Service Training

Selbststudienprogramm 357

Der Nivomat

Konstruktion und Funktion



Der Beladungszustand eines Fahrzeuges beeinflusst wesentlich den Fahrkomfort und die Fahrstabilität. Um diesen Umstand zu berücksichtigen, wurden und werden Niveau-Regulierungssysteme entwickelt. Sie haben die Aufgabe, aktiv auf die Belastung der Fahrzeugfederung zu reagieren.

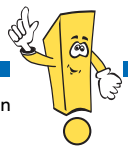
Bislang waren solche Systeme aufgrund ihrer Komplexität eher als Sonderausstattung in den gehobenen Fahrzeugklassen oder bei Luxusfahrzeugen zu finden.

Mit dem NIVOMAT der Firma ZF Sachs gibt es ein ausgereiftes, kompaktes System, das sich einfach in bestehende Fahrzeugkonzepte integrieren lässt.



S357_001

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

Einleitung **4**

Grundlagen zur Fahrzeugfederung **5**
Beladung und Fahrzeugverhalten 5
Begriffserklärung 6
Die Fahrzeugfederung in Kraftfahrzeugen 8
Die Stoßdämpfer 12

Grundlagen der Niveauregulierung **17**
Was ist Niveauregulierung 17

Der Nivomat im Passat **24**
Der Aufbau 24
Die Funktion 26

Service **31**
Werkstatthinweise 31

Glossar **33**
Erklärung der HERVORGEHOBENEN Begriffe

Prüfen Sie Ihr Wissen **34**

Einleitung

Der Nivomat ist ein Dämpfer-System,
das selbstständig auf die Beladung des Fahrzeuges reagiert und das Fahrzeugniveau dem jeweiligen Beladungszustand anpasst. Das bedeutet, der Nivomat hebt innerhalb seiner Regelgrenzen das Fahrzeugheck bei Beladung an, so dass die Fahrstabilität erhalten bleibt.
Damit trägt er wesentlich zur Sicherheit des Fahrzeuges und der Fahrzeuginsassen bei.

Die Vorteile auf einen Blick:

- kompakte Bauweise,
- leicht montier- und nachrüstbar,
- kostengünstig,
- kein elektrischer oder hydraulischer Leistungsbedarf,
- kein erhöhter Kraftstoffverbrauch,
- lastabhängige Dämpfung,
- Schutz vor Unterbodenbeschädigung bei starker Beladung,
- Stoßfänger bleiben auch bei Beladung in der optimalen Position.



S357_064

Beladung und Fahrzeugverhalten

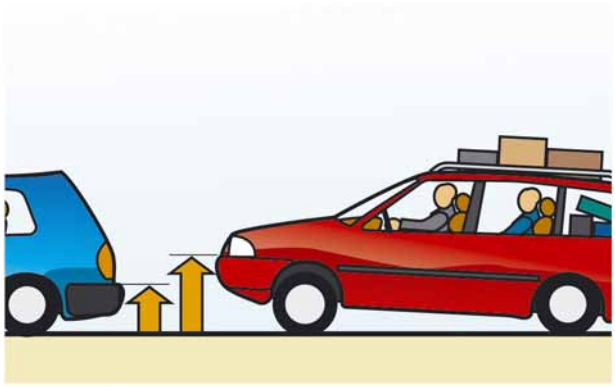
Das Fahrzeugverhalten wird neben der Geschwindigkeit und den Umgebungsbedingungen wesentlich durch das Gewicht und die Gewichtsverteilung auf die Achsen bestimmt. Besonders die Bodenfreiheit, die Fahrstabilität und Fahrsicherheit sowie die Aerodynamik werden durch eine ungleichmäßige Gewichtsverteilung negativ beeinflusst.



geringe Bodenfreiheit S357_002

Bodenfreiheit

Ist ein Fahrzeug schwer beladen, werden die Federn durch das hohe Fahrzeuggewicht bereits so stark zusammengepresst, dass das Fahrzeugniveau gegenüber der Straße verringert wird. Dadurch steht nur noch ein geringer Federweg zum Ausgleich von z. B. Schlaglöchern zur Verfügung. Der Unterboden kann beschädigt werden.



ungünstige Stoßfängerposition S357_003

Fahrstabilität und Fahrsicherheit

Bei hoher Beladung ist die Last nicht gleichmäßig auf Vorder- und Hinterachse verteilt. Die Fahrbahnhaftung der Vorderachse sinkt, so dass Antriebs-, Lenk- und Bremskräfte nicht mehr ausreichend übertragen werden.
In Crash-Situationen kommt hinzu, dass sich die Stoßfänger nicht mehr in optimaler Lage zur Aufnahme eines Aufpralls befinden.



hoher Luftwiderstand S357_004

Aerodynamik

Durch die ungünstige Fahrzeuglage bei starker Beladung verschlechtert sich der Luftwiderstand und damit der Kraftstoffverbrauch. Besonders bei hohen Geschwindigkeiten führen die schlechten aerodynamischen Eigenschaften dazu, dass die Fahrstabilität sich weiter verringert.

Grundlagen zur Fahrzeugfederung

Begriffserklärung

Bevor wir uns mit dem Aufbau und den Aufgaben von Feder-Dämpfer-Systemen im Automobilbau näher beschäftigen, müssen zunächst die beiden Begriffe Dämpfung und Federung geklärt und soweit wie möglich voneinander abgegrenzt werden.

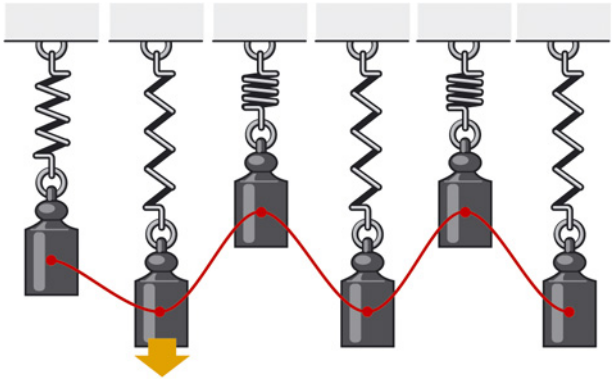
Dämpfung

Der Begriff Dämpfung entstammt der Schwingungslehre. In der klassischen Mechanik ist eine Schwingung eine Auf- und Abwärtsbewegung einer Masse, die an einer mechanischen Feder hängt. Lässt man in einer idealisierten Betrachtungsweise äußere Einflüsse und auftretende Reibung unberücksichtigt, würde eine einmal ANGEREGTE MASSE unbegrenzt weiterschwingen (ungedämpfte Schwingung).

In der Realität gibt es aber z. B. die Reibungseinflüsse mit der umgebenden Luft und innerhalb des Metallgefüges der Feder. Die auftretende Reibung „verbraucht“ bei jeder Schwingung etwas von der Schwingungsenergie. Dadurch wird die Schwingung bei jedem Hub schwächer bis sie schließlich aufhört, sofern das Feder-Masse-System nicht erneut durch einen Stoß angeregt wird.
Man spricht von einer gedämpften Schwingung.

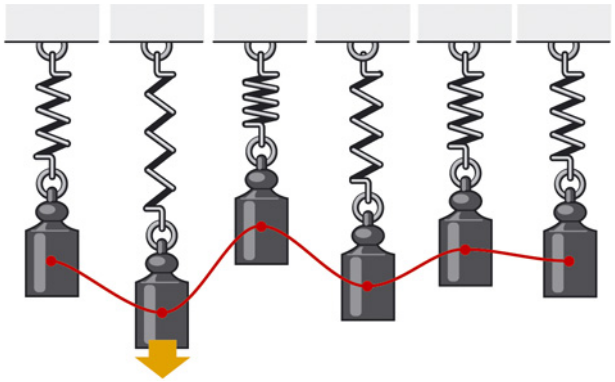
In vielen technischen Bereichen ist es erforderlich, dieses Dämpfungsverhalten durch geeignete konstruktive Maßnahmen zu verstärken, um die Entstehung oder den Aufbau von Schwingungen zu verhindern.
Dies ist im Fahrzeugbau die Aufgabe von Dämpfersystemen an den Fahrzeugachsen. Sie sorgen u. a. dafür, dass Fahrstabilität, Fahrsicherheit und Fahrkomfort erhalten bleiben.

Ungedämpfte Schwingung
(idealisierte Betrachtungsweise)

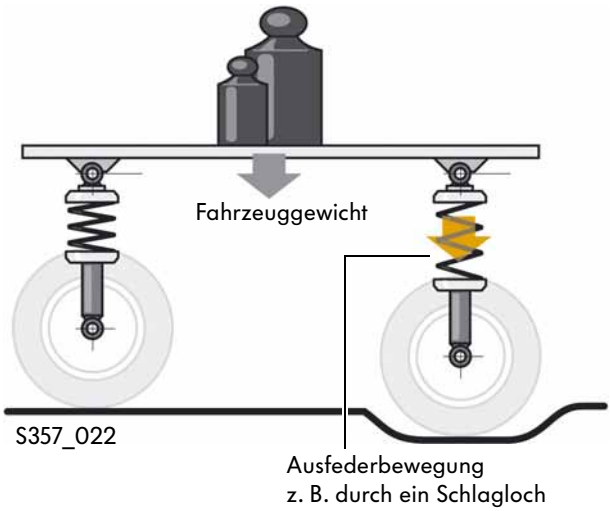


S357_020

Gedämpfte Schwingung



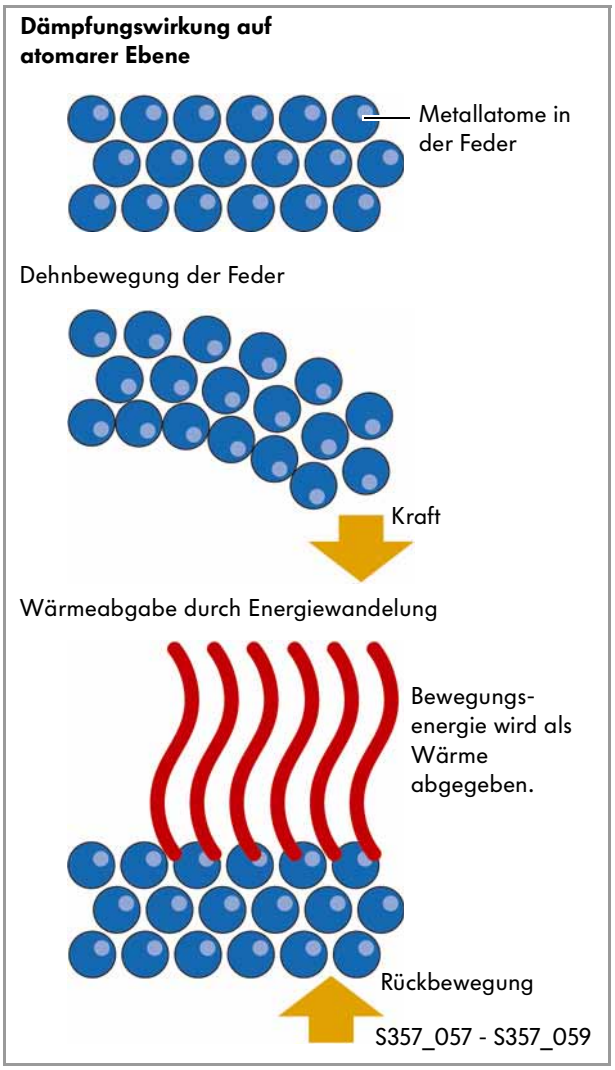
S357_021



Federung

Die Aufgabe einer Federung ist es, das Gewicht des Fahrzeuges zu tragen und Stöße, die durch Fahrbahnunebenheiten hervorgerufen werden, auszugleichen. Dabei sorgt die Federung durch eine Vorspannung der Feder dafür, dass alle Reifen z. B. bei Schlaglöchern den Bodenkontakt nicht verlieren. Dies ist wichtig, damit auch unter ungünstigen Straßenbeschaffenheiten weiterhin Antriebs-, Brems- und Lenkkräfte übertragen werden können und das Fahrverhalten beherrschbar bleibt.

Dämpfungswirkung auf atomarer Ebene



Das Dämpfungsverhalten von mechanischen Federn

Je nach Art der verwendeten Federn kann auch eine Feder auftretende Schwingungen dämpfen. Die dämpfende Wirkung ist jedoch in der Regel gering. Sie beruht darauf, dass die METALLATOME in der Feder einen relativ festen Platz besitzen und diesen auch behalten möchten. Die ATOME müssen durch eine äußere Kraft angeregt werden, um ihren angestammten Platz zu verlassen und die Dehnbewegung der Feder mitzumachen. Ist die äußere Kraft nicht mehr da, kehren die Metallatome in ihre ursprüngliche Lage zurück.
Bei diesen Bewegungen auf atomarer Ebene wird Bewegungsenergie in Wärmeenergie gewandelt. Deshalb werden Federn warm, wenn sie wiederholt schnell hintereinander gedehnt und gestaucht werden.

Grundlagen zur Fahrzeugfederung

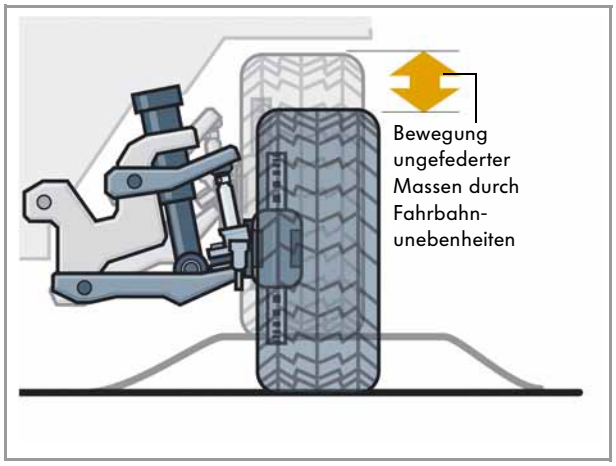
Die Fahrzeugfederung in Kraftfahrzeugen

Um ein optimales Zusammenspiel von Federung und Dämpfung zu erlangen, werden Federn und Dämpfungssysteme gemeinsam eingesetzt.
Physikalische gesehen besteht ein Fahrzeug aus ungefederten und gefederten Massen.
Die mechanischen Federn und die Dämpfer-Systeme zählen dabei teilweise zu den ungefederten Massen.

Ungefederte Massen

Hierzu gehören Bauteile, die die Fahrbahnunebenheiten in ihre Bewegungen aufnehmen. Es sind:

- die Achsen,
- die Federn (teilweise),
- die Radaufhängungen,
- die Bremsen,
- die Dämpfer (teilweise) und
- die Räder.

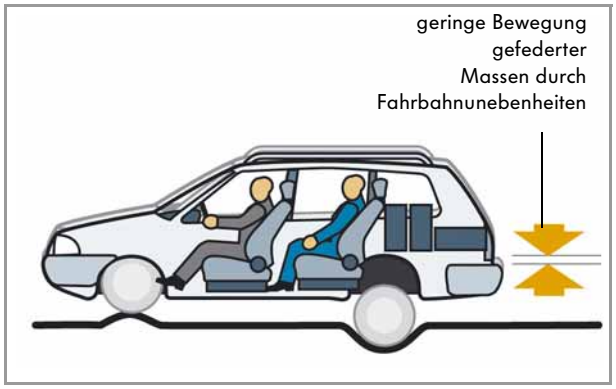


S357_005

Gefederte Massen

Es sind alle Bauteile, die durch Federelemente von den Fahrbahnunebenheiten abgekoppelt sind, wie z. B.:

- die Karosserie,
- die Insassen oder
- die Beladung.

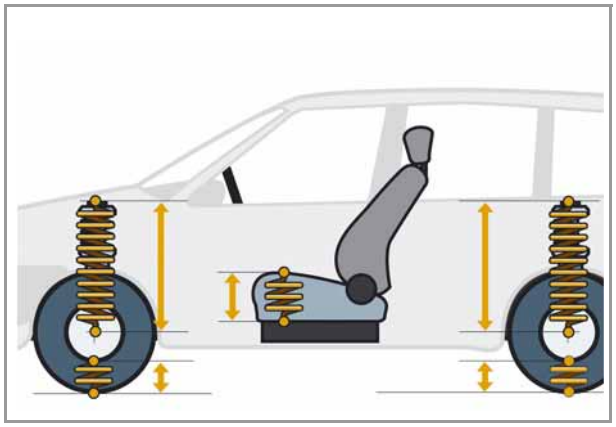


S357_006

Grundsätzlicher Aufbau

Die Federung eines Kraftfahrzeuges besteht in der Regel aus drei Federelementen:

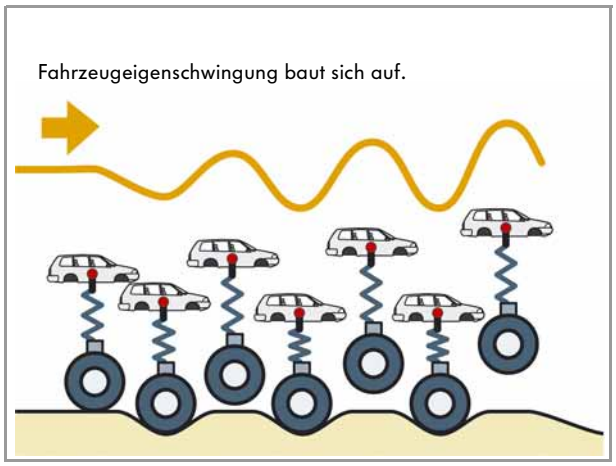
- den Reifen,
- der Federung der Achsen und
- der Sitzfederung.



S357_007

Aufgaben von Federsystemen

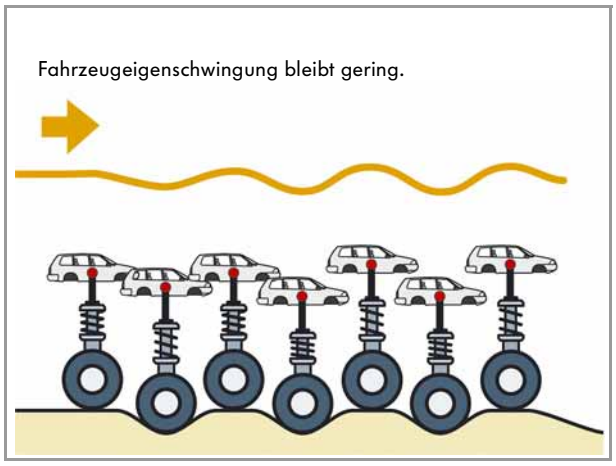
Um die Aufgaben der Federsysteme zu veranschaulichen, betrachten wir das Verhalten eines Fahrzeuges mit einer rein mechanischen Federung ohne Stoßdämpfer (ungedämpfte Federung) und eines Fahrzeuges mit Feder-Dämpfersystem (gedämpfte Federung).



Federung ohne Stoßdämpfer S357_008

Fahrzeug mit ungedämpfter Federung

Bei einer ungedämpften Federung beginnen die Reifen bei aufeinanderfolgenden Fahrbahnunebenheiten zu springen und den Straßenkontakt zu verlieren.
Der Fahrzeugaufbau gerät in sich aufbauende und überlagernde Schwingungs- und Wankbewegungen, die eine ungleichmäßige Bodenhaftung hervorrufen.
Das Fahrzeug ist nicht mehr beherrschbar und wird instabil.



Federung mit Stoßdämpfer S357_009

Fahrzeug mit gedämpfter Federung

Die Dämpfung sorgt dafür, dass Schwingungen der Karosserie und der Räder, die durch Fahrbahnunebenheiten hervorgerufen werden, schnell abgebaut werden. So bleibt die Haftung zwischen Reifen und Straße erhalten und Antriebs-, Lenk- sowie Bremskräfte können übertragen werden.
Das Fahrzeug ist auch bei ungünstiger Straßenbeschaffenheit beherrschbar und fahrstabil.



In den Abbildungen zum Verhalten von Federn und Dämpfern wird auf den folgenden Seiten der Befestigungspunkt an der Karosserie als Festpunkt angenommen. Deshalb ist beim Einfedern eine nach oben gerichtete Kraft als Pfeil angezeigt, welche die Feder bzw. den Dämpfer zusammendrückt, während das Ausfedern mit einem nach unten gerichteten Pfeil angezeigt wird. Die Bewegung wird also relativ zur Fahrzeugkarosserie dargestellt.

Grundlagen zur Fahrzeugfederung

Arten von Federungen

Man unterscheidet folgende Federungen:

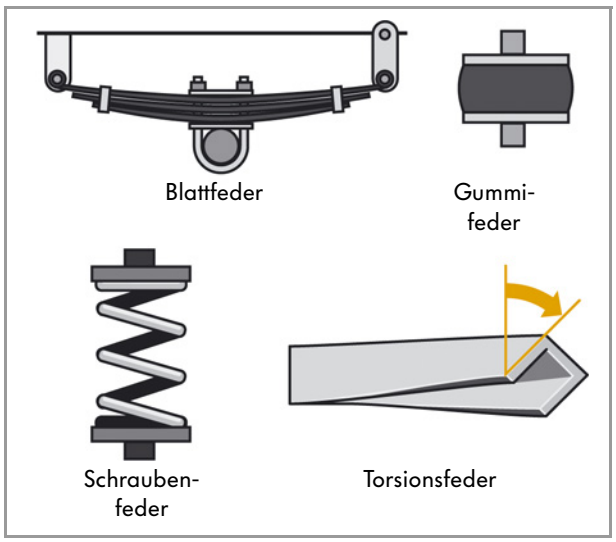
- mechanische Federungen in Form von Blatt-, Schrauben- oder TORSIONSFEDERN aus Stahl, bzw. Federelemente aus Gummi,
- pneumatische Federungen,
- hydro-pneumatische Federungen und
- Kombinationen dieser Systeme wie z. B. einem Federbein mit Luftfederung und Schraubenfeder.

Mechanische Federung

Die mechanischen Federn eines Fahrzeuges dienen in erster Linie dazu, die Masse des Fahrzeuges zu tragen.

Dämpfungsverhalten mechanischer Federn

Wie beschrieben, besitzen mechanische Federn in der Regel nur ein geringes Dämpfungsverhalten.
Es reicht nicht aus, die Schwingungen der Karosserie ausreichend zu dämpfen.



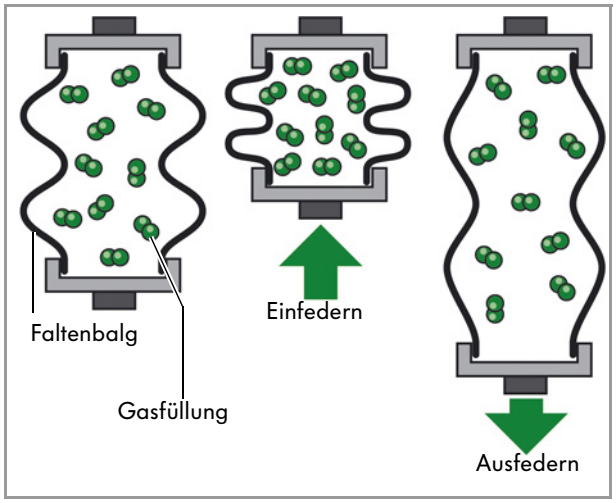
S357_010

Pneumatische Federungen

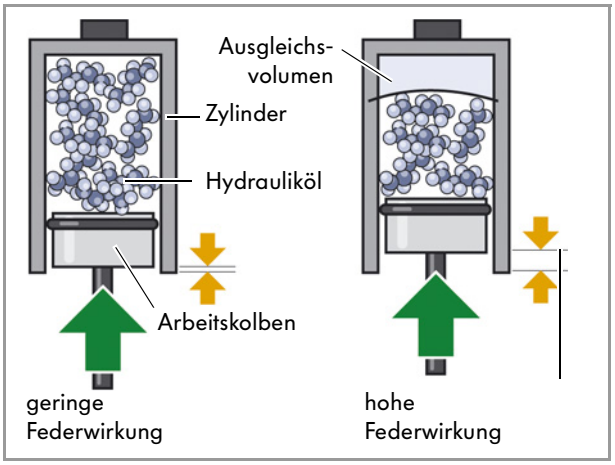
Eine pneumatische Feder besteht vereinfacht aus einem gasdichten Faltenbalg, der mit einem Gas gefüllt ist. Die Federwirkung beruht darauf, dass Gase komprimierbar sind. Das bedeutet, der Faltenbalg wird durch die Fahrzeugmasse zusammengedrückt.

Dämpfungsverhalten pneumatischer Federn

Auch die pneumatische Federung besitzt beim Ein- und Ausfedern des Faltenbalges ein Dämpfungsverhalten. Es beruht darauf, dass durch das Komprimieren und Expandieren der Gasfüllung Schwingungsenergie in Wärmeenergie umgewandelt wird.



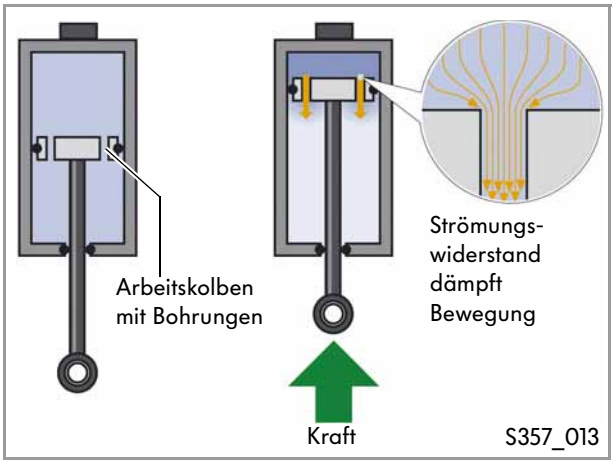
S357_011



S357_012

Hydro-pneumatische Federung

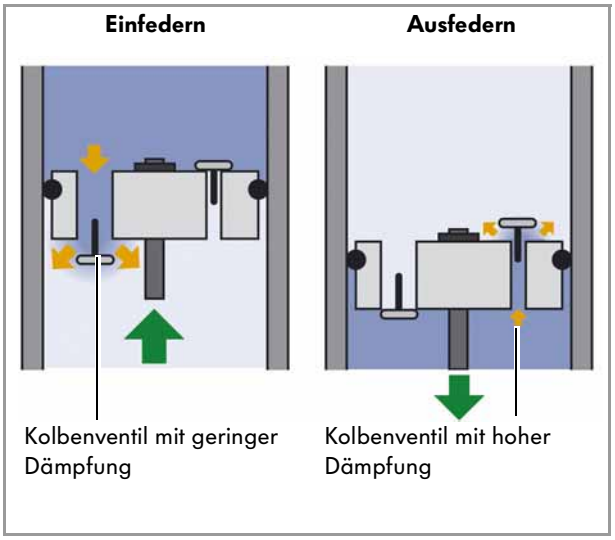
Da sich Flüssigkeiten kaum komprimieren lassen, besitzt eine rein hydraulische Federung nur eine sehr geringe Federwirkung. Um ein gutes Dämpfungsverhalten zu erzielen, sind Hydraulikflüssigkeiten jedoch wiederum sehr gut geeignet. Um diese Eigenschaft nutzen zu können, werden Zylinder und Arbeitskolben um ein Ausgleichsvolumen mit Gasfüllung (Gasfeder) ergänzt. Man erhält so eine hydro-pneumatische Federung, bei der die Federwirkung durch die Komprimierung des Füllgases im Ausgleichsvolumen erreicht wird.



S357_013

Dämpfungsverhalten der hydro-pneumatischen Federung

Aufgrund der Eigenschaften des Hydrauliköls besitzen diese Systeme ein sehr hohes Dämpfungsverhalten. Es wird dadurch genutzt, dass der Kolben über kleine Bohrungen verfügt, durch die die Hydraulikflüssigkeit hindurchströmen muss, wenn der Kolben durch eine Kraft bewegt wird.



S357_014

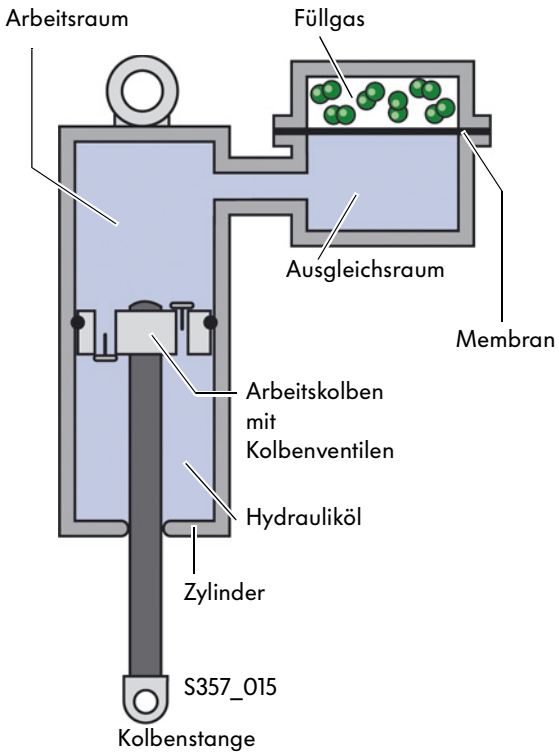
Durch einseitig wirkende Kolbenventile mit unterschiedlichen Querschnitten wird erreicht, dass das Ausfedern stärker gedämpft ist als eine Einfederbewegung. Dies ist notwendig, weil die mechanische Feder am Federbein (Tragfeder) der Bewegung des Arbeitskolbens beim Ausfedern entgegenwirkt.
Beim Einfedern unterstützt die Tragfeder dagegen die Bewegung des Arbeitskolbens. Deshalb ist für die Einfederbewegung nur eine geringere Dämpfung erforderlich.

Grundlagen zur Fahrzeugfederung

Die Stoßdämpfer

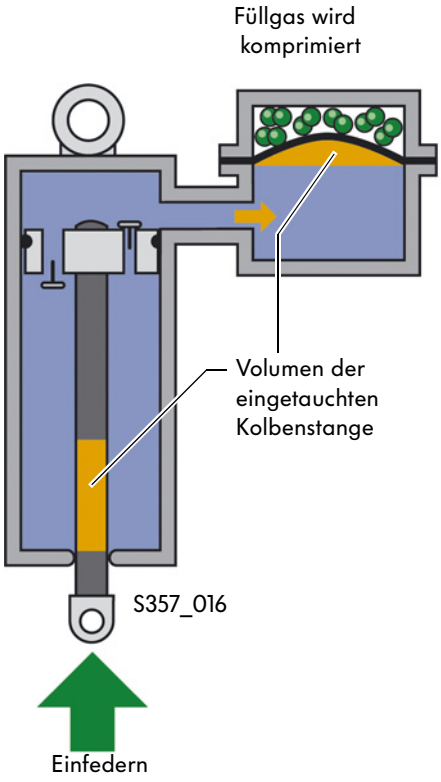
Stoßdämpfer sind die heute am häufigsten in Fahrwerksfederungen eingesetzte Dämpferelemente. Ihre Aufgabe besteht wie beschrieben darin, Schwingungen, die von Fahrbahnunebenheiten hervorgerufen werden, so schnell und umfassend zu dämpfen, dass der Fahrzeugaufbau möglichst nicht oder kaum in eine Eigenschwingung versetzt wird.

In der Regel sind Stoßdämpfer heute konstruktiv als hydro-pneumatische Systeme ausgelegt.



Der Ausgleichsraum dient u. a. dazu, das Öl aufzunehmen, das aus dem Arbeitsraum verdrängt wird, wenn die Kolbenstange beim Einfedern in den Arbeitsraum eintaucht.

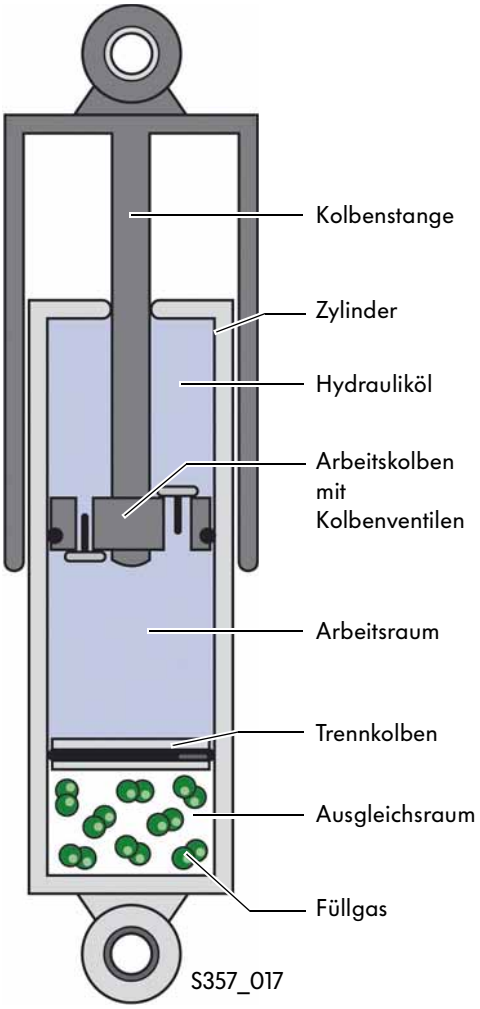
Von ihrem Aufbau unterscheidet man Einrohr- und Zweirohrdämpfer.
Die hier dargestellte Membran ist dabei nicht zwingend erforderlich. Je nach Bauart der Stoßdämpfer können Hydrauliköl und Gasfüllung direkt aneinandergrenzen oder durch einen Trennkolben voneinander abgegrenzt sein.





Zur besseren Darstellung des Grundprinzipes ist der Ausgleichsraum als externer Behälter dargestellt. In der Realität besitzen Stoßdämpfer in der Regel einen integrierten Ausgleichsraum.

Einrohrdämpfer



Aufbau

Bei einem Einrohrdämpfer sind der Arbeitsraum und der Ausgleichsraum übereinander im gleichen Zylinder untergebracht. Von dieser Anordnung leitet sich der Name Einrohrdämpfer ab. Damit es beim Betrieb des Dämpfers zwischen Gasvolumen und Hydraulikflüssigkeit nicht zu Blasenbildung oder einem Aufschäumen kommt, sind beide Räume durch einen verschiebbaren Trennkolben voneinander abgegrenzt.

Der Ausgleichsraum ist mit Stickstoffgas als Füllgas gefüllt, das je nach Hersteller und Bauart einen Fülldruck von ca. 20 bis 30 bar besitzt. Oberhalb des Trennkolbens liegt der Arbeitsraum, in dem sich der Arbeitskolben bewegt.

Die Dämpfungswirkung beruht, wie bei der hydraulischen Federung beschrieben, darauf, dass sich der Kolben nur so schnell im Arbeitsraum bewegen kann, wie Hydraulikflüssigkeit durch die Kolbenventile von einer Seite des Kolbens auf die andere strömen kann. Die Kolbenventile sorgen dabei für die unterschiedliche Dämpfungscharakteristik beim Ein- und Ausfedern.

Vorteile des Einrohrdämpfers:

- gute Wärmeableitung,
- keine Aufschäumungsgefahr,
- rasches Ansprechverhalten und
- beliebige Einbaulage möglich.

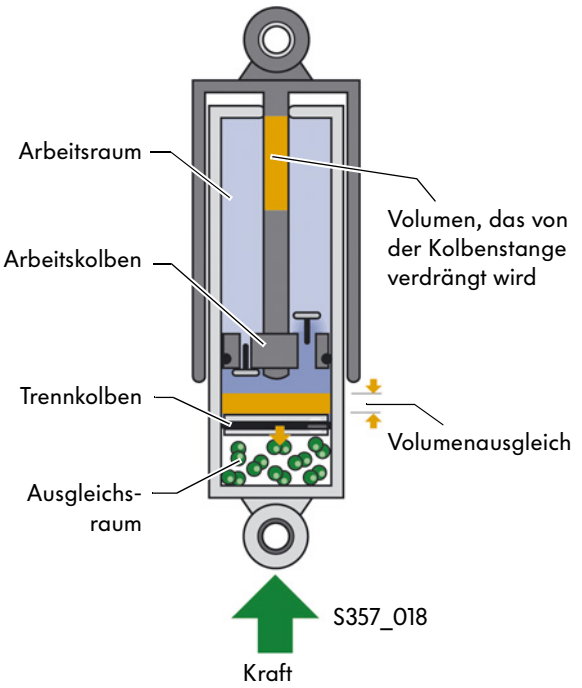
Grundlagen zur Fahrzeugfederung

Funktion

Aufgrund des beweglichen Trennkolbens besitzt der Einrohrdämpfer einen Arbeitsraum mit veränderbarem Volumen.

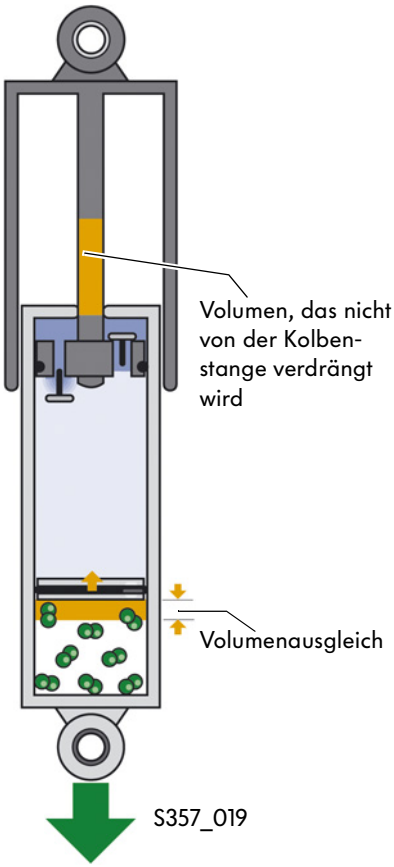
Wenn beim Einfedern der Arbeitskolben in Richtung Gasvolumen verschoben wird, taucht die Kolbenstange in das Hydrauliköl ein. Das Volumen an Hydrauliköl, das durch die Kolbenstange verdrängt wird, verschiebt den Trennkolben, so dass sich der Druck im Ausgleichsraum erhöht.
Dieser Vorgang wird als Volumenausgleich bezeichnet.

Einfedern

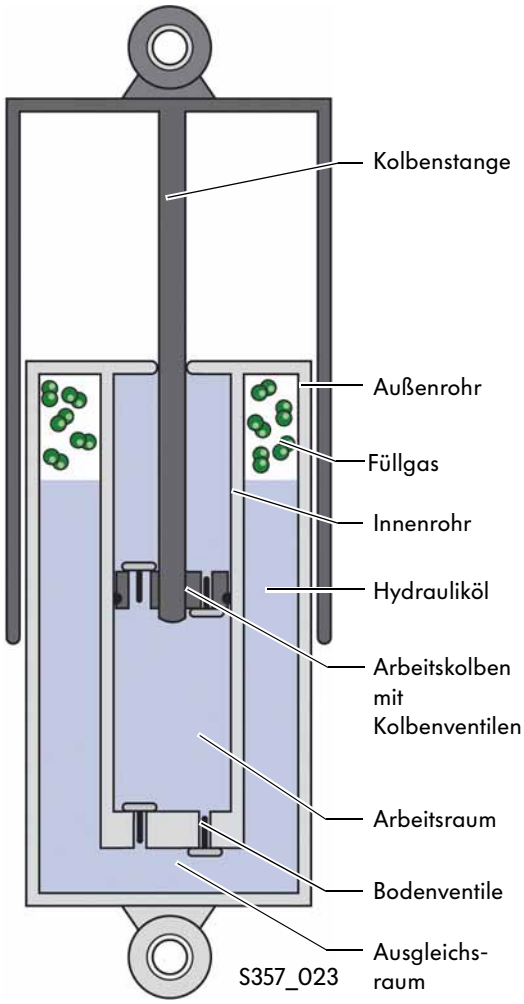


Beim Ausfedern wird die Kolbenstange weit aus dem Arbeitsraum herausgezogen. Dadurch verdrängt sie weniger Hydrauliköl als vorher, so dass der Trennkolben nun vom Druck des Gasvolumens in Richtung Arbeitskolben verschoben wird.

Ausfedern



Zweirohrdämpfer



Aufbau

Bei einem Zweirohrdämpfer sind der Arbeitsraum und der Ausgleichsraum in zwei Rohren untergebracht, die ineinander gesteckt sind. Im Innenrohr befindet sich der Arbeitsraum mit dem Arbeitskolben.
Der Raum zwischen Außenrohr und Innenrohr dient als Ausgleichsraum. Hier befindet sich das Füllgas und das Hydrauliköl für den Volumenausgleich.

Bei einem Zweirohrdämpfer wird Stickstoff als Füllgas eingesetzt, allerdings gegenüber Einrohrdämpfern mit einem geringeren Fülldruck von ca. 3 bis 8bar.
Arbeitsraum und Ausgleichsraum stehen über Bodenventile im inneren Rohr in Verbindung,
so dass Hydrauliköl zwischen beiden Räumen hin und her fließen kann.

Vorteile des Zweirohrdämpfers

- kostengünstige Bauweise
- geringe Bauhöhe



Um den Aufbau und die Funktion deutlicher darstellen zu können, ist der Zweirohrdämpfer in seinen Proportionen von Höhe zu Breite übertrieben breit gezeichnet. Tatsächlich besitzt der Zweirohrdämpfer eine erheblich schlankere Bauform.

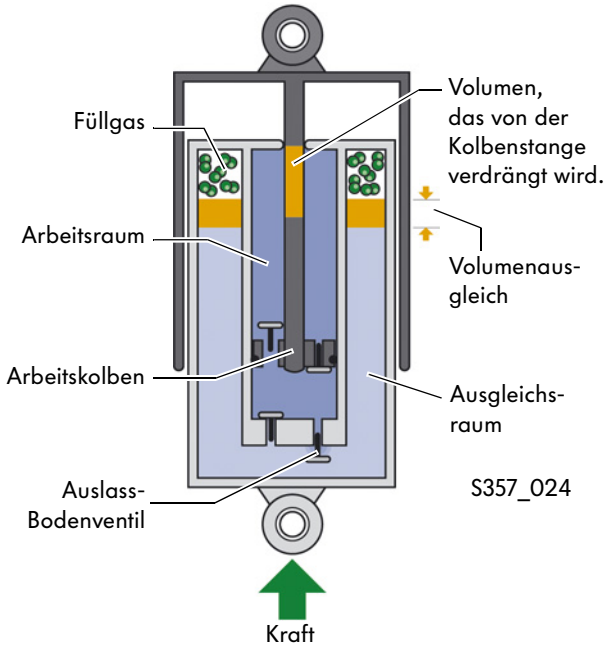
Grundlagen zur Fahrzeugfederung

Funktion

Auch beim Zweirohrdämpfer muss ein Volumenausgleich beim Ein- und Ausfedern stattfinden, weil die Kolbenstange im Arbeitsraum je nach Eintauchtiefe mehr oder weniger Hydrauliköl verdrängt.

Beim Einfedern wird das Hydrauliköl, das von der Kolbenstange verdrängt wird, über das Auslass-Bodenventil in den Ausgleichsraum gepresst.
Der Druck im Ausgleichsraum erhöht sich. Dadurch wird das Füllgas zusammengepresst, bis sich zwischen Arbeitsraum, Ausgleichsraum und Füllgas ein Druckgleichgewicht eingestellt hat.

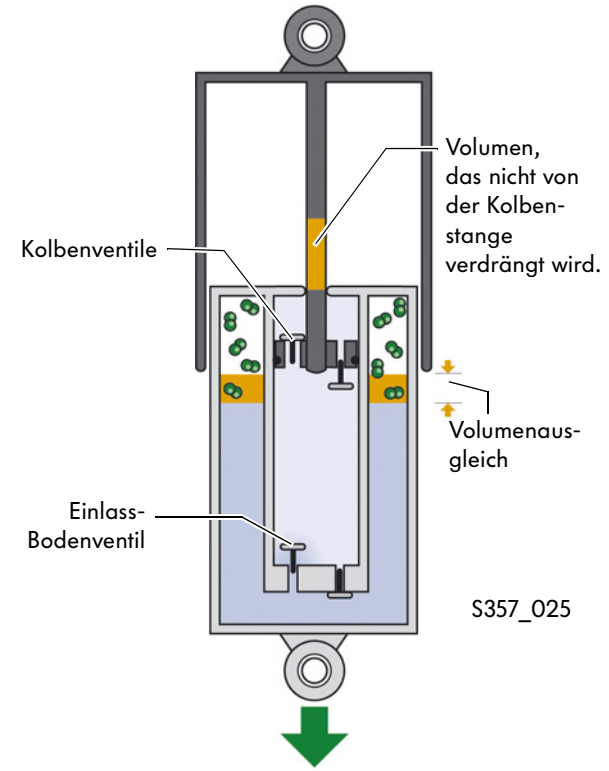
Einfedern



Beim Ausfedern wird die Kolbenstange weit aus dem Innenrohr herausgezogen. Dadurch wird weniger Hydrauliköl von der Kolbenstange verdrängt, so dass der Druck im Arbeitsraum gegenüber dem Ausgleichsraum sinkt. Das Einlass-Bodenventil öffnet und Hydrauliköl strömt aus dem Ausgleichsraum in den Arbeitsraum.
Dabei expandiert das Füllgas zwischen Innen- und Außenrohr, bis sich wiederum ein Druckgleichgewicht zwischen Arbeitsraum, Ausgleichsraum und Füllgas eingestellt hat.

Die Kolbenventile im Arbeitskolben und die Bodenventile sorgen für die Dämpfung beim Ein- und Ausfedern.

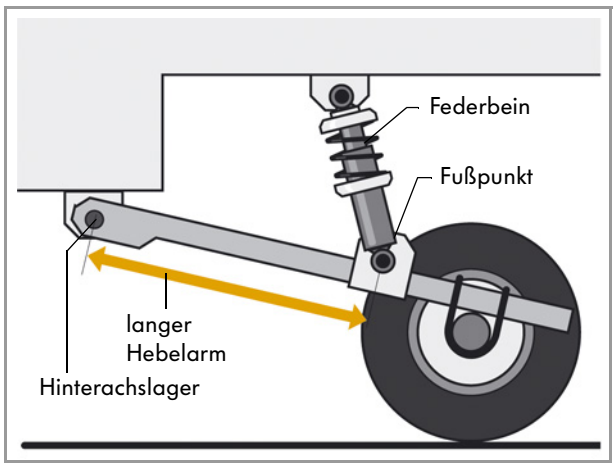
Ausfedern



Was ist Niveauregulierung?

Wie am Anfang des Selbststudienprogramms beschrieben, beeinflusst die Beladung eines Fahrzeuges wesentlich die Fahrstabilität.
Über eine Niveauregulierung im Feder-Dämpfersystem ist es möglich, das Fahrzeugniveau auf unterschiedliche Beladungszustände einzustellen. Dadurch bleiben Fahrstabilität, Fahrsicherheit und Fahrkomfort auch bei starker Beladung erhalten.
Zur Realisierung einer Niveauregulierung gibt es unterschiedliche konstruktive Ansätze:

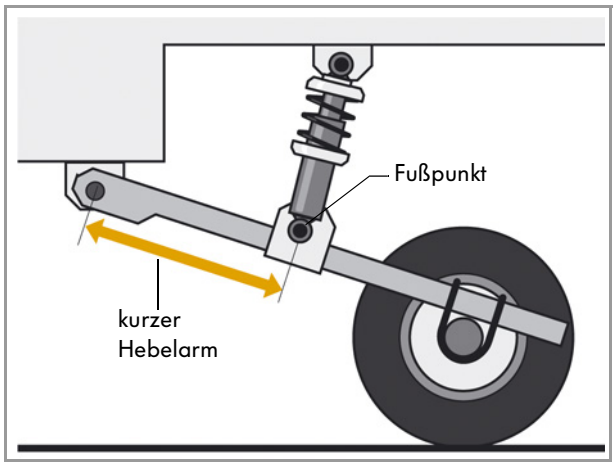
- die Änderung der Übersetzung der Federung,
- die Änderung des unteren Befestigungspunktes (Fußpunktes) der Stoßdämpfer oder
- eine Kombination dieser beiden Konstruktionsansätze.



S357_026

Änderung der Federübersetzung

Mit der Übersetzung einer Federung bezeichnet man den Abstand zwischen dem Hinterachslager und dem Fußpunkt des Stoßdämpfers im Verhältnis zur Lage des Rades.
Mit Hinterachslager und Fußpunkt wird ein Hebelarm festgelegt.



S357_027

Durch ein mechanisches Verschieben des Fußpunktes in Richtung Hinterachslager wird dieser Hebelarm verkürzt.
Der kürzere Hebel bewirkt, dass man mehr Kraft aufwenden muss, um den Stoßdämpfer über die Hinterachse zusammenzudrücken. Das heißt, bei gleicher Beladung federt das Fahrzeug an der Hinterachse nicht so stark ein, wie bei langem Hebelarm.

Grundlagen der Niveauregulierung

Änderung des Federfußpunktes

Mit der Änderung des Federfußpunktes ist gemeint, dass der untere Befestigungspunkt des Federbeins durch geeignete konstruktive Maßnahmen gegenüber dem Fahrzeugaufbau nach unten verschoben wird. Hierdurch ändern sich ähnlich wie beim vorangegangenen Beispiel die Hebelarmverhältnisse zwischen Hinterachslager und Federbein.

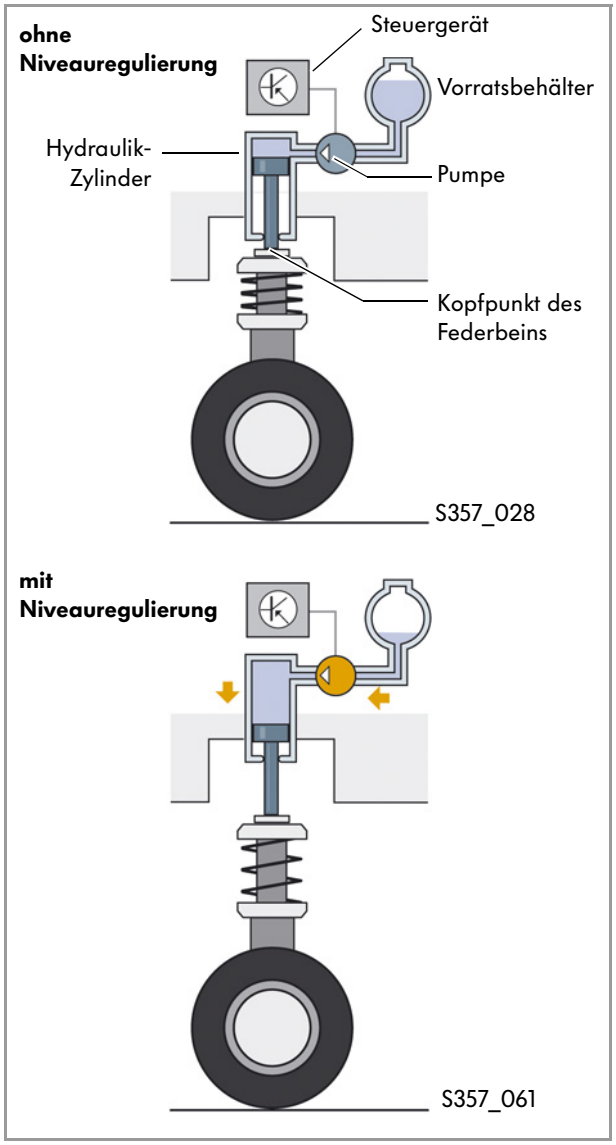
Zur Realisierung ergeben sich wiederum drei konstruktive Möglichkeiten:

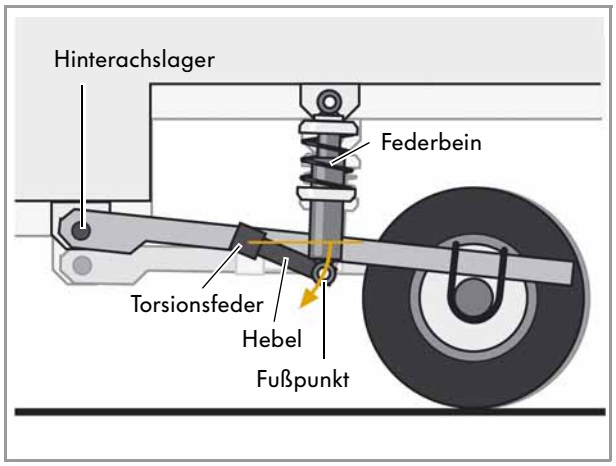
- Absenkung des gesamten Dämpfers gegenüber dem Fahrzeugaufbau,
- Befestigung des Federfußpunktes an einem Hebel mit Torsionsfeder oder
- Vergrößerung des Abstandes zwischen Kopf- und Fußpunkt des Stoßdämpfers.

Absenkung des Dämpfers

Bei diesem Konstruktionsansatz ist der obere Befestigungspunkt des Federdämpfers (Kopfpunkt) nicht direkt mit dem Fahrzeugaufbau verbunden, sondern mit dem Kolben eines Hydraulikzylinders. Dieser ist wiederum an dem Fahrzeugaufbau befestigt.

Bei einer hohen Beladung des Kofferraumes wird der Kolben dieses Zylinders mit Hilfe einer Pumpe ausgefahren und so das Fahrzeugheck angehoben.



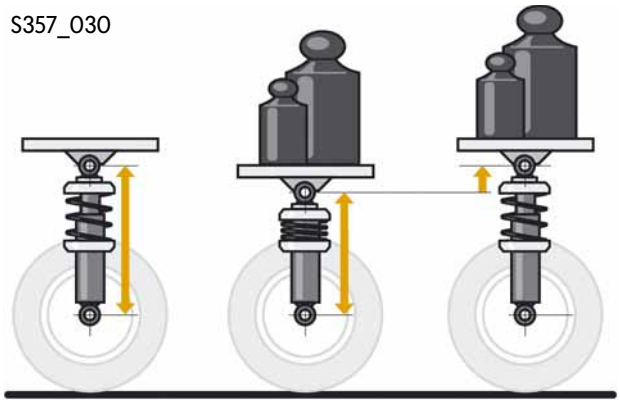


S357_029

Verwendung eines Torsionsfeder

In diesem Fall wird der Fußpunkt des Federbeins über einen Hebel mit einer Torsionsfeder verbunden.
Die Torsionsfeder ist mit der Hinterachse verschraubt. Wird die Torsionsfeder durch eine hohe Beladung verdreht, ergibt sich ein kürzer Hebelarm zwischen Hinterachslager und Fußpunkt. Dadurch wird das Federbein bei gleich hoher Beladung nicht so stark eingefedert.

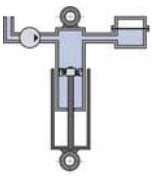
S357_030



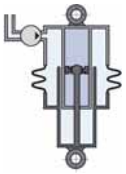
Veränderung des Abstandes zwischen Kopf- und Fußpunkt des Federbeins

Hierbei wird der Abstand des oberen und unteren Befestigungspunktes des Federbeins entsprechend der Beladung des Fahrzeuges verändert.
Das eingefederte Federbein wird vereinfacht ausgedrückt auseinander gezogen.

Realisiert wird diese Verfahrensweise auf drei unterschiedlichen Konstruktionswegen:



1. der externen Versorgung eines hydro-pneumatischen Dämpfers



2. der externen Versorgung eines pneumatischen Dämpfers



3. der selbstpumpenden hydro-pneumatischen Dämpfer

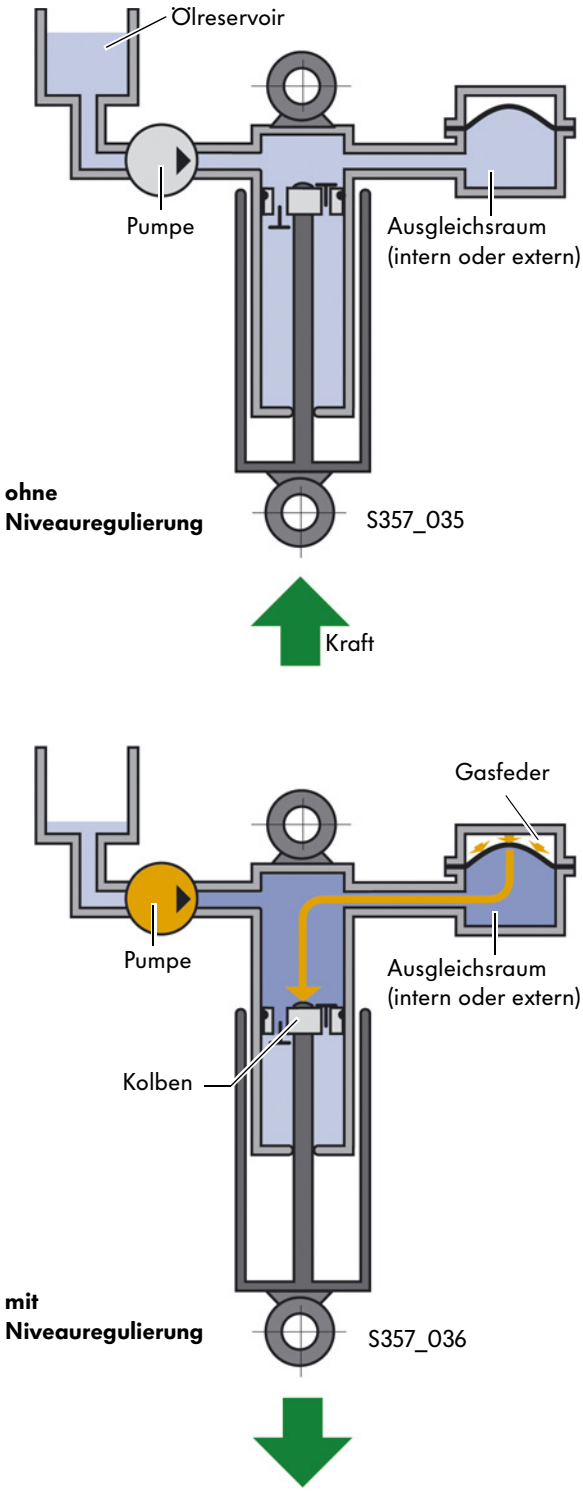
S357_031 -S357_034

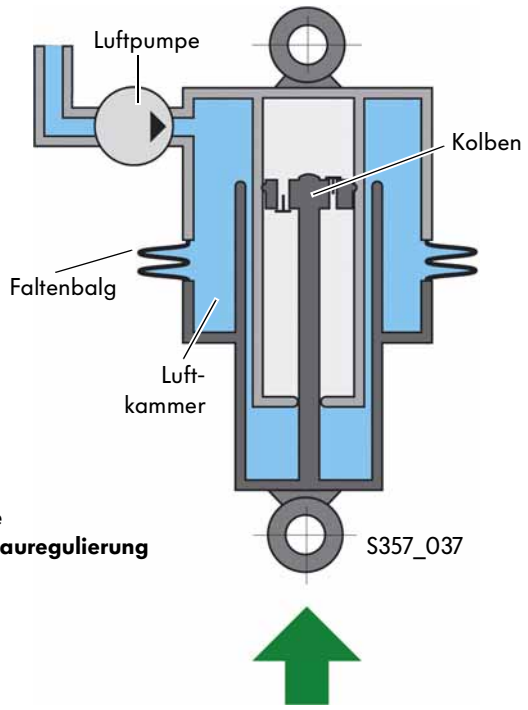
Grundlagen der Niveauregulierung

1. Hydro-pneumatische Dämpfer mit externer Versorgung

Dieses System besteht aus einem externen Ölreservoir, einer Hydraulikpumpe sowie dem Dämpfer mit Ausgleichsraum und Gasfüllung (Gasfeder). Das Arbeitsprinzip besteht darin, zur Niveauregulierung mit Hilfe der Hydraulik-Pumpe Hydrauliköl aus dem externen Ölreservoir in den Arbeitsraum des Stoßdämpfers zu pumpen.

Da sich der Druck im Arbeitsraum über dem Kolben aufgrund der Pumpenleistung schneller erhöht, als sich über die Kolbenventile ein Druckausgleich zum Arbeitsraum unterhalb des Kolbens einstellen kann, ergibt sich eine Druckdifferenz zwischen beiden Bereichen des Arbeitsraumes. So entsteht eine Kraft, die den Kolben ausfährt und sich auf der Gasfeder abstützt.

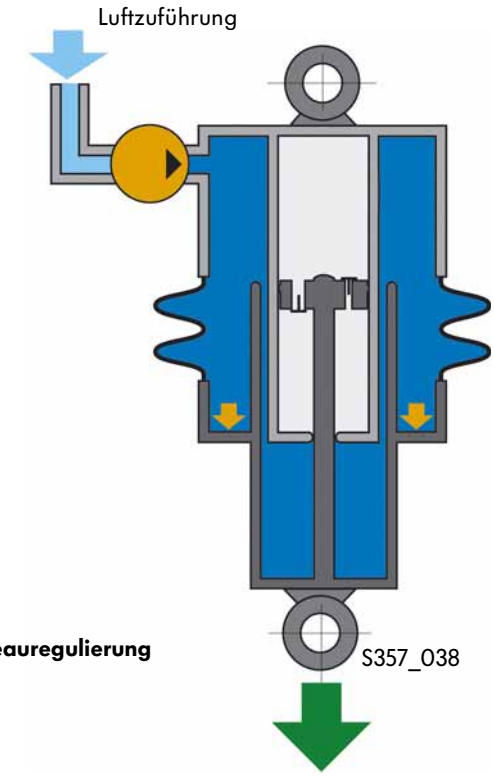




ohne Niveauregulierung

2. Pneumatische Federdämpfer mit externer Versorgung

Hierbei besitzt der Dämpfer eine flexible Luftkammer mit Faltenbalg und eine externe Luftpumpe, die mit der Umgebungsluft in Verbindung steht. Vereinfacht ausgedrückt, bilden die Außenseiten des Dämpfers mit den Wänden der Luftkammer einen pneumatischen Zylinder.



mit Niveauregulierung

Steigt die Beladung an, wird Luft in die Luftkammer gepumpt. Dadurch wird der Kolben des Dämpfers soweit aus dem Arbeitsraum gezogen, dass auch bei hoher Beladung der Weg zum Ein- und Ausfedern erhalten bleibt.
Auch für dieses System werden neben der Luftpumpe Niveausensoren und eine externe elektronische Regeleinheit benötigt.

Legende

Luft mit Normaldruck (1 bar)

Luft mit Überdruck

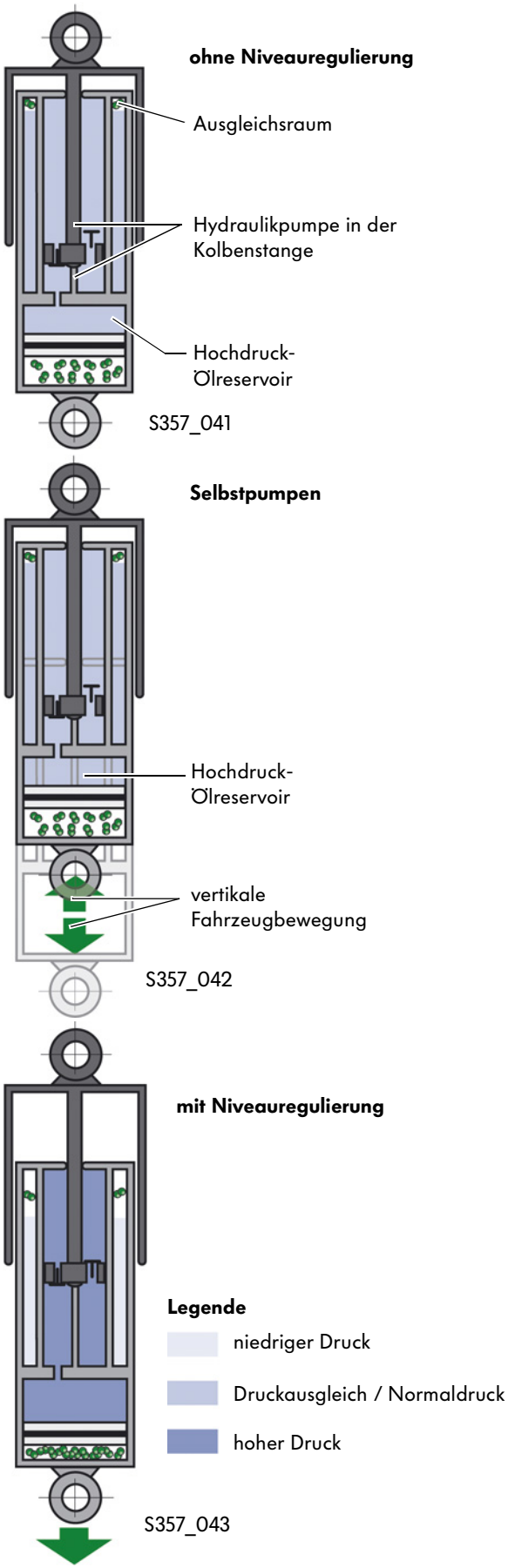
Grundlagen der Niveauregulierung

3. Selbstpumpende hydro-pneumatische Dämpfer

Selbstpumpend bedeutet, dass der Dämpfer selbstständig auf eine zunehmende Beladung reagiert und für die Niveauregulierung keine zusätzlichen Bauteile wie externe Pumpen oder Sensoren benötigt werden. Wesentliche Merkmale der selbstpumpenden Systeme sind ein von dem Ausgleichsraum getrenntes Hochdruck-Ölreservoir und eine mechanische Hydraulikpumpe innerhalb der Kolbenstange.
Alle notwendigen Bauteile sind im Dämpfer integriert.

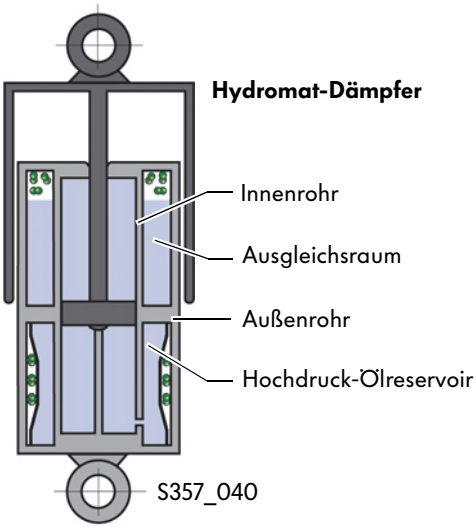
Das Grundprinzip der selbstpumpenden Systeme besteht darin, die integrierte Hydraulik-Pumpe mit der vertikalen Fahrzeugbewegung anzutreiben.
Durch die Pumpbewegung wird Hydrauliköl von dem Ausgleichsraum in das Hochdruck-Ölreservoir transportiert

Aus diesem Vorgang entsteht im Arbeitsraum und Hochdruck-Ölreservoir ein höherer Druck, so dass die Gasfüllung unterhalb des Trennkolbens (Gasfeder) stärker komprimiert wird. Auf dem Trennkolben stützt sich so die Kraft ab, durch die die Kolbenstange ausgefahren wird.

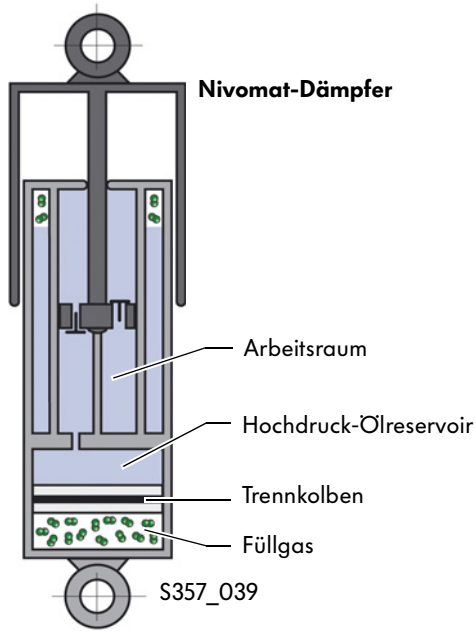


Zur Zeit gibt es zwei unterschiedliche selbstpumpende hydropneumatische Systeme:

- Dämpfer nach dem Hydromat-Prinzip und
- Dämpfer nach dem Nivomat-Prinzip.



Beim Hydromaten befinden sich der Ausgleichsraum und das Hochdruck-Ölreservoir zwischen Innen- und Außenrohr.
Durch den konstruktiven Aufbau des Hydromaten kann bei seiner Verwendung in einer Fahrzeugfederung auf eine zusätzliche mechanische Schraubenfeder verzichtet werden (volltragendes System). Der Hydromat benötigt jedoch einen größeren Bauraum als ein herkömmlicher Stoßdämpfer.



Durch die Anordnung des Hochdruck-Ölreservoirs mit Trennkolben über oder unter dem Arbeitsraum ermöglicht das Nivomat-Prinzip gegenüber dem Hydromat-Prinzip eine sehr schlanke Bauform.
Damit ist der Nivomat ein extrem kompaktes und leicht montierbares Niveau-Regulierungssystem.
Er ersetzt in der Fahrzeugfederung den herkömmlichen Stoßdämpfer, benötigt aber wie dieser eine zusätzliche mechanische Schraubenfeder (teiltragendes System).



Von den genannten Konstruktionsprinzipien wird für die Niveauregulierung bei VOLKSWAGEN in Fahrzeugen ohne Luftfedersysteme, zur Zeit ausschließlich das Nivomat-Prinzip verwendet.
Auf den folgenden Seiten gehen wir deshalb detailliert auf die Konstruktion und die Funktion des Nivomat-Dämpfers ein.

Der Nivomat im Passat

Der Nivomat ist, wie bereits beschrieben ein kompaktes Niveau-Regulierungssystem. Er wird anstelle der beiden üblichen hydropneumatischen Dämpfer an der Hinterachse verbaut. Dabei ist der Durchmesser des Nivomaten größer als der eines herkömmlichen Dämpfers.
Da jeder Nivomat sich selbstständig entsprechend der Beladung einstellt, ist es möglich, auch eine unterschiedliche Belastung auf der linken oder rechten Seite der Hinterachse auszugleichen.
Wesentliche Merkmale im Aufbau sind das Niederdruck- sowie Hochdruck-Ölreservoire und die interne mechanische Hydraulikpumpe des Nivomaten.

Der Aufbau

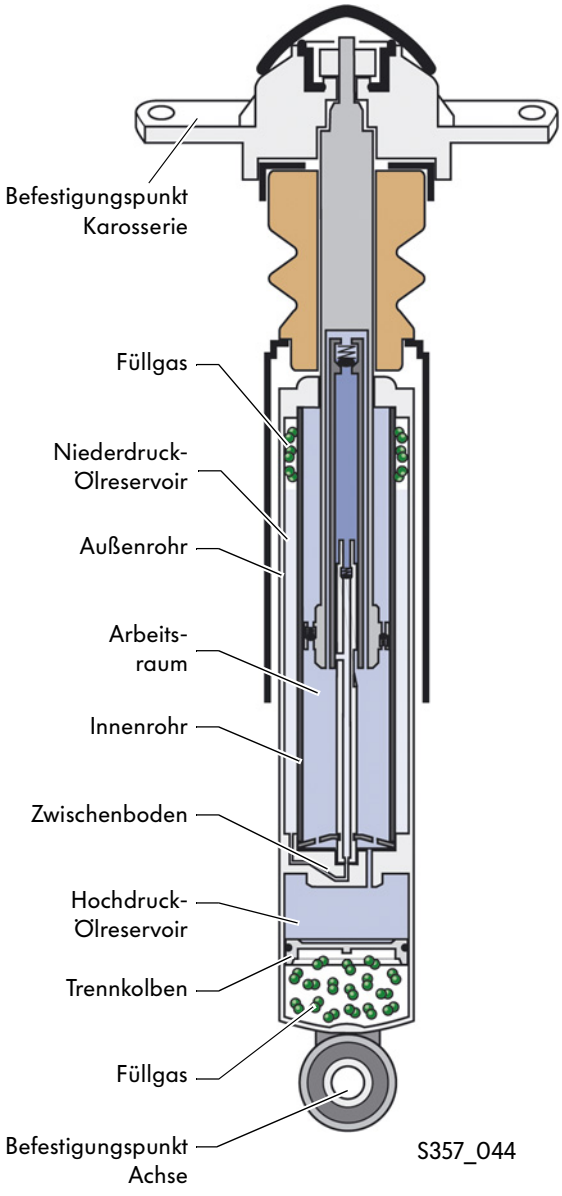
Niederdruck- und Hochdruck-Ölreservoir

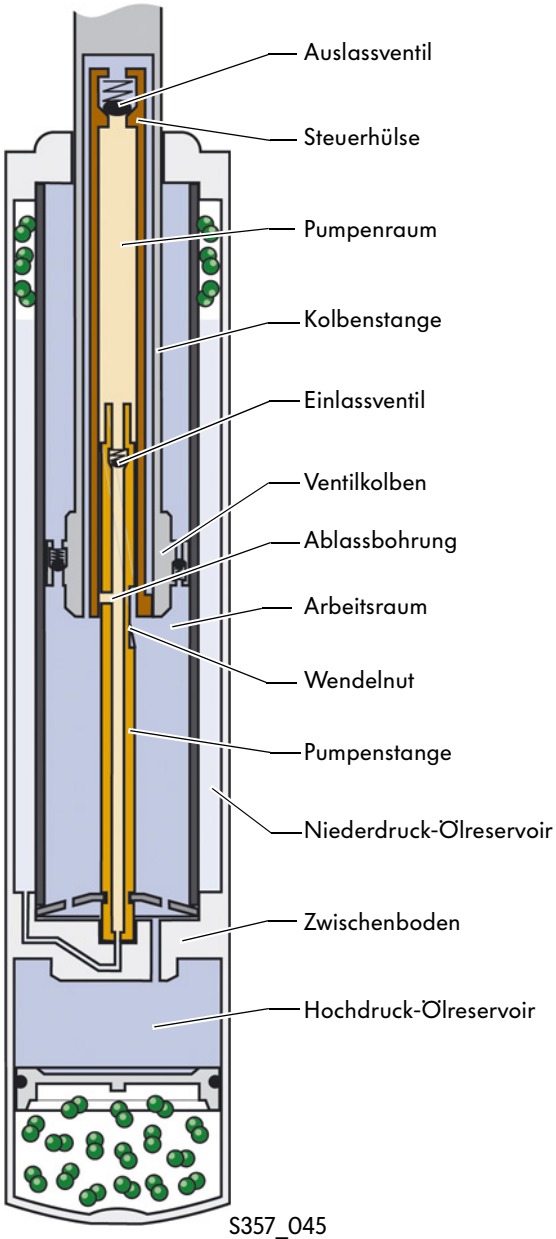
Der Nivomat ähnelt im Aufbau einer Kombination von Einrohr- und Zweirohrdämpfer.
Das bedeutet, er verfügt wie ein Einrohrdämpfer über einen Trennkolben und hat wie ein Zweirohrdämpfer ein Innen- sowie ein Außenrohr mit dazwischen liegendem Ausgleichsraum. Im Innenrohr befindet sich der Arbeitsraum.

Der Ausgleichsraum mit Ölreservoir und Gasfüllung dient im Nivomat nicht nur zum Volumenausgleich der Kolbenstange, sondern ist außerdem der „Vorratsraum“ für die Niveauregulierung. Er wird als Niederdruck-Ölreservoir bezeichnet.

Der Raum mit Trennkolben unter dem Zwischenboden verfügt ebenfalls über ein Füllgasvolumen und ein Ölreservoir. Dies ist das Hochdruck-Ölreservoir.

Die Niveauregulierung wird erreicht, indem die Hydraulikpumpe das Hydrauliköl von dem Niederdruck-Ölreservoir über den Arbeitsraum in das Hochdruck-Ölreservoir pumpt.





S357_045

Die Hydraulikpumpe

Sie nutzt als Antrieb die Ein- und Ausfederbewegung des Fahrzeuges.
Die Besonderheit des Nivomaten gegenüber herkömmlichen Dämpfern besteht in der hohlgebohrten Kolbenstange.
In sie ist mit etwas Abstand zur Kolbenstange eine Steuerhülse eingeschoben und über den Ventilkolben mit der Kolbenstange verbunden.
Die Steuerhülse führt die ebenfalls hohle Pumpenstange, die an ihrem unteren Ende mit dem Zwischenboden verbunden ist. Der Raum, der von Steuerhülse und Pumpenstange gebildet wird, ist der Pumpenraum. Der Ölzufluss für die Pumpe verläuft über eine Bohrung im Zwischenboden, die zum Niederdruck-Ölreservoir führt.
Am oberen Ende der Pumpenstange befindet sich ein Einlassventil, das für den Öleintritt aus der Innenbohrung der Pumpenstange in die Steuerhülse sorgt.
Am Kopf der Steuerhülse liegt das Auslassventil, über welches das Öl aus dem Pumpenraum in den Arbeitsraum und schließlich in das Hochdruck-Ölreservoir gelangt.

Auffällig ist auf der Pumpenstange eine Wendelnut, die als Bypass fungiert.
Über sie kann Öl zwischen Pumpenraum und Arbeitsraum hin und her fließen, wenn die Wendelnut von der Steuerhülse zum Arbeitsraum hin frei gelegt wird.
Eine Ablassbohrung in der Pumpenstange ermöglicht schließlich einen Rückfluss des Öls aus dem Arbeitsraum über den Zwischenboden in das Niederdruck-Ölreservoir.
Pumpenstange, Steuerhülse, Ein- und Auslassventil bilden zusammen die Hydraulikpumpe des Nivomaten.

Der Nivomat im Passat

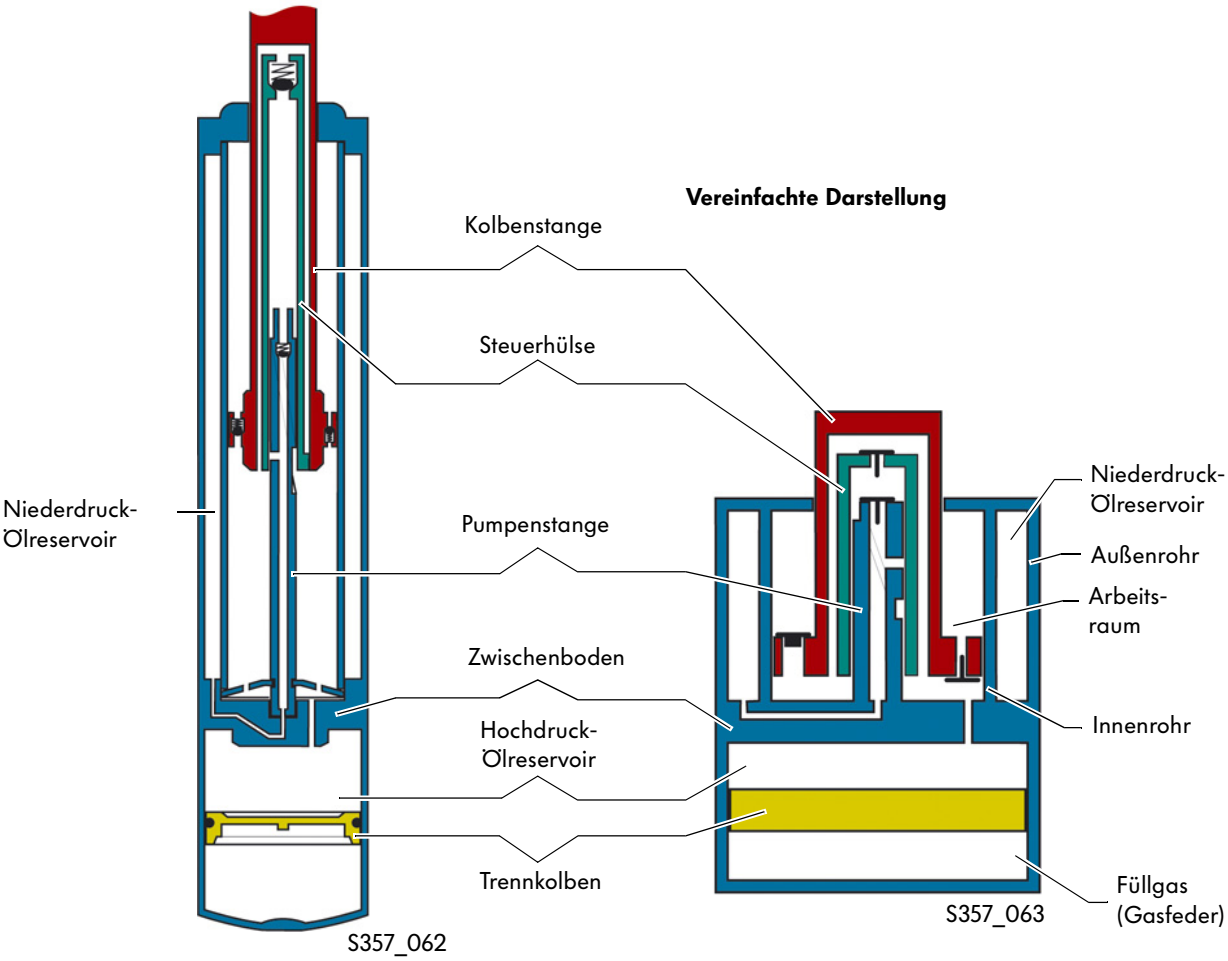
Die Funktion

Um die Funktionsweise des Nivomaten zu veranschaulichen, gliedern wir sie in drei Abschnitte:

- das Fahrzeugniveau anheben,
- das Fahrzeugniveau halten und
- das Fahrzeugniveau absenken.

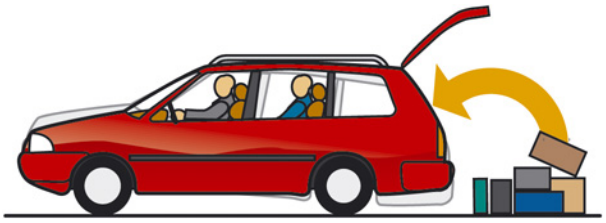
Innerhalb dieser Abschnitte zeigen wir die Vorgänge an einer stark vereinfachten Darstellung des Nivomaten.

Realitätsnahe Darstellung



Zur Darstellungsform

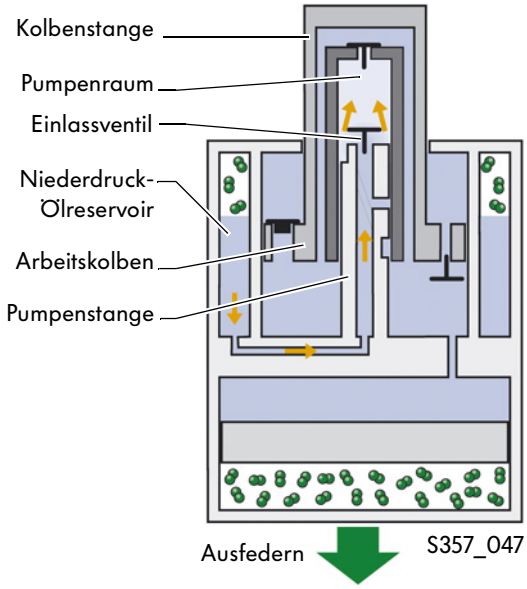
In der vereinfachten Darstellung sind die tatsächlichen Proportionen der einzelnen Komponenten innerhalb des Nivomaten übertrieben dargestellt, um den Betrieb der Pumpenstange innerhalb der Kolbenstange und den damit verbundenen Öltransport deutlicher zeigen zu können.



S357_046

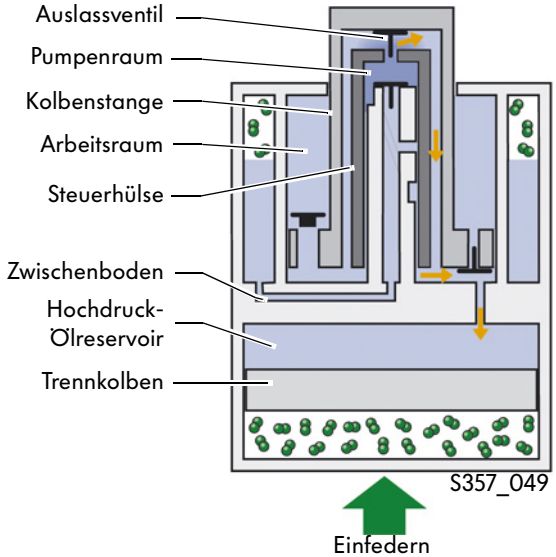
Das Fahrzeugniveau anheben

Wird der Kofferraum des Fahrzeuges beladen, sinkt das Fahrzeugheck wie üblich durch das Einfedern der Stoßdämpfer und Spiralfedern ab.



S357_047

Der Nivomat beginnt zu arbeiten, wenn das Fahrzeug anfährt und durch Straßenunebenheiten Bewegungen des Ein- und Ausfederns auftreten. Beim ersten Ausfedern bewegt sich der Nivomat gegenüber Arbeitskolben und Kolbenstange nach unten. Dadurch vergrößert sich das Volumen des Pumpenraumes und Öl wird aus dem Niederdruck-Ölreservoir über die Bohrungen im Zwischenboden, die Bohrung in der Pumpenstange und das Einlassventil in den Pumpenraum angesaugt.



S357_049

Beim nächsten Einfedern schließt das Einlassventil. Das Öl im Pumpenraum wird nun aus dem Auslassventil in den Zwischenraum von Steuerhülse und Kolbenstange gepresst. Von dort gelangt es über den Arbeitsraum schließlich in das Hochdruck-Ölreservoir.

Legende

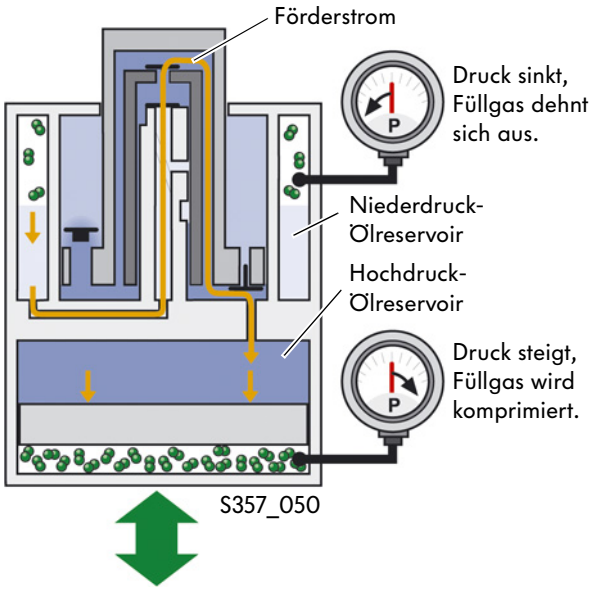
niedriger Druck

Druckausgleich / Normaldruck

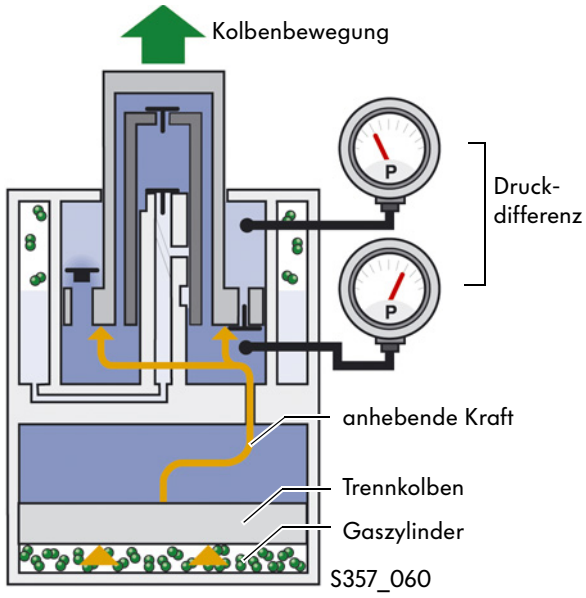
hoher Druck

Der Nivomat im Passat

Das bedeutet, durch die Ein- und Ausfederbewegungen wird kontinuierlich Öl vom Niederdruck-Ölreservoir in das Hochdruck-Ölreservoir gepumpt. Dadurch sinkt der Druck im Niederdruck-Reservoir und das Füllgas zwischen Innen- und Außenrohr dehnt sich aus. Im Hochdruck-Ölreservoir steigt der Druck und der Trennkolben wird in Richtung Füllgas verschoben. Das Füllgas unterhalb des Trennkolbens wird komprimiert.



Die anhebende Kraft, die den Kolben aus dem Nivomaten presst, beruht darauf, dass die Pumpe schneller Hydrauliköl in den Bereich unter dem Kolben pumpt, als es durch die Kolbenventile in den oberen Bereich weiterfließen kann. Dadurch baut sich eine Druckdifferenz zwischen den Bereichen unterhalb und oberhalb des Kolbens auf. Der Kolben wird nach oben aus dem Zylinder gedrückt. Dabei stützt sich die anhebende Kraft auf dem Trennkolben und damit auf dem hohen Gasdruck des Gaszylinders ab.



Legende

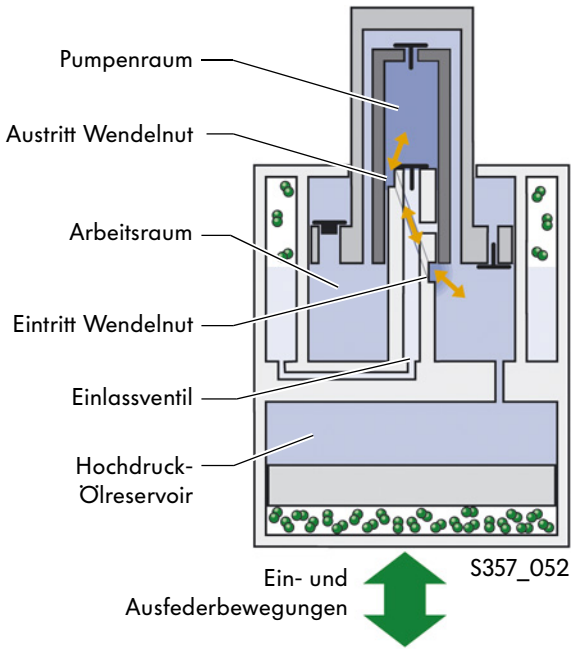
niedriger Druck

Druckausgleich / Normaldruck

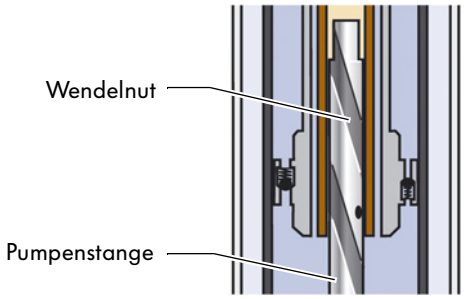
hoher Druck

Das Fahrzeugniveau halten.

Bei Annäherung an das vorgesehene Fahrzeugniveau erreicht die Wendelnut den Arbeitsraum.
Nun kann Öl zwischen dem Arbeitsraum und dem Pumpenraum hin- und herströmen. Das bedeutet, es wird bei einer Ausfederbewegung kein weiteres Öl über das Einlassventil angesaugt und beim Einfedern in das Hochdruck-Ölreservoir gepumpt.
Das Fahrzeug hält auch bei weiteren Ein- und Ausfederbewegungen das erreichte Fahrzeugniveau.

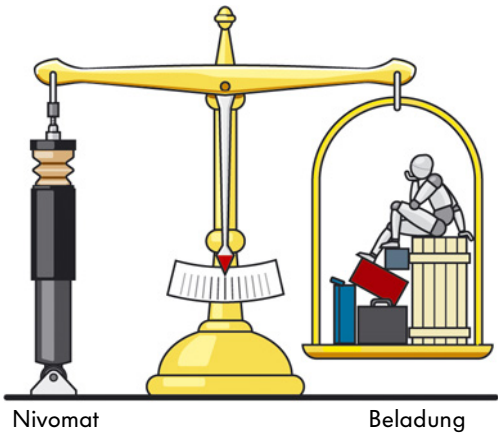


S357_052



S357_051

Die Wendelnut auf der Pumpenstange ist so gearbeitet, dass sie den Arbeitsraum mit dem Pumpenraum verbindet, wenn das Fahrzeugheck sich der Normallage annährt. Die Wendelnut stellt damit die Grenze dar, bis zu der das Fahrzeugniveau angehoben werden kann.



S357_053

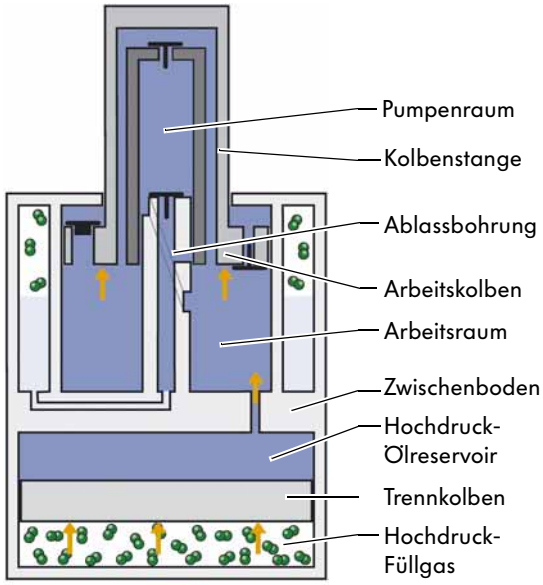
In diesem Betriebszustand herrscht ein Druckgleichgewicht zwischen Hochdruck-Füllgas, Hochdruck-Ölreservoir sowie dem Arbeits- und Pumpenraum.

Wird die Beladung verringert, muss sich dieses Gleichgewicht neu einstellen.

Der Nivomat im Passat

Das Fahrzeugniveau absenken.

Wird das Fahrzeug entladen, sinkt die Belastung der Hinterachse. Die mechanischen Federn der Achse ziehen beim Ausfedern den Kolben aus dem Arbeitsraum. Dadurch wird das Druckgleichgewicht, das im Nivomat zwischen dem Hochdruck-Füllgas und dem Arbeits- sowie Pumpenraum erreicht worden ist, gestört. Das Gasvolumen dehnt sich aufgrund des fehlenden Gegendruckes aus und unterstützt die Bewegung des Kolbens, da das Öl aus dem Hochdruck-Ölreservoir über dem Zwischenboden in Arbeitsraum gedrückt wird. Das Fahrzeugheck steigt an.



S357_055

Ausfederbewegung durch Verringerung der Beladung

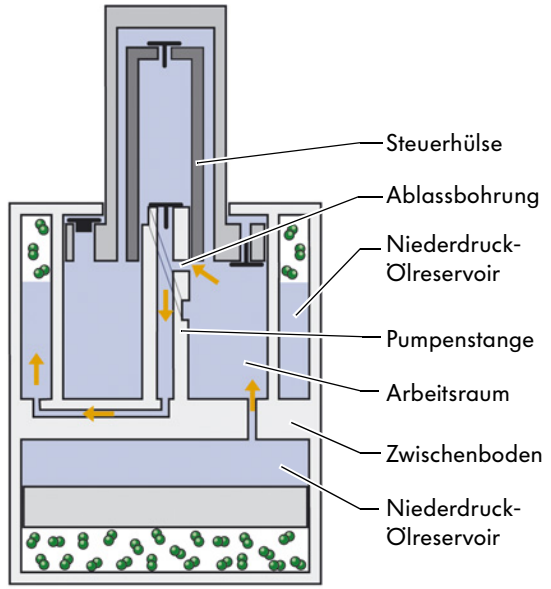
Legende

niedriger Druck

Druckausgleich / Normaldruck

hoher Druck

Durch das Entladen wird die Kolbenstange mit dem Kolben nach oben bewegt und gibt die Ablassbohrung frei. Nun kann Öl aus dem Hochdruck-Ölreservoir und dem Arbeitsraum, durch die Bohrung der Pumpenstange und des Zwischenbodens in das Niederdruck-Ölreservoir zwischen Innen- und Außenrohr zurückströmen.



S357_056

Anpassung des Fahrzeugniveaus an den neuen Beladungszustand

Werkstatthinweise

Diagnose

Grundsätzlich sollte bei Kundenbeanstandungen zunächst eine Sichtprüfung der Nivomaten vorgenommen werden. Öltropfen an den unteren Befestigungspunkten weisen auf einen defekten Nivomaten hin. Defekte Nivomaten sind unbedingt gemäß der Reparaturanleitungen in ELSA zu ersetzen.

Wird von Kunden eine Schiefstellung des Fahrzeuges festgestellt, können u. a. folgende Ursachen zutreffen:

- nicht korrekter Reifendruck,
- gebrochene Spiralfeder,
- defekter, undichter Nivomat

Bei einer Beanstandung einer zu weichen Federung muss neben dem visuellen Check auch eine Fahrprobe durchgeführt werden.
Ursachen können sein:

- fehlerhafte, ungleichmäßige Reifendrücke
- Überladung
- defekte Stabilisatoren vorn und hinten inklusive Befestigungen
- ausgeschlagene Lenkerlager
- ausgeschlagene Nivomat-Befestigungslager
- defekter Nivomat

Nachrüstung

Eine Nachrüstung an Fahrzeugen ist möglich, sofern eine Freigabe für Nivomaten und die entsprechenden Montage- und Reparaturanleitungen bestehen. Entscheidend ist dabei, ob die fahrzeugseitigen Anbindungspunkte für den Einsatz der Nivomaten ausreichend dimensioniert sind.

Der große Vorteil des Nivomaten liegt darin, dass keine zusätzlichen Komponenten wie Sensoren, Pumpen, Steuergeräte, elektrische, hydraulische oder pneumatische Leitungen verlegt und angeschlossen werden müssen.
Die Nachrüstarbeiten beschränken sich auf den beidseitigen Austausch der an der Hinterachse verbauten Stoßdämpfer durch die zu dem Fahrzeug passenden Nivomaten.
Zusätzlich müssen die Schraubenfedern der Achse schwächer ausgeführt werden, da der Nivomat einen Teil des Federkraftanteils der Schraubenfedern an der Gesamtfederung übernimmt.

Es müssen beide herkömmlichen Stoßdämpfer der Hinterachse durch Nivomaten ausgetauscht werden. Beachten Sie dabei auf jeden Fall die zugehörigen Montageanweisungen.

Service

Reparatur und Entsorgung

Defekte Nivomaten werden gemäß den Reparaturanweisungen in ELSA entsorgt. Dazu muss der defekte Nivomat mit 2 Bohrungen versehen werden, um Gasdruck und Hydraulikflüssigkeit abzulassen. Führen Sie die Arbeiten nur in der in der Reparaturliteratur angegebenen Reihenfolge durch. Beachten Sie dabei die angegebenen Abstände und festgelegten Bohrerdurchmesser. Die Außenrohrwandung muss vollständig durchbohrt werden, wobei Gas und ein wenig Ölnebel austreten.

Nachdem nach der ersten Bohrung kein Gas mehr ausströmt und der Nivomat in dem angebohrten Bereich drucklos ist, wird das Loch mit einem größeren Bohrer erweitert. Nun wird der defekte Nivomat mit der Bohrung nach unten über einen Ölauffangbehälter gehalten und das Öl durch Bewegen der Kolbenstange herausgepumpt. Danach wird nach gleicher Vorgehensweise das zweite Loch gebohrt und der angebohrte Bereich entleert. Nach Abschluss der Arbeiten kann der leere Nivomat verschrottet und das Hydrauliköl fachgerecht entsorgt werden.

Glossar

Atome

Der Begriff Atom wurde von dem Griechen Demokrit ca. 400 v. Chr. geprägt. Atom bedeutet unteilbar und stellte nach damaligem Verständnis das kleinste denkbare Teilchen dar, aus dem die Materie zusammengesetzt ist. Heute geht man davon aus, dass Atome aus subatomaren Teilchen zusammengesetzt sind. Aus der Schule ist der Aufbau in einen schweren Atomkern und eine leichte Atomhülle bekannt. Der Kern besteht aus Protonen (positiv geladenen Masseteilchen) und Neutronen (neutral geladenen Masseteilchen). In der Hülle halten sich Elektronen (negativ geladene Teilchen) auf.
Die Ladungszahl von Kern und Hülle muss ausgeglichen sein, um ein ungeladenes Atom zu erhalten. Ist dies nicht der Fall, spricht man von einem Ion. Mittlerweile werden selbst die Elementarteilchen Elektron, Protron und Neutron in immer kleinere Einheiten zerteilt. Ziel ist es dabei wiederum, das kleinste gemeinsame Universalteilchen nachzuweisen und so den Aufbau und damit auch die Entstehung der gesamten Materie des Universums zu erklären.

angeregte Masse

Wird einer Masse bzw. einem Teilchen z. B. durch einen Stoß Energie zugeführt, so dass sich die Gesamtenergie der Masse erhöht, spricht man in der Physik und der Chemie von einer angeregten Masse oder einem angeregten Teilchen.

Metallatome

Metalle unterscheiden sich in ihrem atomaren Aufbau von Salzen wie z. B. Kochsalz oder Molekülen wie z. B. Zucker. Bei Metallen sind die äußeren Elektronen nicht an das einzelne Metallatom gebunden, sondern als Elektronenwolke im Metall frei beweglich.
Auf dieser Beweglichkeit der äußeren Elektronen beruht u. a. die Leitfähigkeit von Metallen und deren metallischer Oberflächenglanz.

Nivomat

Firmeneigene Bezeichnung der Firma ZF Sachs für ihr Stoßdämpfer-System mit Niveauregulierung

Torsionsfeder

Unter Torsion versteht man die Verdrillung um die Längsachse. Eine Torsionsfeder oder Verdrehstab ist ein Federelement, das vergleichbar mit einem Gummiband aufgedreht wird. Torsionstäbe werden z. B. bei Stabilisatoren oder in der Lenkung eingesetzt.

Prüfen Sie Ihr Wissen

Welche Antwort ist richtig?
Bei den vorgegebenen Anworten können eine, mehrere oder alle Antworten richtig sein.

1. Welche Aussage ist korrekt?

☐ a) Die Dämpfung trägt hauptsächlich das Gewicht der Karosserie.

☐ b) Die Dämpfung verhindert, dass sich Fahrzeugeigenschwingungen aufbauen.

☐ c) Die Dämpfung stellt bei starker Beladung den für Fahrstabilität und Fahrsicherheit erforderlichen Federweg sicher.

2. Welche der aufgeführten Begriffe gehören zu den gefederten Massen?

☐ a) Karosserie	☐ b) Sitze	☐ c) Achsen
☐ a) Federn	☐ e) Insassen	☐ f) Radaufhängungen
☐ a) Bremsen	☐ h) Räder	☐ i) Beladung

3. Die Dämpfungswirkung in Stoßdämpfern beruht darauf, dass:

☐ a) durch die mechanische Feder im Stoßdämpfer Arbeit in Wärme gewandelt wird.

☐ b) beim Bewegen des Arbeitskolbens ein Strömungswiderstand an den Kolbenventilen auftritt.

☐ c) die Bewegungsenergie der vertikalen Fahrzeugbewegung durch die Dämpfercharakteristik verbraucht wird.

4. Was bedeutet Volumenausgleich bei Stoßdämpfern?

☐ a) Der Volumenausgleich passt das Volumen des Arbeitsraumes an die unterschiedlichen Beladungszustände an.

☐ b) Beim Volumenausgleich wird das von der Kolbenstange verdrängte Hydrauliköl-Volumen vom Ausgleichsraum aufgenommen.

5. Wesentliche Merkmale des Nivomaten sind:

☐ a) voneinander getrenntes Niederdruck- und Hochdruck-Ölreservoir,

☐ b) ein integrierter Höhensensor,

☐ c) eine hohl gebohrte Kolbenstange zur Aufnahme der Pumpenstange,

☐ d) spezielle Kolbenventile mit unterschiedlicher Dämpfungscharakteristik.

6. Die interne Hydraulikpumpe dient dazu:

☐ a) Hydrauliköl in das Niederdruck-Ölreservoir zu pumpen,

☐ b) Hydrauliköl vom Niederdruck- in das Hochdruck-Ölreservoir zu pumpen.

☐ c) Hydrauliköl in das externe Ölreservoir zu pumpen.

***7.* Ist das für die Fahrstabilität und Fahrsicherheit erforderliche Fahrzeugniveau erreicht, verhindert:**

☐ a) der Niveausensor im Nivomaten ein weiteres Anheben des Fahrzeugniveaus,

☐ b) die Ablassbohrung in der Pumpenstange ein weiteres Anheben des Fahrzeugniveaus,

☐ c) die Wendelnut auf der Pumpenstange ein weiteres Anheben des Fahrzeugniveaus,

☐ d) das Kopfventil in der Steuerhülse ein weiteres Anheben des Fahrzeugniveaus.

Lösungen
1. b); 2. a), b), e), i); 3. b); 4. b); 5. a), c); 6. b); 7. c)



© VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg
Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten.
000.2811.71.00 Technischer Stand 09.2005

Volkswagen AG
Service Training VK-21
Brieffach 1995
38436 Wolfsburg

❀ Dieses Papier wurde aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff hergestellt.