

Geschichte und Funktion der Luftfederung

Die ersten Luftfederungen tauchen bereits in den zwanziger Jahren im LKW - Bau auf.

Die tschechische Firma Tatra rüstete damals einen dreiachsigen LKW mit einer Federung aus, die sich des Zylinder - Kolben Prinzips bediente, im Aufbau also einer Fahrradluftpumpe verblüffend ähnlich war. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, daß Tatra sich bei seinen LKW der Einzelradaufhängung mit Pendelachse bediente - die Kombination Pendelachse mit Luftfederung wird uns drei Jahrzehnte später im PKW wieder begegnen - nicht ohne Grund, wie wir noch sehen werden.

Allerdings hatte man damals noch Schwierigkeiten mit der Abdichtung der Anlage und so fand sie keine Verbreitung - obwohl die Ingenieure sehr wohl um ihre Vorteile wussten.

Wie schon oft in der Technikgeschichte machte die Erfindung einen Umweg über das Militär.

Im Zweiten Weltkrieg entwickelte eine amerikanische Firma Luftfederbeine für schwere Bomber - die Kosten spielten keine Rolle und die Vorteile gegenüber einem konventionellen Federbein, wie Gewichtersparnis und kompaktere Bauweise sowie die Anpassungsmöglichkeit an verschiedene Lastzustände überwogen die Nachteile bei weitem.

Nach dem Krieg landete die Luftfederung wieder im Automobil, diesmal in einem Überlandomnibus von General Motors. In Amerika verlangte die Kundschaft Fahrkomfort - in Europa war man zu dieser Zeit noch heilfroh, wenn überhaupt eine Fahrgelegenheit zu finden war.

Der entscheidende Fortschritt lag bei diesem Bus in der Abkehr vom Zylinder - Kolben - Prinzip.

Der im Zylinder laufende Tauchkolben, dessen Abdichtung immer Probleme gemacht hatte, wurde durch einen simplen Gummibalg ersetzt, der durch die Achsbewegung zusammengepreßt wurde und dadurch federte.

Hier mussten also keine beweglichen Teile mehr gegeneinander aufwendig gedichtet werden, außerdem wählte man die Größe des Balges so groß, daß er mit geringen Drücken auskam. Diese Drücke konnte man jetzt nämlich direkt dem Luftvorrat der Bremsanlage entnehmen, die im Bus und LKW ohnehin vorhanden ist.

Man sparte also den kompletten Hochdruckteil, der bisher immer notwendig gewesen war.

1956 erschien die Luftfederung in einem Pkw der Marke Cadillac, tauchte dann, gegen Aufpreis auch in billigeren GM Produkten auf, um schließlich wieder in Europa zu erscheinen.

1959 erschien der Borgward P 100 als erster Europäer mit dieser Federung, 1961 der Mercedes - Benz 300 SE und 1963 das Nonplusultra der Luftfedergeschichte: der „ Große Mercedes „ , der 600.

Alle diese Fahrzeuge trugen eine Pendelachse unter ihrem Heck - genauso wie drei Jahrzehnte zuvor der Tatra LKW. Mit dem Mercedes wurde 1981 die Luftfederung zu Grabe getragen - um heute in Luxusfahrzeugen, fast unbemerkt ihre Wiederauferstehung zu feiern. So wird der nächste 7er BMW ebenso mit Luftfederung zu haben sein wie die nächste S - Klasse, im Luxusgeländewagen Range Rover und dem Lexus von Toyota ist sie bereits wieder zu bekommen.

Sehen wir uns die Anlage des 300 SE von Mercedes - Benz als Beispiel einmal genau an.

Die grundsätzliche Funktion der Luftfederanlage dürfte jedem klar sein, der schon einmal eine Fahrradpumpe in der Hand hatte. Halte ich diese am Luftauslaß zu, so läßt sie sich nicht ganz zusammenschieben: die Luft in ihr wird komprimiert und je weiter ich sie zusammendrücken will, desto mehr Widerstand setzt sie mir entgegen. Ich kann diesen Effekt nutzen und die Luftpumpe (sprich das Federelement) wie eine übliche Metallfeder verwenden, also ein Gewicht elastisch darauf lagern. Dies geht mit einer Stahlfeder fast ebenso gut - aber eben nur fast. Die Luftfederung hat einen entscheidenden Vorteil: man kann das auf ihr ruhende Gewicht in weiten Bereichen verändern, ohne daß sich der zur Verfügung stehende Federweg verändert. Man muß nur durch Druckerhöhung ihre Ausgangshöhe wieder herstellen.

Sehen wir uns **Bild 1.1** genau an: an der wagerechten Linie können wir den Gesamtfederweg ablesen. Dies sind bei diesem Fahrzeug, 205 mm von ganz ausgefedert bis ganz eingefedert. An der senkrechten Achse ist die Belastung am Rad in Kp angegeben.

Besetzt mit einem Fahrer liegt die Last bei 439,5 Kp. Dabei beträgt der Druck in der Luftfeder 6,2 Bar.

Zum Einfedern stehen noch 120 mm Weg zur Verfügung. Bei voll belastetem Fahrzeug steigt die Last am Rad auf 497,5 Kp. Gleichzeitig wird der Druck in der Luftfeder aber um 1 Bar auf 7.2 Bar erhöht, das Fahrzeug bleibt dadurch auf der gleichen Niveaulage wie mit der geringen Last. Es verbleibt also wieder ein Federweg von 120 mm bis zum Anschlag.

Vergleichen wir das mit **Bild 2.1**. Hier haben wir es mit einer typischen Stahlfederung zu tun.

Nur mit Fahrer belastet, liegt die Last bei 369,5 Kp. (Die Unterschiede in der Last ergeben sich aus den unterschiedlichen Fahrzeuggewichten der verglichenen Autos, es handelt sich hierbei zum einen um einen 300 SE und zum anderen um einen 220 S der Flossenbaureihe.)

Bei dieser Belastung steht das Fahrzeug 53 mm höher als bei voller Belastung mit 427,5 Kp.

Gegenüber 138 mm Einfederweg bei der geringen Last, verbleiben voll ausgelastet nur noch 85 mm Federweg bis zum Anschlag!

Die Stahlfederung ist also der Luftfederung bei unterschiedlichen Belastungen in ihrem Absorptionsvermögen deutlich unterlegen. Sie kann konstruktiv entweder für ein leeres oder ein voll belastetes Auto ausgelegt werden und stellt somit in ihrer Auslegung immer eine Kompromißlösung dar.

Ein weiterer Vorteil der Luftfederung liegt in ihrem Federverhalten: im Gegensatz zu üblichen Stahlfedern ist ihre Kennlinie progressiv; die Stahlfeder ist meist linear. Das heißt: je höher die Luftfeder bereits belastet ist, desto weniger läßt sie sich bei Belastungserhöhung zusammenpressen - sie wird also mit zunehmender Last immer steifer. Dies hat den Vorteil, daß sie für wenig Last sehr weich ausgelegt werden kann - und das schlägt sich deutlich im Fahrkomfort eines Autos nieder.

Wenden wir uns jetzt von der Theorie ab und der Prinzipskizze der Luftfederung zu. (**Bild 3**, die im folgenden Text **fett** gedruckten Ziffern beziehen sich auf diese Skizze)

Der Luftpressor **19** fördert Druckluft in den Voratsbehälter **32**.

Über die Ventileinheit **21** (deren Funktion uns im Moment nicht weiter interessiert) gelangt die Druckluft über die Niveauregelventile **16**, **34** und **25** zu den Luftfedern.

Diese sind auf unserer Skizze in ihre beiden Funktionselemente aufgeteilt, nämlich den Federbalg Nr **28** und die Luftkammer Nr **23**. Beide Teile zusammen ergeben ein Luftfederelement.

Um zu verhindern, daß unser luftgefedertes Auto absackt, müssen wir unter allen Umständen vermeiden, daß im Stand Luft aus den Federelementen abströmen kann - schließlich ist es diese Luft, die unser Auto trägt!

Die Lösung dieses Problems zeigt uns **Bild 4**.

Wir haben es hierbei mit der Prinzipskizze eines der drei Niveauregelventile (Nr **16**, **25**, **34** aus **Bild 1**) zu tun. Diese dienen dazu, bei Belastung des Autos Luft in die Federelemente einströmen zu lassen (Druckerhöhung) bzw bei Entlastung des Autos wieder Luft abzulassen. (Druckabfall). Um dies regeln zu können, sind sie mechanisch mit den Achsen verbunden und können so auf deren Bewegungen und damit auf Änderungen der Niveaulage reagieren.

Sehen wir uns die Zeichnung an:

.Am mit **B** bezeichneten Anschluß ist der Federbalg angeschlossen.

E ist die Einlaßseite: hier kann also Luft aus dem Vorrat einströmen, **A** ist dementsprechend die Auslaßseite, über die Luft wieder ins Freie entweichen kann.

Wir sollten uns merken, daß die an **B** angeschlossene Luftfeder unter einem Druck von etwa 5,5 bis 8 Bar steht. (Der Druck ist, wie oben bereits erklärt, abhängig von der Belastung.)

Die an **E** angeschlossene Fülleitung (die vom Luftpressor herkommende) steht unter 10 Bar, also unter höherem Druck. Der Ventileinsatz „**e**“, trennt diese unterschiedlichen Drücke.

Der Ventileinsatz „**a**“, wiederum trennt den Druck im Balg von der Atmosphäre, wird er geöffnet, kann die Luft aus dem Balg abströmen und das Auto sackt ab.

Um diese Ventileinsätze kümmern wir uns jetzt etwas näher.

Da der Ventileinsatz „**a**“ gegen einen Druck von bis zu 8 bar dicht sein muß, (Nämlich den Innendruck der Luftfeder) enthält er eine sehr starke Feder, die den abdichtenden Ventilkegel auf seinen Sitz presst. Aufgrund dieser recht stabilen Bauteile ist dieser Ventileinsatz sehr zuverlässig und nur selten defekt. Wenn dies aber vorkommt, so kann die Luft aus der Luftfeder abströmen, - mit dem Resultat, daß das Auto absinkt. Aber:

Solange Voratsdruck am Anschluß **E** vorhanden ist, öffnet sich beim Absinken des Fahrzeugs das Ventil „**e**“, und läßt Luft nachströmen, um das Fahrzeugniveau zu halten.

Dies geht solange, bis der Druck an **E** unter den Druck im Balg sinkt, dann strömt die gesamte Luft aus dem Balg über den Anschluß **A** ab: das Auto legt sich auf die Bodenplatte!

Dieser Fall kommt aber, wie gesagt, nur äusserst selten vor.

Häufiger ist ein Fehler im Ventil „**e**“.

Das Ventil „**e**“, ist etwas anders aufgebaut.

Seine Schließfeder ist wesentlich schwächer.

Es muß beim Öffnen gegen den Leitungsdruck von 10 Bar arbeiten, der es zusätzlich zur Federkraft auf seinen Sitz presst. Würde man eine ebenso starke Feder wie im Ventil „a“ verwenden, so wäre die nötige Kraft zum Öffnen des Ventils zu groß.

Jetzt kann es vorkommen, daß der Voratsdruck am Anschluß E aus irgendwelchen Gründen absinkt, zum Beispiel wenn der Voratsbehälter oder irgendein anderes Bauteil vor dem Anschluß E undicht ist.

(Der Druck sinkt natürlich auch ab, wenn der Voratsbehälter entwässert wird)

Da der geringere Druck das Ventil nicht mehr so fest auf seinen Sitz pressen kann, könnte jetzt Luft aus dem Balg in Richtung E abströmen, und unser Auto würde wieder absacken. Um dies zu verhindern enthält das Ventil „ e „ einen Rückschlageinsatz.

Auf unserer Zeichnung ist er genau an der Pfeilspitze zu erkennen.

Wenn der Druck im Balg höher ist als der Druck am Anschluß E, presst der Balgdruck diesen Einsatz auf seinen Sitz und schließt somit den Luftbalg gegen die Anschlußseite E ab. Trotz Druckverlust auf dieser Seite kann unser Auto nicht absacken, da keine Luft aus dem Federbalg entweichen kann. Ist der Rückschlageinsatz defekt, so strömt die Luft langsam aus dem Federbalg ab, unser Auto sinkt auf den Boden.

Diesen Fehler kann man recht einfach feststellen..

Die entweichende Luft strömt zurück zur Frostschutzeinrichtung (**Bild 3, Nr 20**) und tritt dort erst aus. (Bei den amerikanischen Fahrzeugen und beim Borgward gibt es diese Rückströmleitung nicht, hier wird die Luft direkt an den Ventilen abgelassen!)

Zu einer einigermaßen brauchbaren Überprüfung der Anlage, kann man den Schlauch zwischen der Ventileinheit und der Frostschutzeinrichtung entfernen.

An dem Stutzen der Ventileinheit schließen wir nun einen etwas längeren Schlauch an und halten ihn in ein wassergefülltes Glas. Undichte Regelventile sind an aufsteigenden Luftblasen zu erkennen. (**Bild 5**)

Auch vereinzelte und in großen Abständen erscheinende Blasen bedeuten bereits einen Fehler an einem der drei Achsventile !

Aus dieser Funktionsbeschreibung der Ventile geht außerdem deutlich hervor , daß ein Fahrzeug mit leerem Voratsluftbehälter nicht absacken darf - auch wenn der Verkäufer des uns interessierenden Autos garantiert etwas anderes behauptet!

Wir sind mit den Katastrophenmöglichkeiten aber noch nicht ganz am Ende..

Leider gibt es an den Niveauregelventilen noch eine Schwachstelle, nämlich den Steuerkolben.

Auf unserem **Bild 4** ist er mit **Stk** bezeichnet.

Der Steuerkolben wird über den aussen am Ventilgehäuse angebrachten Hebel je nach Höhenlage des Autos nach links oder rechts bewegt und öffnet dadurch entweder die Einlaßseite „ e „, oder die Auslaßseite „ a „.

Er ist also beweglich gelagert. Da er unter dem Arbeitsdruck steht, der im Balg herrscht, muß er druckdicht ausgeführt sein, - über ihm liegt nämlich der normale atmosphärische Druck an.

Erreicht wird dies durch einen in sein Gehäuse eingepreßten O - Ring aus Gummi . Genau dieser Ring ist die Achillesferse des Steuerkolbens.

Mit den Jahren verhärtet der Gummi und dichtet dann nicht mehr. Das Resultat: Auch wenn die Ventile „ a „, und „ e „, einwandfrei dicht sind, strömt die Luft durch den defekten Steuerbolzen aus dem Balg ab - mit den bekannten Folgen. (Dieser Defekt tritt übrigens nur an den Steuerventilen der zweiten Generation ab 1965 auf, bei den alten Ventilen war der Betätigungshebel druckdicht einvulkanisiert)

Dieser Fehler ist allerdings schwieriger zu orten . Manchmal findet man ihn durch Absprühen der Regelventile mit Lecksuchspray. Dort wo die Luft aus dem Ventilgehäuse austritt, bilden sich deutlich sichtbare Luftblasen. Manchmal liegt die Luftaustrittsstelle aber so unglücklich zwischen Ventil und Achse, daß sie bei eingebauten Ventilen nicht zu orten ist. Wenn wir bei der oben beschriebenen Testmethode keine Luftblasen feststellen können, und alle Schraubanschlüsse sowie die Federbälge dicht sind , aber unser Auto sackt trotzdem ab, so liegt mit Sicherheit dieser Defekt vor.

Wenn dieser Fehler auftritt, hilft nur noch ein Austausch des kompletten Niveauregelventiles,.

(Erfahrungsgemäß treten allerdings Fehler häufig gemeinsam auf)

Keine ganz billige Angelegenheit, wenn man sich nach den Preisen erkundigt, immerhin 1250.- DM ruft Mercedes für das Neuteil auf, und drei Stück hat so ein Auto! Nun gut, mit prall gefüllter Portokasse kann man sich das Ganze ja noch leisten - aber wer außer Berufspolitikern mit Dienstwagenberechtigung, Nebenerwerbstätigkeit und Pensionsansprüche hat heutzutage noch eine nennenswert bestückte Kasse zuhause? Im Gegensatz zu Lichtmaschinen und Anlassern gibt es auch keine Tauschteile mehr vom Hersteller, der Firma Bosch.

Zum Glück kann man aber heute wieder auf Tauschteile verschiedener Herkunft zurückgreifen, allerdings schwankt die Qualität genauso stark wie die Preise - wobei die teuersten nicht unbedingt die besten sein müssen!. Zwischen 450 und 800 DM pro Ventil muß man rechnen.

Sehen wir uns mal an, was bei einer Ventilüberholung gemacht werden muß.

Zuerst wird das Ventil in seine Einzelteile zerlegt, die Anschlußnippel, der Betätigungshebel und sonstige Kleinteile wandern zum Verzinker in die Galvanik (Schließlich soll das Teil hinterher wieder vernünftig aussehen)

Ein solches zerlegtes Teil sehen wir auf **Bild 6**. Auf **Bild 7** sehen wir die drei wichtigsten Teile, nämlich den zerlegten Steuerbolzen samt dem O - Ring, links und rechts daneben ein Einlaß - bzw Auslaßventil.

Der Steuerbolzen wird bei einer vernünftigen Überholung durch ein Neuteil ersetzt. Da er in das Gehäuse eingepreßt wird, benötigt man für den Wechsel erstens etwas „ Know how „ und zweitens Spezialwerkzeug. Es tauchen in der letzten Zeit aber auch immer häufiger Ventile auf, bei denen versucht wurde, den Steuerkolben mit Silikon abzudichten. Meines Wissens stammt der legere Umgang mit diesem Allerweltsheilmittel aus dem Land der unbegrenzten Möglichkeiten. Die Sache hält natürlich nur von zwölf bis Mittags ,billiger als Ventile aus einer sachgerecht arbeitenden Quelle sind diese Teile dabei noch nicht einmal unbedingt!

Immer ersetzt wird das Einlaßventil **e** , das Auslaßventil **a** nur bei Bedarf. (Manche Überholer wechseln auch dieses Teil grundsätzlich, dies verteuert allerdings die Angelegenheit und ist absolut nicht nötig!)

Nach dem Zusammenbau des Ventil folgt zuerst die Einstellung des Leerweges am Betätigungshebel. Die Ventileinsätze sollen sich nicht bei der kleinsten Bewegung öffnen, sondern erst nachdem der Betätigungshebel einen genau definierten Weg zurückgelegt hat. Dies ist wichtig, damit nicht jeder kleine Stoß (etwa von einem Kanaldeckel) zu Druckänderungen im Balg führt. Eingestellt wird dies durch Herein - bzw Herausschrauben der Ventileinsätze, ausgehend von der Nullstellung des Hebels. Wird dies nicht korrekt gemacht, so reagiert die Federung entweder zu hektisch (Das Auto fühlt sich dann an wie ein Schiff in schwerer Dünung) oder die Federung wird träge.

Eine zu träge eingestellte Federung ist bei zunehmender Last gut zu erkennen. Das leere Auto steht normal, belädt man den Kofferraum dann mit etwa 100 Kilo so sackt es hinten ab .Die Regelung reagiert dann noch nicht. Packt man jetzt noch 50 Kilo dazu, so kommt das Auto auf einmal wieder in Normalstellung.

Auf Gewichtsunterschiede von etwa 50 Kilogramm sollte die Federung aber bereits reagieren - diese Einstellarbeit ist also recht wichtig, wird aber von „ Schnellrestauratoren“ gerne ausser Acht gelassen..

Nach Zusammenbau und Einstellung folgt die Dichtigkeitsprüfung. Dazu wird am Anschluß **B** ein Manometer angeschlossen und über eine an Anschluß **E** angebrachte Luftleitung auf etwa 10 Bar Innendruck gebracht. Anschließend wird die Luftleitung entfernt, sodaß der Rückschlageinsatz in Tätigkeit tritt.

Wenn der Druck nach 24 Stunden nicht abgesunken ist, wird der Druck von Hand auf etwa 0.2 Bar Überdruck abgelassen. Hiermit wird geprüft, ob der Rückschlageinsatz auch bei kleinen Druckdifferenzen noch sicher schließt. Kleine Druckdifferenzen können auftreten, wenn schleichender Druckverlust vor dem Anschluß **E** vorliegt.

Auch dann muß der Ventileinsatz **e** sicher schließen. Ist dies der Fall, so hat das überholte Ventil den Test bestanden und kann eingebaut werden.

Da das Luftvolumen im Prüfmanometer sehr klein ist, machen sich auch winzige Undichtigkeiten sofort durch deutlichen Druckabfall bemerkbar. Solch ein Ventil muß dann noch einmal zerlegt werden - also eine recht aufwendige Sache, so eine Überholung und deswegen auch nicht billig. Günstiger als Neuteile sind fachgerecht überholte Ventile aber allemal - vor allem, da die angebotenen neuen Ventile häufig überlagert sind und nicht lange dicht bleiben!

Die anderen Bauteile

Sehen wir uns noch schnell die anderen Bauteile der Anlage an.

Die Ventileinheit ist uns schon einmal begegnet, es gibt sie ebenfalls als Tauschteil.

Sie ist ein mercedestypisches Teil, es gibt sie in zwei Ausführungen, einmal ohne Höhenverstellung einmal mit. 1965 führte Mercedes die Möglichkeit ein, die Fahrzeuge 50 mm höher zu stellen, zB um schlechte Wege mit tiefen Löchern ohne Gefahr des Aufsetzens fahren zu können. (Vielleicht geschah dies auch nur mit einem Seitenblick auf Citroen, dessen Hydropneumatik diese Möglichkeit bereits seit 1955 bot)

Beim Borgward und den amerikanischen Modellen mit Luftfeder gibt es die Ventileinheit in dieser Form nicht! Ihre wichtigste Aufgabe ist aber nicht die Höhenverstellung, sie hat in erster Linie fahrdynamische Aufgaben. Wie oben bereits erwähnt, blasen Borgward und die Amerikaner direkt an den Ventilen ab, wenn diese in den Regelbereich kommen. Fährt man mit diesen Autos eine langgezogene Kurve , passiert folgendes: die Karosserie neigt sich zur Kurvenaußenseite und hebt sich innen. Das äußere Ventil geht also in Stellung „ Einströmen“ , das Innere in Stellung „ Ausströmen“ .

Am Kurvenausgang wird bei diesen Fahrzeugen also der Druck im äußeren Balg höher sein ,als der im kurveninneren: das Fahrzeug liegt auf der folgenden Geraden erst einmal schräg gekippt und zwar in Richtung Innenseite der vorangegangenen Kurve!

Folgt jetzt unmittelbar eine Kurve in Gegenrichtung, so fährt das Auto diese in Richtung Aussenseite gekippt an, und erst in der Kurve kann die Regelung in Gegenrichtung erfolgen.

.Das Fahrverhalten bei schnellen Wechselkurven ist also ausgesprochen schlecht.

Die Ventileinheit beim Mercedes begrenzt aber zum einen den Einströmdruck zu den beiden Vorderachsventilen auf höchstens zehn Bar,über diesen Druck kann der Druck am kurvenäusseren Balg nie ansteigen , sodaß seine Höhe begrenzt ist. (Zum hinteren Ventil geht der volle Voratsdruck,es ist in der Achsmitte montiert und reagiert dadurch nicht auf Schräglage des Fahrzeugs.)

Ausserdem wird der Abblasedruck der vorderen Ventile auf ein Druckhalteventil in der Ventileinheit geführt, das erst bei drei Bar öffnet. Der Druck wird also nur abgelassen,wenn der Differenzdruck drei Bar übersteigt. Dies ist in einer Kurve praktisch nie der Fall,sodaß das Fahrzeug die Kurve mit identischen Balgdrücken auf beiden Seiten verläßt; es liegt also nach der Kurve sofort wieder gerade und kann auch in eine nachfolgende Kurve in der Gegenrichtung in normaler Niveaulage eingefahren werden. Dies ist einer der Gründe für die Fahrsicherheit dieser Autos. Der zweite liegt in der Niveauregulierung und hier sind wir beim Thema Pendelachse.(Wir erinnern uns an den Tatra?)

Stahlgefederte Pendelachsen weisen im Betrieb extreme Spur und Sturzänderungen auf, die Einfluß auf das Fahrverhalten haben.Durch die Luftfederung in Verbindung mit der Niveauregulierung wird dieses Problem ausgeschaltet. Egal welche Belastung vorliegt,das Auto hat die gleiche Niveaulage und somit immer gleichen Sturz und gleiche Spur!

Die Pendelachse kann in ihrer Grundhöhe auf leicht negativen Sturz eingestellt werden,dies ergibt hohe Seitenführungskräfte und somit Fahrsicherheit.

Stahlgefederte Pendelachsen müssen dagegen leer etwas positiv eingestellt werden,damit sie bei Beladung nicht zu stark einsinken - oder man muß sie mit sehr harten Federn versehen. Und das ist unkomfortabel!

Kommen wir zurück zu den Defektmöglichkeiten an der Ventileinheit.

Gelegentlich sind die kleinen Steuerventile defekt, diese gibt es noch bei Mercedes oder bei Bosch Ausgewechselt sind sie schnell,manchmal sind auch nur die beiden O - Ringe am Ventileinsatz verhärtet.

In seltenen Fällen sind die beiden Druckregelventile im Inneren der Einheit defekt, auch hierfür gibt es noch Ersatzteile. Manchmal sind die Druckventile auch in Unkenntnis der Materie falsch eingestellt- so geschehen beim Mercedes 600 eines Bekannten.

Dessen Fahrzeug war auf die Werte des 300er eingestellt,ist aber viel schwerer und arbeitet deswegen mit etwas höheren Drücken.

Das Auto stand vorne immer zu tief,obwohl es keine Luft verlor!

Ihre Luft erhält die Ventileinheit aus dem Luftvoratsbehälter über eine Frostschutzvorrichtung.

Diese dient dazu ,der Luft im Winter Alkohol beizumischen, um das Einfrieren der Anlage zu verhindern.

Gelegentlich ist das kleine Dosierventil auf dem Kopf der Vorrichtung defekt, dann schluckt die Anlage den Alkohol wie Dean Martin in seinen besten Tagen. . (oder wie eine Arbeitsgruppe der Mercedes - Benz IG auf der Veterama!)

Spiritus sollte als Frostschutzmittel nur in Notfällen verwendet werden,er greift auf Dauer die Gummiteile der Anlage an,besser ist Isopropylalkohol. Ganz vorsichtige Menschen greifen zu den handelsüblichen Frostschutzmitteln, die heute noch für Druckluftbremsen in Nutzfahrzeugen verwendet werden.Diese Mittel können unbedenklich das ganze Jahr in der Anlage bleiben, die fettlösenden Bestandteile helfen den unvermeidlichen Ölanfall in der Anlage zu verringern.

Der Luftvoratsbehälter fristet sein Leben unter dem vorderen Kotflügel. Ausser einem Füllventil,über das man eine leere Anlage per Reifenfüllgerät auf Arbeitsdruck bringen kann (Z.B. um ein Auto mit defektem Motor und leerer Luftfederung auf einen Anhänger ziehen zu können) weist er an seinem unteren Ende einen Kondenswasserablaß auf. So ein - zweimal im Monat sollte man diesen bedienen, zum einen , um anfallendes Kondenswasser zu beseitigen, zum anderen zur Kontrolle, ob der Luftpressor ausser Luft auch noch Öl fördert. In diesem Fall tritt eine Öl - Wasser - Emulsion aus.Dies ist garnicht so selten, die Kolbenringe des Luftpressers sind dann verschlissen und häufig ist auch das Pleuellager ausgeschlagen . (Nicht weiter verwunderlich ,dreht doch dieser mofamotorgroße Luftverdichter dauernd mit bis zu 6000 u/min)

Da Öl in der Anlage nicht sonderlich gesund ist, sollte man an dieser Stelle über eine Reparatur des Luftverdichters ernsthaft nachdenken - unter Umständen sind sonst die schönen neuen Niveauregelventile innerhalb kurzer Zeit wieder defekt.

Wenn bei ansonsten dichter Anlage im Stand der Voratsdruck absinkt, kann es auch am Luftpressor liegen.

Zwischen Vorat und Luftpressor befindet sich ein Rückschlagventil. Dieses kann nur dann schließen, wenn im Stand die Luft aus der Druckleitung abgelassen wird. Zu diesem Zweck gibt es im Zylinderkopf des Luftpressers einen Bypaß- ist dieser verstopft, so kann das Ventil nicht schließen und die Luft strömt über den Luftpressor ab.

Gelegentlich ist auch das Ventil selber der Übeltäter .

Entweder ist dann die Feder lahm, oder der Dichtsitz ist verschmutzt bzw verschlissen. Dies sind aber alles Dinge, die mit relativ wenig Aufwand in Ordnung zu bringen sind.

Man sollte solche Kleinigkeiten schnellstens in Ordnung bringen.

Ein Defekt an einem Bauteil führt schnell zu Folgeschäden an anderen Komponenten, auch an solchen , die auf den ersten Blick mit der Federung nichts zu tun haben.

Einige Spezialisten meinen, mit kleinen Undichtigkeiten könne man leben, frei nach dem Motto: „ Ein paar Tage bleibt er ja oben“

Kann man eigentlich nicht!

Denken wir nach. Wenn das Fahrzeug abgesackt ist, wird üblicherweise erstmal Luft gepumpt - meist mit erhöhter Drehzahl bei kalter Maschine um die Angelegenheit zu beschleunigen.

Das mag weder die liebe Nachbarschaft , noch bekommt dieses Verfahren der Maschine.

Die Endanschläge der Achsen mögen es nicht sonderlich, wenn sie tagelang das Fahrzeuggewicht tragen müssen.

Das Mittellager der Hinterachse muß hierbei eine zu hohe Last aufnehmen (Obwohl es schon größer dimensioniert ist als bei den stahlgefederten Typen, kann es auf Dauer ausreißen!)

Die Federbälge verschleiß ebenfalls wesentlich schneller als normal und Stoßdämpfer sind auch nicht dafür konstruiert, dauernd bis an den Endanschlag zusammengepreßt ihr Dasein zu verbringen.

Zuguterletzt ist der Luftpresser nicht darauf ausgelegt, dauernd große Luftmengen nachzufördern, er wird bei einer undichten Anlage ebenfalls überbeansprucht. Wir sollten also ein wenig auf die Anlage achten, Federbälge auf Risse zu überprüfen (Nicht nur alle 50.000 km!!) und regelmäßiges Ablassen des Kondenswassers sind ein erster Schritt.

Undichte Luftfederventile sollte man schnellstmöglich ersetzen - Folgeschäden die ansonsten unweigerlich auftreten sind nämlich viel teurer als drei neue Ventile! Macht euch mal die Mühe , die Preise für die oben aufgezählten Teile in Erfahrung zu bringen, dann wißt ihr was ich meine!

Ansonsten gilt: es gibt ebenso wenig „ Ein bißchen schwanger „ wie „ Ein bißchen undicht“

Seltsamerweise ist vielen Besitzern (und noch häufiger Verkäufern!!), dies nicht klar; und auch das Werkstatthandbuch von Mercedes ist in diesem Punkt etwas mißverständlich.

In einer Tabelle zu diesem Thema steht dort nämlich zum Thema „ Dichtheitsprüfung „ schlicht: „ Zulässiger Druckabfall des Voratsdrucks 1 Atü innerhalb 24 Stunden.“

Um festzuhalten, wie sich dieser gering erscheinende Druckverlust auf das Gesamtsystem auswirkt , betreiben wir etwas Physiktheorie Zum Thema „ Druck und Volumen eines Gases“ finden wir das Gesetz von Boyle - Mariotte: Das Volumen eines eingeschlossenen Gases gleichbleibender Temperatur ist seinem Druck umgekehrt proportional. Ebenso gilt: Das Produkt aus Druck und Volumen ist bei einem eingeschlossenen Gas gleichbleibender Temperatur konstant. (sog. Gaskonstante)

Soweit alles klar? Nein? Alles halb so wild!

Nehmen wir also das praktische Beispiel.

In unserer Luftfederanlage finden wir einen Luftvoratsbehälter mit 7 Litern Volumen. Der höchstmögliche Fülldruck (Auf Meereshöhe und bei einwandfreiem Luftpresser) beträgt 18 Bar. (Steht unser Auto auf der Zugspitze , ist der Fülldruck geringer, da die Luftpresserleistung immer abhängig vom Umgebungsdruck ist!)

Das Produkt aus dem Druck p mal dem Volumen V beträgt: 7 mal 18 = 126.

Bei 18 Bar Druck enthält unser 7 Liter großer Vorat also 126 Liter Luft . Füllen wir diese Luft nun in einen anderen Behälter mit 18 Litern Volumen um, so würde der Druck in diesem Behälter auf 7 Bar sinken: Das Produkt aus Druck mal Volumen ergibt wieder 126.

Wenn p 1 Anfangsdruck des Gases

p 2 Enddruck des Gases

V 1 Anfangsvolumen des Gases

V 2 Endvolumen des Gases

ist, dann gilt folgende Formel:

$p_1 : p_2 = V_2 : V_1$ oder $pV = \text{konstant}$.

Wenn wir **Bild 1.1, 1.2** betrachten, so sehen wir in den beiden Diagrammen an den Kreuzungspunkten zwischen den Kurven und der mit Konstruktionslage bezeichneten Linie je eine Druckangabe, hier noch veraltet in „ Atü „ angegeben. Es handelt sich hier um den Fülldruck in den Federelementen bei Belastung des

Fahrzeuges mit einer Person. Wir wollen jetzt einmal ausrechnen, wieviel Luft bei dieser Belastung insgesamt in den Federelementen ist. Dafür müssen wir nach der obigen Formel ausser den Drücken noch die Volumina der Federelemente kennen. Diese betragen an der Vorderachse zweimal 2,8 Liter, an der Hinterachse zweimal 3,6 Liter.

Also beträgt der Gesamtvorat an Luft in den Federelementen:

$2 \times 2,8 = 5,6 \text{ Liter} \times 6,2 \text{ Bar} = 34,72 \text{ Liter}$ an der Vorderachse sowie

$2 \times 3,6 = 7,2 \text{ Liter} \times 5,6 \text{ Bar} = 40,32 \text{ Liter}$ an der Hinterachse.

Diese insgesamt 75,04 Liter Luft tragen das ganze ca 1,5 Tonnen wiegende Fahrzeug!

Rechnen wir schnell noch aus, was ein Bar Druckverlust innerhalb von 24 Stunden für die Anlage bedeutet:

Innerhalb eines Tages strömen 7 Liter Luft von einem Bar Druck ab - innerhalb von 10 Tagen also das gesamte in den Federelementen vorhandene Luftvolumen!

Als „Dicht“ kann diese Anlage kaum bezeichnet werden!

Der im Handbuch angegebene Druckverlust ist also nicht der Normalfall, sondern er stellt den höchstzulässigen Verschleißgrenzwert bei einer älteren Anlage dar - egal was uns der Verkäufer unseres Traumsechshunderters erzählt!

Michael Brockhoff. !