Ausgangssignal
= Plus
= Masse
= CAN-Datenbus

Weitere Schnittstellen

Das Signal für Türkontakt

Es ist ein vom Steuergerät für Bordnetz kommendes Massesignal. Es signalisiert das Öffnen einer Fahrzeugtüre oder der Heckklappe.

Es dient als „Weckimpuls“ für den Übergang vom Sleepmodus in den Vorlaufmodus.

Das Signal Kl. 50 (über CAN)

Es signalisiert die Ansteuerung des Anlassers und dient zur Abschaltung des Kompressors während des Startvorgangs.

Dadurch werden der Startvorgang gesichert und die Batterie geschont.

Die K-Leitung

Die Kommunikation zur Eigendiagnose zwischen dem Steuergerät für Niveauregelung J197 und dem Diagnosetester erfolgt über die CAN-Verbindung (Key Word Protokoll 2000) zum Schalttafeleinsatz und von dort über die K-Leitung zum Diagnosetester.

Das Signal für Leuchtweitenregelung

Der Fahrzeug-Niveauwechsel erfolgt achsweise. Das würde bei Nachtfahrten zu einer kurzzeitigen Sehfeldverkürzung führen.
Der Phaeton ist grundsätzlich mit einer Leuchtweitenregelung (LWR) ausgestattet.
Die automatisch-dynamische Leuchtweitenregelung hält den Lichtkegel auf konstantem Winkel.

Damit Fahrbahnunebenheiten, wie z. B. Bodenwellen oder Schlaglöcher, nicht zu permanenten, unnötigen Regelungen führen, sind bei relativ konstanter Fahrgeschwindigkeit und keinen oder nur geringen Rad-Beschleunigungen lange Reaktionszeiten für die Regelung vorgesehen.

Erfolgt ein Niveauwechsel beispielsweise in den Autobahnmodus gibt das Steuergerät der Luftfederung J197 ein Spannungssignal an das Steuergerät für Leuchtweitenregelung J431.
Daraufhin reagiert die LWR sofort und regelt den Winkel des Lichtkegels entsprechend der Karosserielageänderung aus.

Niveauwechsel-Vorgang:

Anheben - Es wird zuerst die Hinterachse und dann die Vorderachse angehoben.

Absenken - Es wird zuerst die Vorderachse und dann die Hinterachse abgesenkt.

Notlauf

Sowohl das System der Luftfederregelung als auch der Dämpferregelung gehen bei Fehlern der Sensoren, der Aktoren oder internen Fehlern im Steuergerät in definierte Notlaufstrategien über.
Regelaktivitäten werden unter Umständen eingeschränkt und ein Fehlerspeichereintrag veranlasst.

In diesen Fällen erfolgt eine Warnung

„Fehler Niveau“ oder „Fehler Dämpfer“

verknüpft mit einem Warnsymbol im Schalttafeleinsatz.

Es ist ein Werkstattbesuch erforderlich!

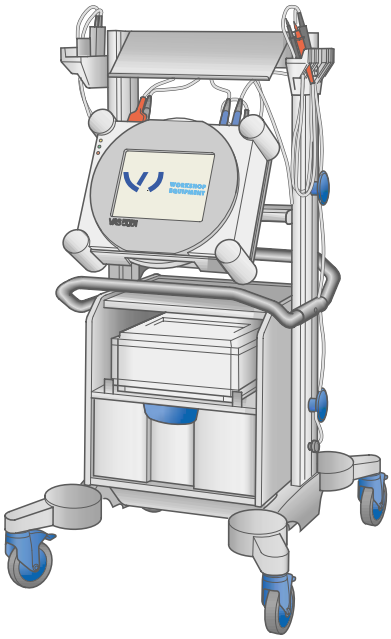


Eigendiagnose

Die Eigendiagnose

Adresswort: 34 - Niveauregelung

Zur Kommunikation mit dem Steuergerät für die Luftfederung eignen sich die Diagnosetester VAS 5051 und VAS 5052.



275_050a

Wiedereinstellen der Regellage

Werden das Steuergerät, ein Geber für das Fahrzeugniveau oder das gesamte Luftversorgungsaggregat ausgetauscht, so muss die Regellage erneut eingestellt werden.

Das Wiedereinstellen („Anlernen“) der Regellage erfolgt in der Funktion „Grundeinstellung“ (siehe „geführte Fehlersuche“).

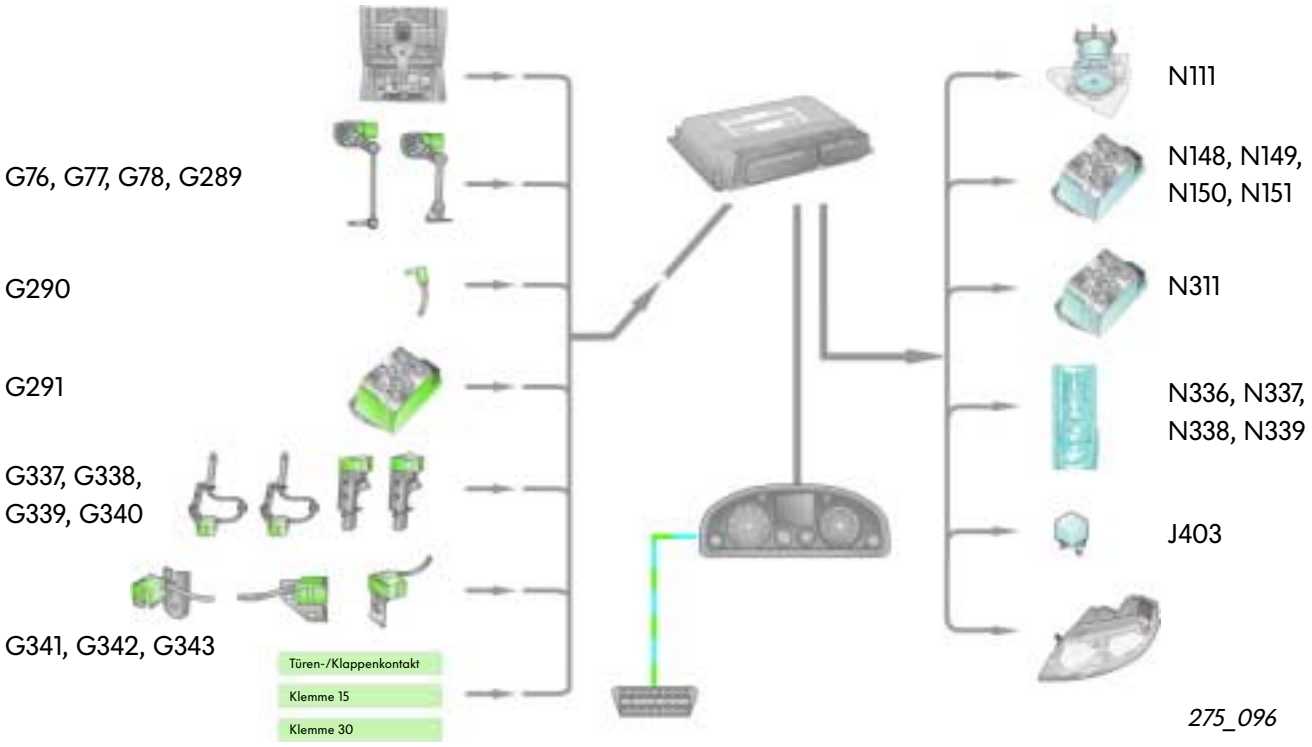


275_050b



Beachten Sie bitte, dass die Reparaturgruppe 01 in der „geführten Fehlersuche“ integriert ist.

Die farbig dargestellten Sensoren, Aktoren und Zusatzsignale werden im Rahmen der Eigendiagnose und der „geführten Fehlersuche“ geprüft.



G76, G77, G78, G289	-	Geber für Fahrzeugniveau VA und HA
G290	-	Geber für Kompressortemperatur
G291	-	Druckgeber Niveauregelung
G337 ... G340	-	Geber für Radbeschleunigung VA und HA
G341 ... G343	-	Geber für Karosseriebeschleunigung
J403	-	Relais für Kompressor Niveauregelung
N111	-	Ablassventil für Niveauregelung
N148 ... N151	-	Ventil für Federbein VA und HA
N311	-	Ventil für Druckspeicher
N336 ... N339	-	Ventil für Dämpfungsverstellung
Zusatzsignal	-	Signal für Türen-/Klappenkontakt Klemme 15 und Klemme 30

Prüfen Sie Ihr Wissen

Welche Antwort ist richtig?

Es können eine, aber auch mehrere oder alle Antworten richtig sein.

1. Die im Phaeton eingebaute Niveauregelanlage bezeichnet man als

- ☐ a) „volltragend“.
- ☐ b) „teiltragend“.
- ☐ c) „selbsttragend“.

2. Die an den Federbeinen befestigten Zusatzspeicher dienen

- ☐ a) als Reserve für den zentralen Druckspeicher der Niveauregelanlage.
- ☐ b) als Vergrößerung des wirksamen Luftfedervolumens der einzelnen Federbeine.
- ☐ c) als Luft-Puffer bei Montagearbeiten.

3. Die Fahrer kann aktiv die Fahrzeugniveaus anwählen

- ☐ a) Tiefniveau (TN).
- ☐ b) Normalniveau (NN).
- ☐ c) Hochniveau (HN).

4. Der Lufttrockner in dem Luftversorgungsaggregat (LVA)

- ☐ a) ist turnusmäßig zu warten.
- ☐ b) unterliegt wegen des regenerativen Trocknungsprozesses keinem Wartungsintervall.
- ☐ c) muss nach 30 000 km gewechselt werden.

5. Die Signale der Geber für das Fahrzeugniveau dienen

☐ a) grundsätzlich der Niveauregelung.

☐ b) zusätzlich auch der Leuchtweitenregelung.

☐ c) der Sitzhöheneinstellung.

6. Die Grundeinstellung der Regellage muss erfolgen nach

☐ a) Austausch des Steuergerätes für Niveauregelung.

☐ b) Austausch des Komfortsteuergerätes.

☐ c) Austausch eines Gebers für Fahrzeugniveau.

7. Das Anlaufen des Kompressors für die LVA erfolgt

☐ a) nur auf Fahrerwunsch.

☐ b) auch noch nach dem Ausschalten der Zündung.

☐ c) immer dann, wenn es die Luftversorgungsregelung erforderlich macht.

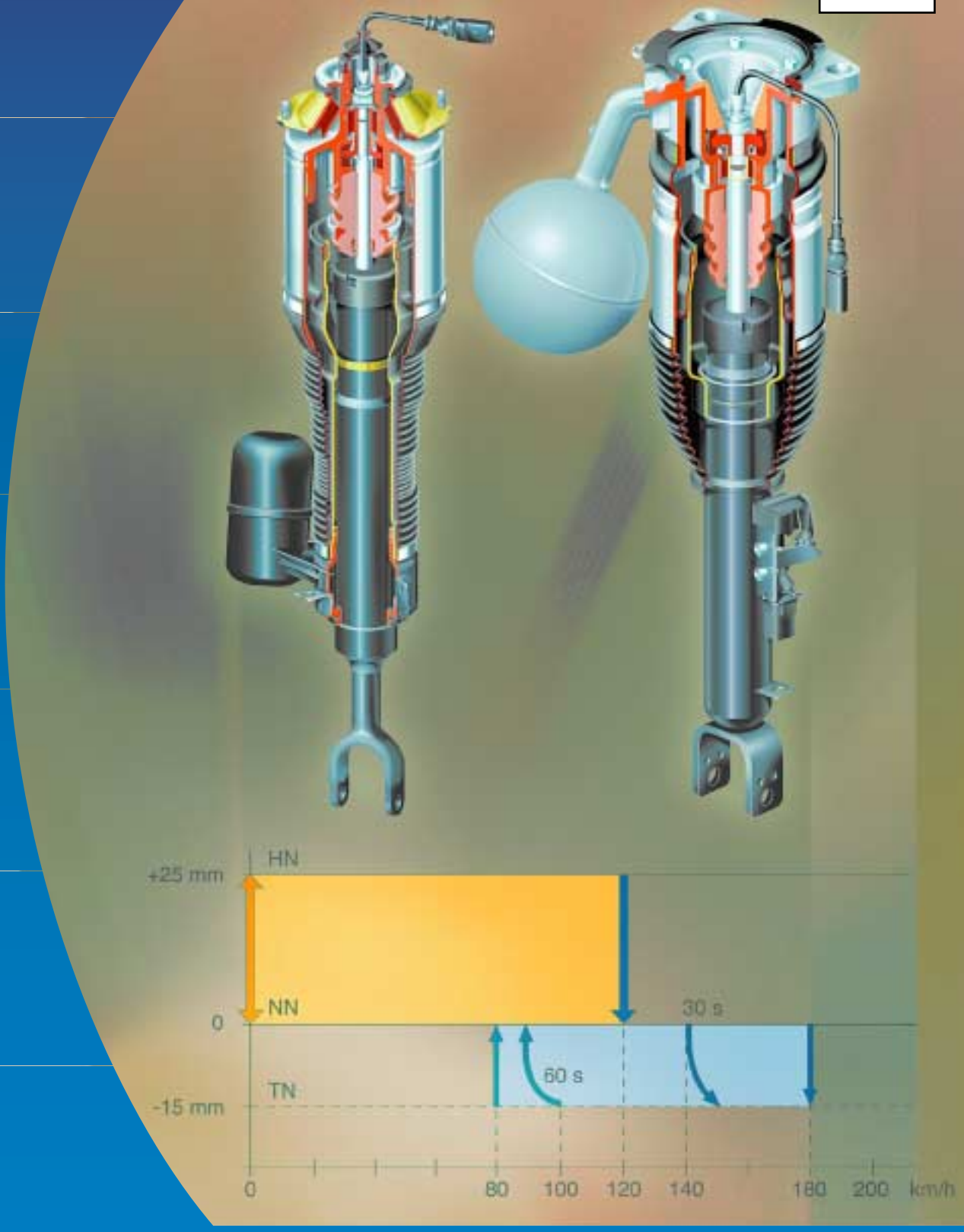
8. Vor Arbeiten auf der Hebebühne

☐ a) muss nur der Kompressor der LVA abgeschaltet werden.

☐ b) muss die Niveauregelung deaktiviert werden.

☐ c) sind keine besonderen Vorkehrungen erforderlich.

Lösungen:
1. a; 2. b; 3. b, c; 4. b; 5. a, b; 6. a, c; 7. b, c; 8. b;



Nur für den internen Gebrauch © VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg
Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten.

240.2810.94.00 Technischer Stand 03/02

Dieses Papier wurde aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff hergestellt.