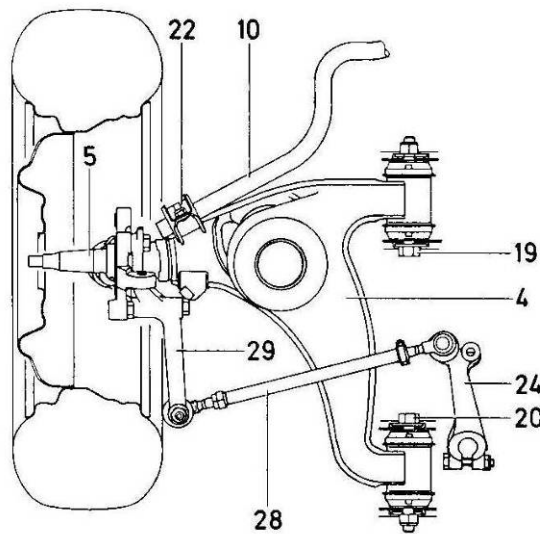
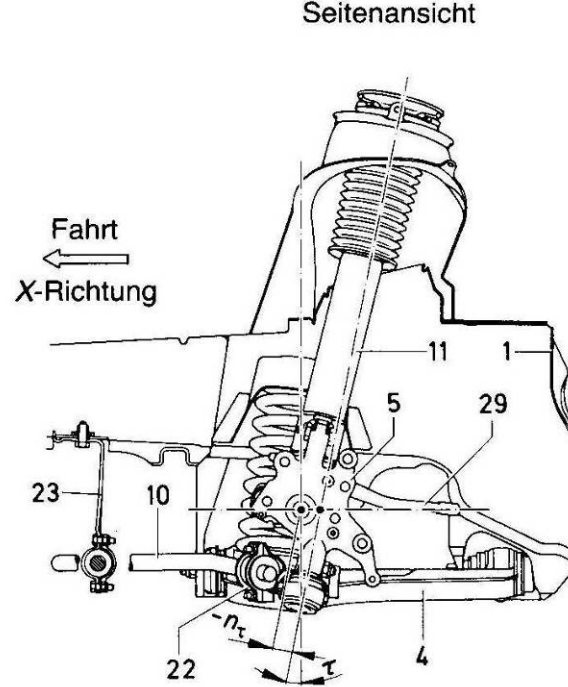
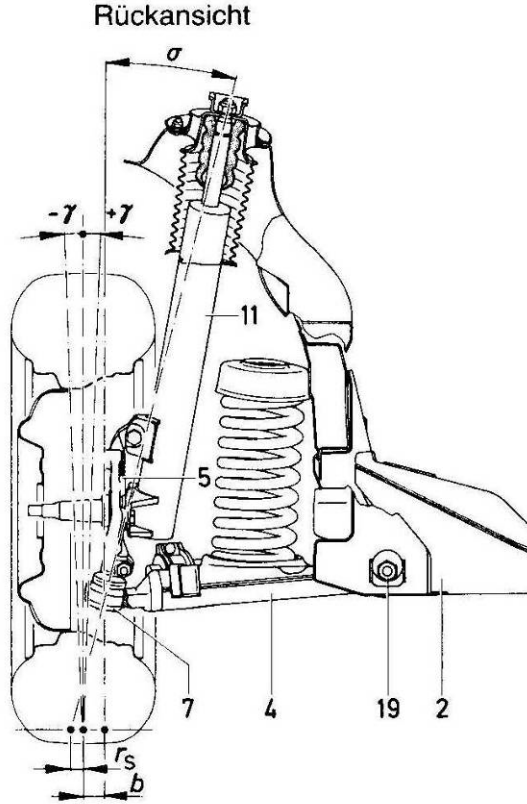


Süspansiyon elemanları



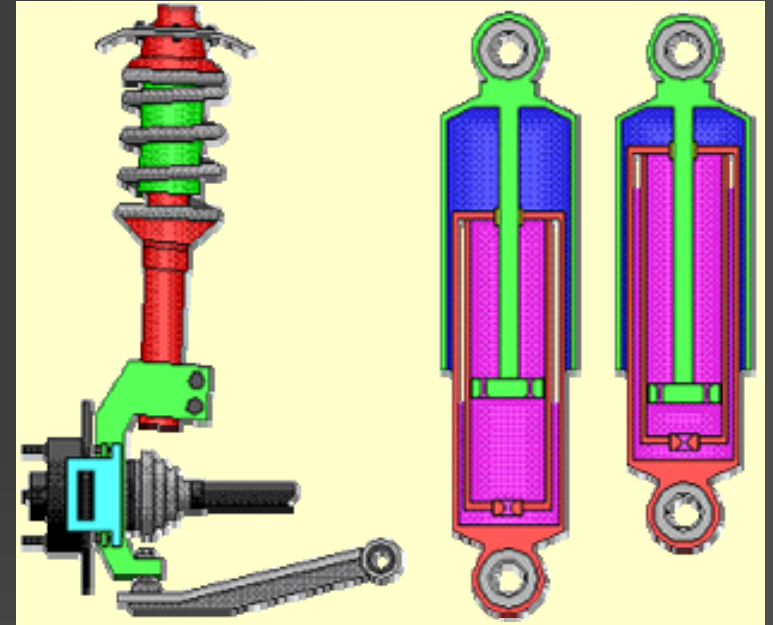
- γ Sturz
- τ Nachlauf
- δ Spreizung
- r_s Lenkrollhalbmesser negativ
- $-n_\tau$ Vorlaufversatz
- 1 Rahmen-Längsträger
- 2 Rahmen-Querträger
- 4 Querlenker
- 5 Radträger
- 7 Traggelenk
- 10 Stabilisator
- 11 Dämpferbein
- 19 Exzenterbolzen der vorderen Lagerung (Sturzeinstellung)
- 20 Exzenterbolzen der hinteren Lagerung (Nachlaufeinstellung)
- 22 Lagerung des Drehstabes am Querlenker
- 24 Lenkstockhebel
- 28 Spurstange
- 29 Spurbel

Çelik yaylar

Helisel yaylar,
süspansiyon yayı

Yaprak yaylar.
süspansiyon yayı

Burulma Çubukları,
stabilizatör, süspansiyon yayı



Helisel yay

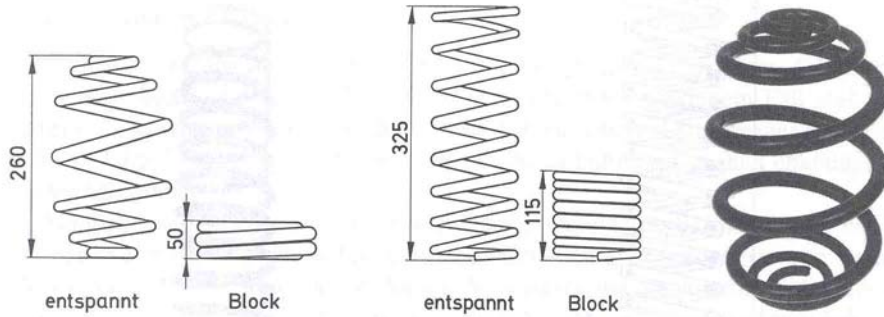


Bild 2.1/9 Links eine Miniblockfeder und rechts eine zylindrische Schraubenfeder, beide mit gleicher Federrate, jedoch unterschiedlicher Drahtdicke und damit progressiver Kennlinie. Die Tonnenform spart Gewicht und Raum; besonders deutlich ist die zusammengedrückt nur noch geringe Bauhöhe im Vergleich zur Schraubenfeder erkennbar (Werkbild Fa. Hoesch).

Bild 2.1/10 Progressive Tonnenfeder, eingebaut von BMW an der Hinterachse der 3er-Reihe und hergestellt von der Fa. Krupp-Brüninghaus; der größte Außendurchmesser beträgt $D_e = 150$ mm, und die Enden sind innen auf $D_i = 40$ mm eingezogen. Die Anfangs-Federrate liegt bei $c_{FA} = 38,9$ N/mm und die Endrate bei $c_{FE} = 61,6$ N/mm. Die Progressivität wird sowohl durch die Form erreicht als auch durch Verwendung eines Federdrahts ungleicher Dicke, dessen Durchmesser zwischen $d_o = 10$ mm und $d_i = 14,5$ mm schwankt. Werkstoff: 50 Cr V 4 V, vergütet auf $R_m = 1600$ bis 1750 N/mm².

Bild 2.1/11 Von der Fa. Hoesch hergestellte progressive Miniblockfeder mit unterschiedlicher Drahtdicke und sich änderndem Windungsabstand. Durch die Trichterform wird – zusammengedrückt – nur eine sehr geringe Bauhöhe benötigt. Die Feder wiegt 2 kg und besteht aus 55 Cr 3 V, vergütet auf $R_m = 1600$ bis 1800 N/mm².

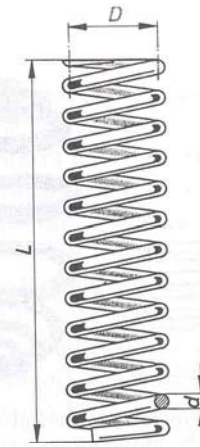


Bild 2.1/6 Im Durchmesser wenig Raum beanspruchende Schraubenfeder in der Form, wie sie Daimler-Benz an der Vorder- und Hinterachse des 190/190 E verwendet. Die Drahtdicke liegt zwischen $d = 13$ mm und 14 mm; die ungespannte Länge L beträgt vorn weniger als 400 mm und hinten etwa 310 mm. D ist der mittlere Windungsdurchmesser; das obere Federende ist plangeschliffen und das untere angelegt.

Bild 2.1/8 Hinterfeder des Audi 100, hergestellt von der Fa. Krupp-Brüninghaus. Bei dieser sogenannten «Dickendfeder» haben die Enden mit $d_o = 14,5$ mm einen größeren Durchmesser als der hauptsächlich federnde, mittlere Bereich ($d_i = 12,9$ mm). Durch diese Maßnahme lassen sich die Spannungen in den Enden heruntersetzen und Windungsberührungen im Arbeitsbereich der Feder vermeiden, die eine vorzeitige Zerstörung der Oberflächenschutzschicht zur Folge hätten. Werkstoff: 50 Cr 4 V 4, vergütet auf $R_m = 1600$ bis 1750 N/mm².



Bild 2.1/7 Progressive Hinterfeder des VW Golf, hergestellt von der Fa. Krupp-Brüninghaus. Die Anfangsfederrate beträgt $c_{FA} = 9,8$ N/mm und die Endrate $c_{FE} = 31,4$ N/mm. Erreicht wird die starke Progressivität durch Verwendung eines doppelseitig konischen Federdrahts, der an den Enden einen Durchmesser von $d_o = 7,6$ mm hat, in der Mitte $d_i = 10,2$ mm und ca. $3,5$ progressiv wirkende Windungen. Die Feder hat einen Außendurchmesser von $D_e = 90$ mm und umgreift den in Bild 1.3/4 zu sehenden Dämpfer. Als Werkstoff kommt der Federstahl 50 Cr V 4 V mit einer Vergütungsfestigkeit von $R_m = 1600$ bis 1750 N/mm² zur Verwendung.

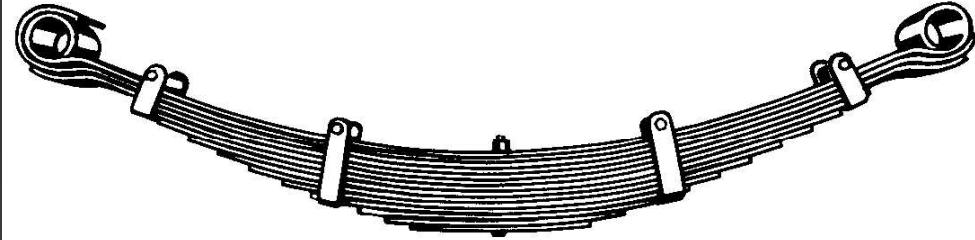
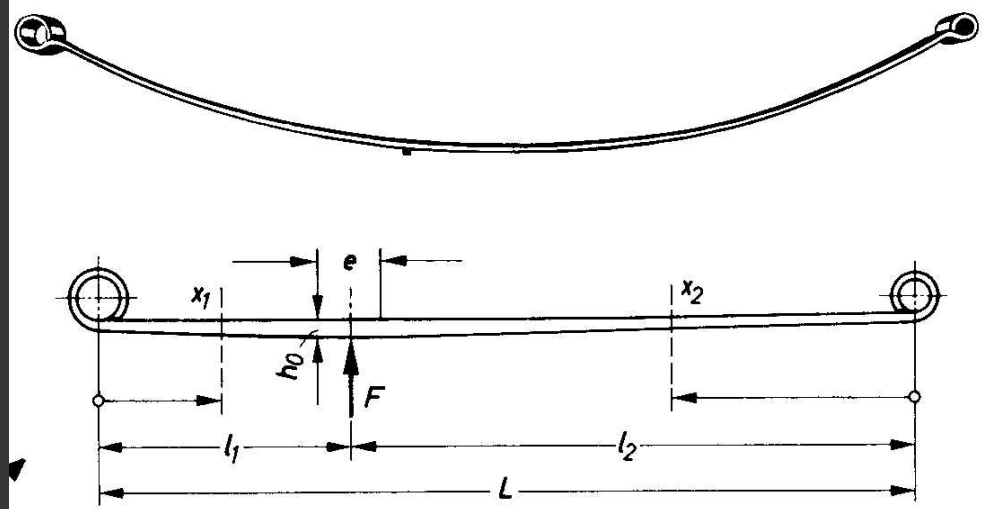


Yaprak yaylar

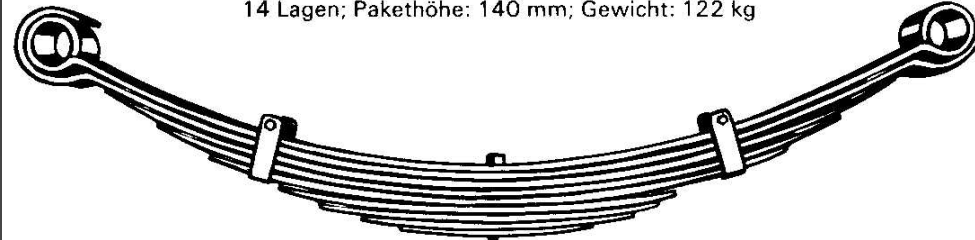
Otomobillerde nadiren kullanılmaktadır.

Katı aks yayı olarak genellikle ağır taşıtlarda kullanılır.

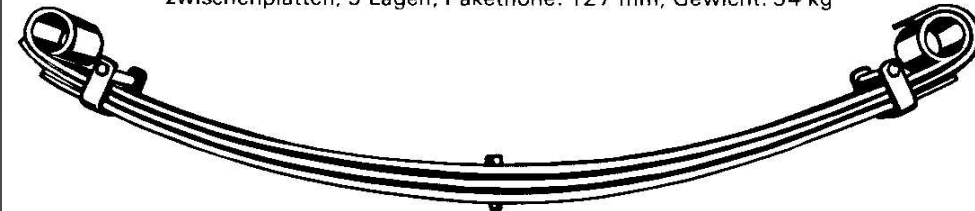
Süspansiyon sisteminde üç fonksiyonu birden görebilirler yay, sönümleyici ve askı kolu



a: Konventionelle geschichtete Trapezfeder mit glatt abgeschnittenen Blattenden, 14 Lagen; Pakethöhe: 140 mm; Gewicht: 122 kg

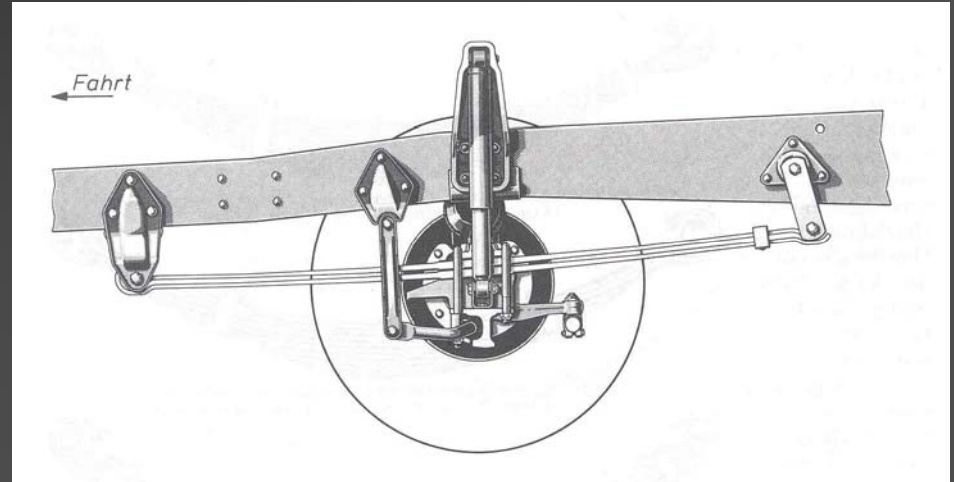
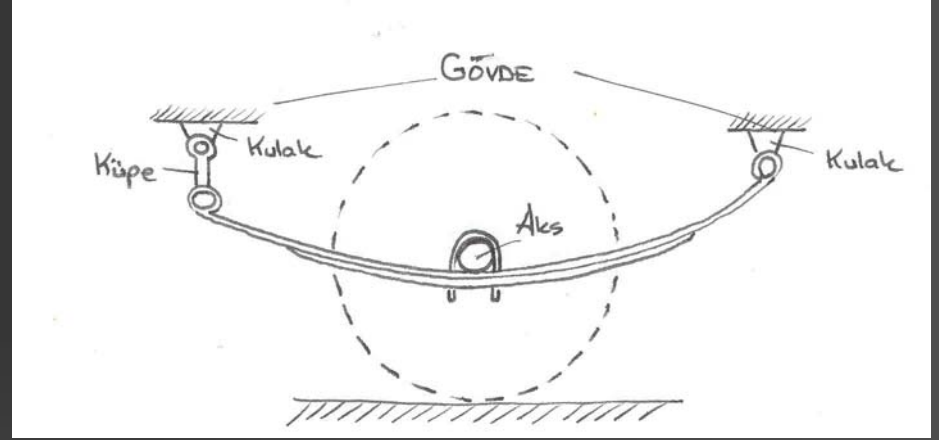


b: verbesserte geschichtete Trapezfeder mit ausgewalzten Blattenden und Kunststoffzwischenplatten, 9 Lagen; Pakethöhe: 127 mm; Gewicht: 94 kg



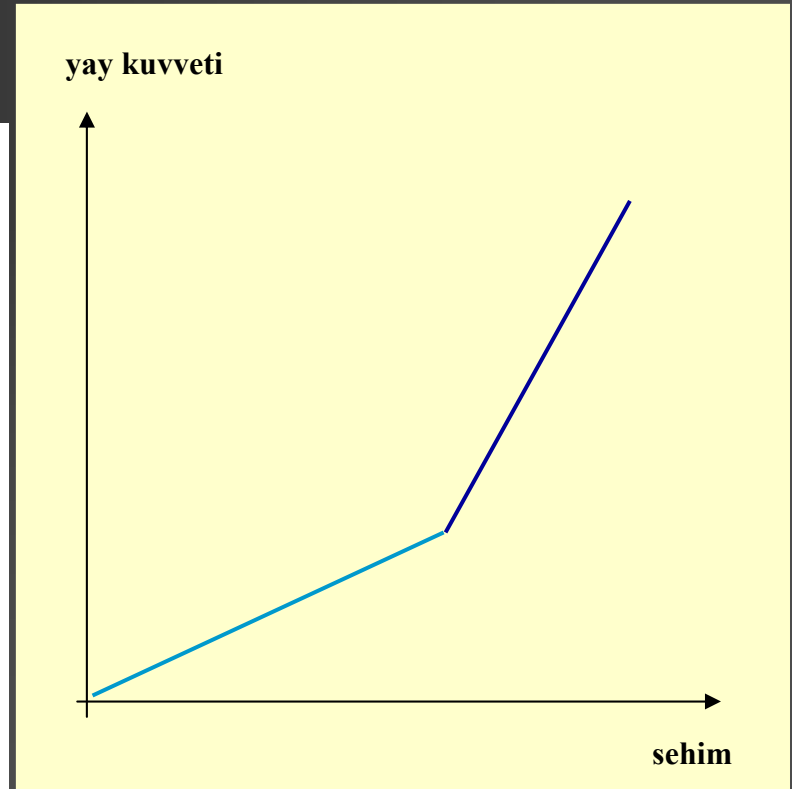
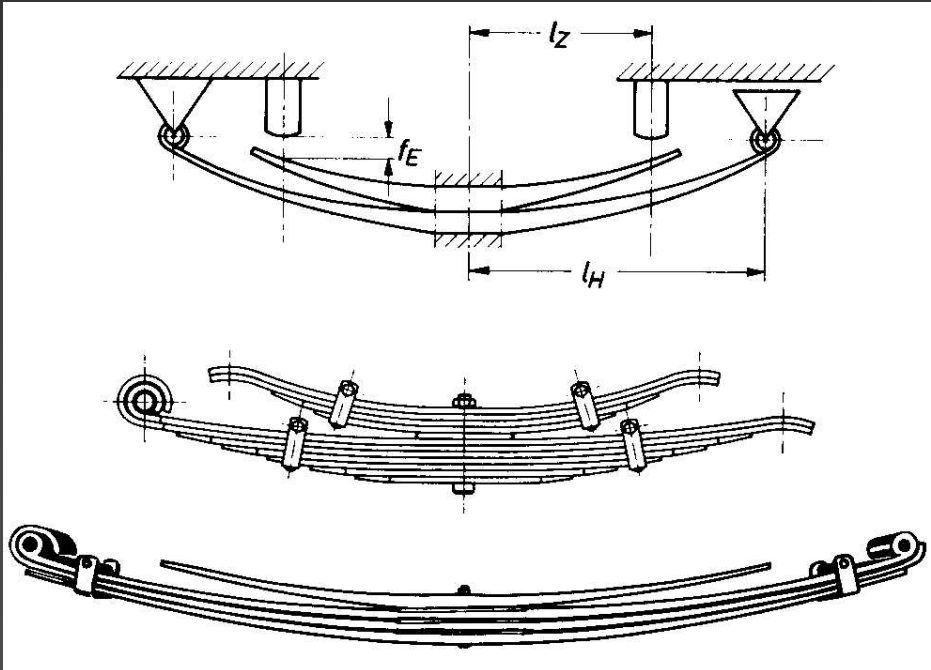
c: Parabelfeder mit ausgewalzten Blättern (Auswalzlänge ca. 1200 mm) und Kunststoffzwischenplatten, 3 Lagen; Pakethöhe: 64 mm; Gewicht: 61 kg

Yaprak yaylar

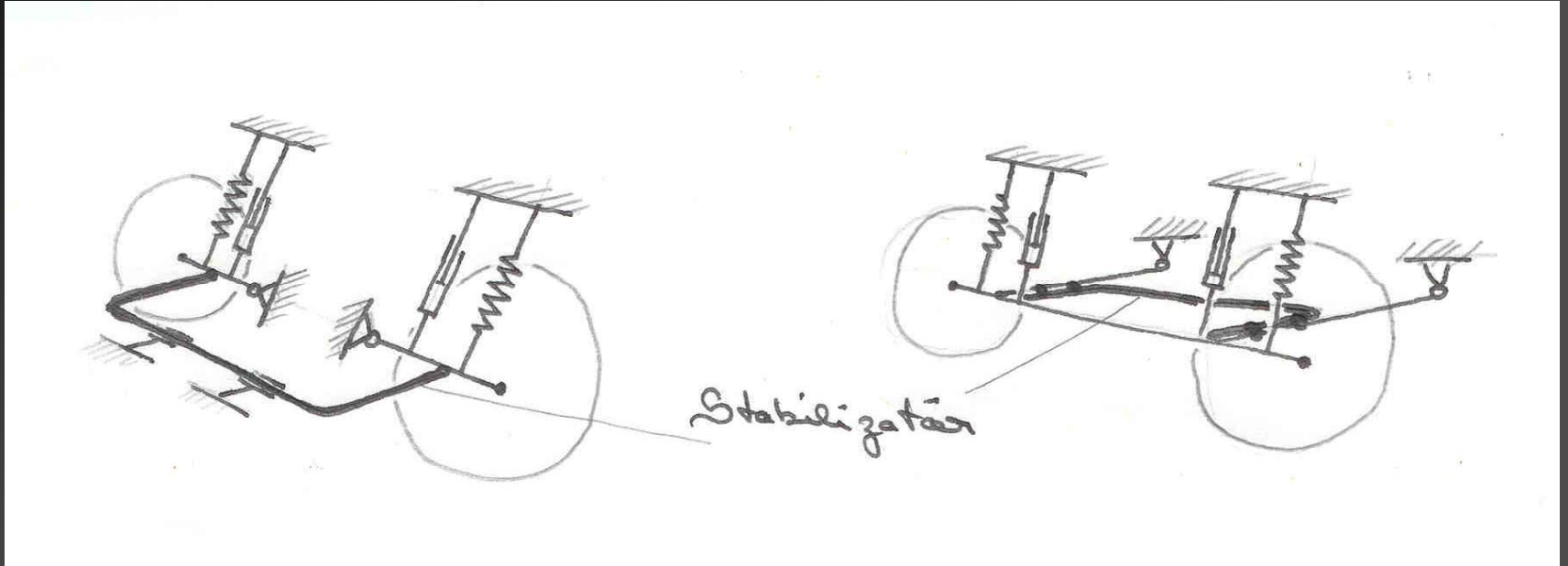


Yaprak yaylar

Yük taşıtlarında boş ve dolu ağırlıklar nedeniyle ortaya çıkacak özgül frekans değişimini önlemek üzere kırık karakterli yaprak yaylar kullanılır.



Stabilizatör



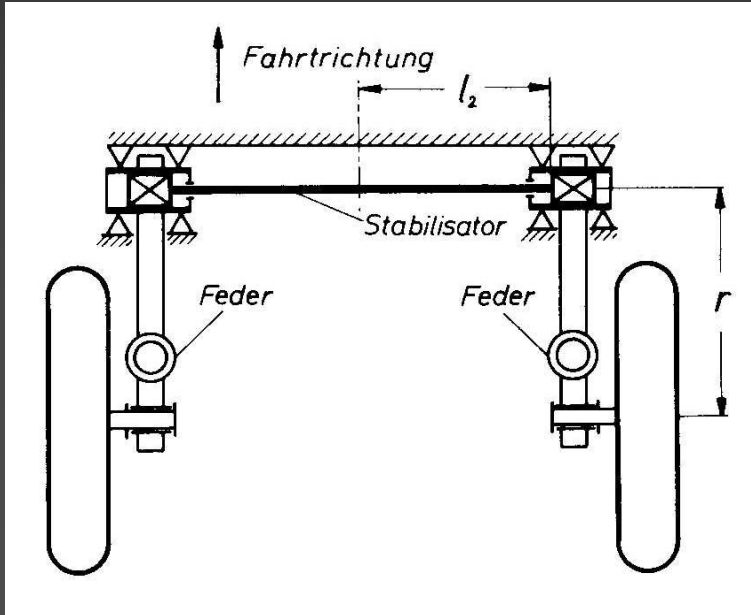
Stabilizatör

Stabilizatörlerin düşey yaylanma ve kafa vurma hareketleri sırasında sisteme etkileri yoktur. Ancak yalpa hareketi sırasında:

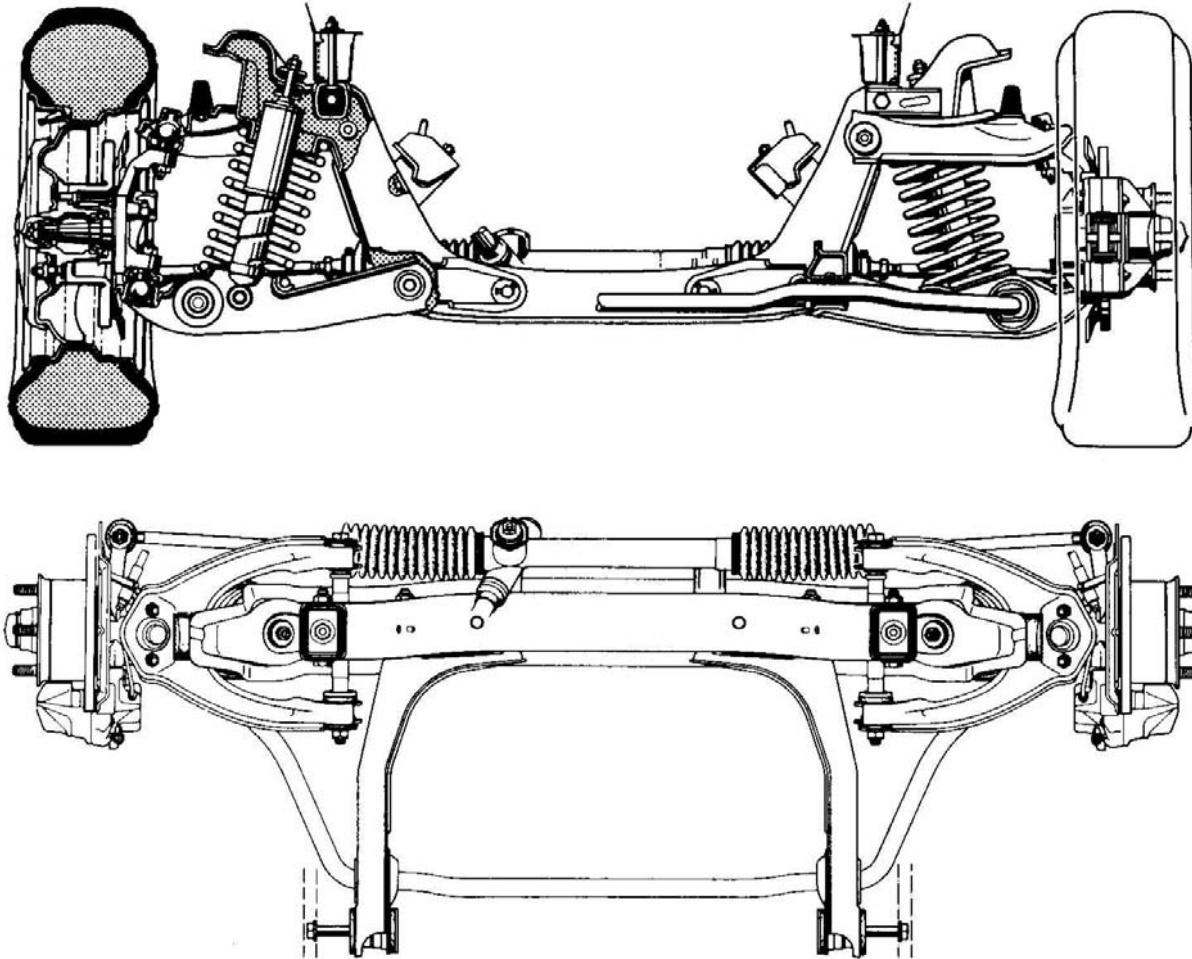
Yalpa sertliği arttığından yalpa hareketi azalır,

Çok pürüzlü yollarda konfor düşer,

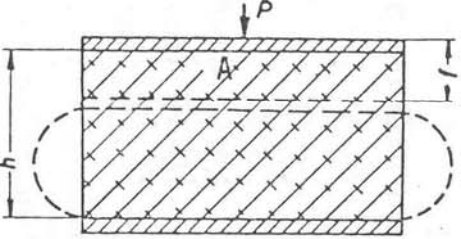
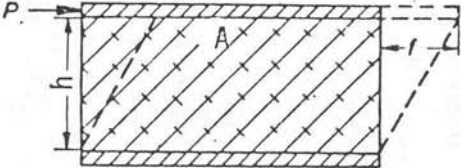
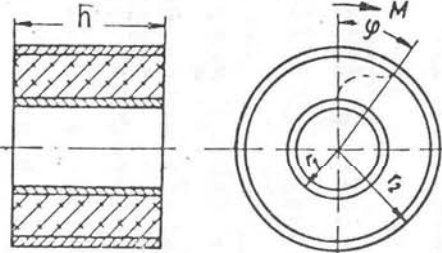
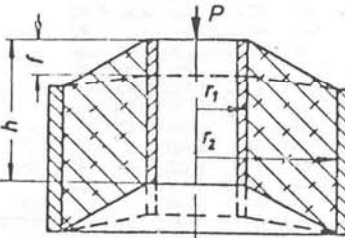
Dönemeçlerde, akstaki yük transferi artar.



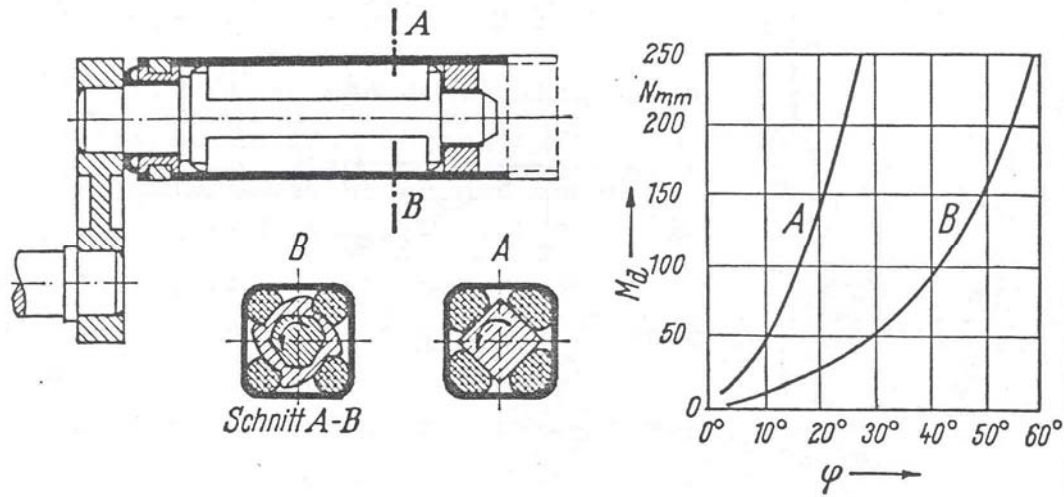
Stabilizatör



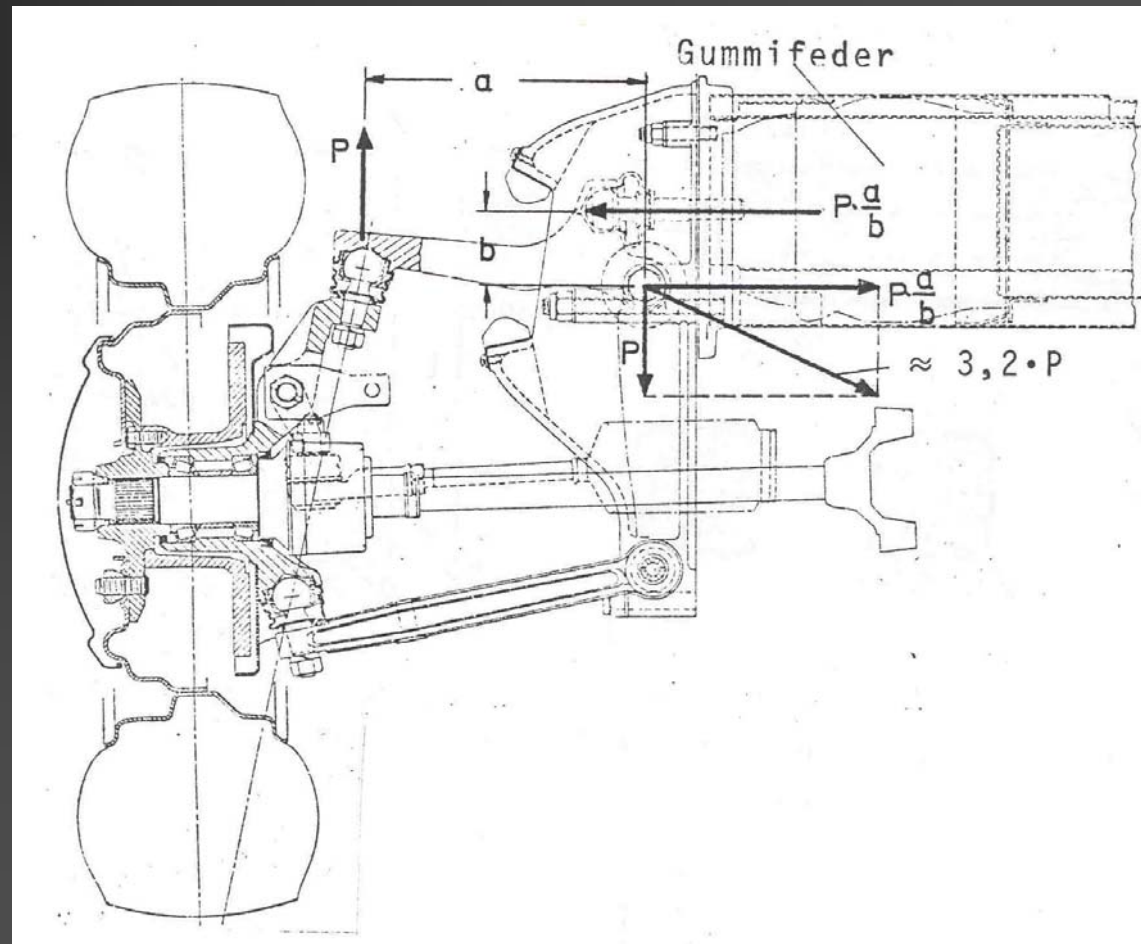
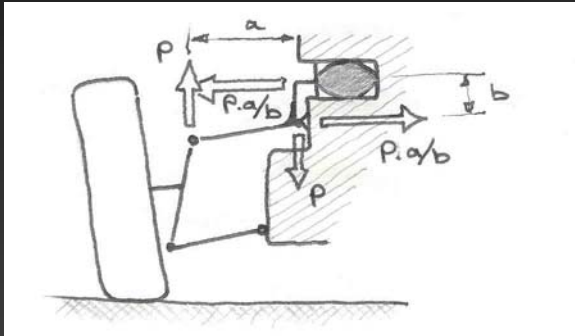
Lastik yaylar

	Skizze	Federkonstante	Bemerkungen	Anwendungsbeispiele
druckbeanspruchte Scheiben-Gummifeder		$c = k \cdot \frac{G \cdot A}{h} = \frac{P}{f}$	$k = 6,5 + 6 \cdot \left(\frac{\kappa}{2}\right)^{1,8}$ $\kappa = \frac{\text{belastete Gummioberfläche}}{\text{freie Gummioberfläche}}$ $G = \text{Schubmodul} \approx 0,3 \div 2,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	Anschlagpuffer, Motorlager, Dämpferstange ...
Parallelschub-Scheibenfeder		$c = \frac{G \cdot A}{h}$		Motorlager
Drehschub-Hülsenfeder		$c = \frac{4 \cdot \pi \cdot h \cdot G \cdot r_1^2}{1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2}$		Stabilisator- und Lenkerlagerungen, Dämpferauge ...
Parallelschub-Hülsenfeder		$c = \frac{2 \cdot \pi \cdot G \cdot h}{\ln \frac{r_1}{r_2}}$		Stabilisator- und Lenkerlagerungen, Dämpferauge ...

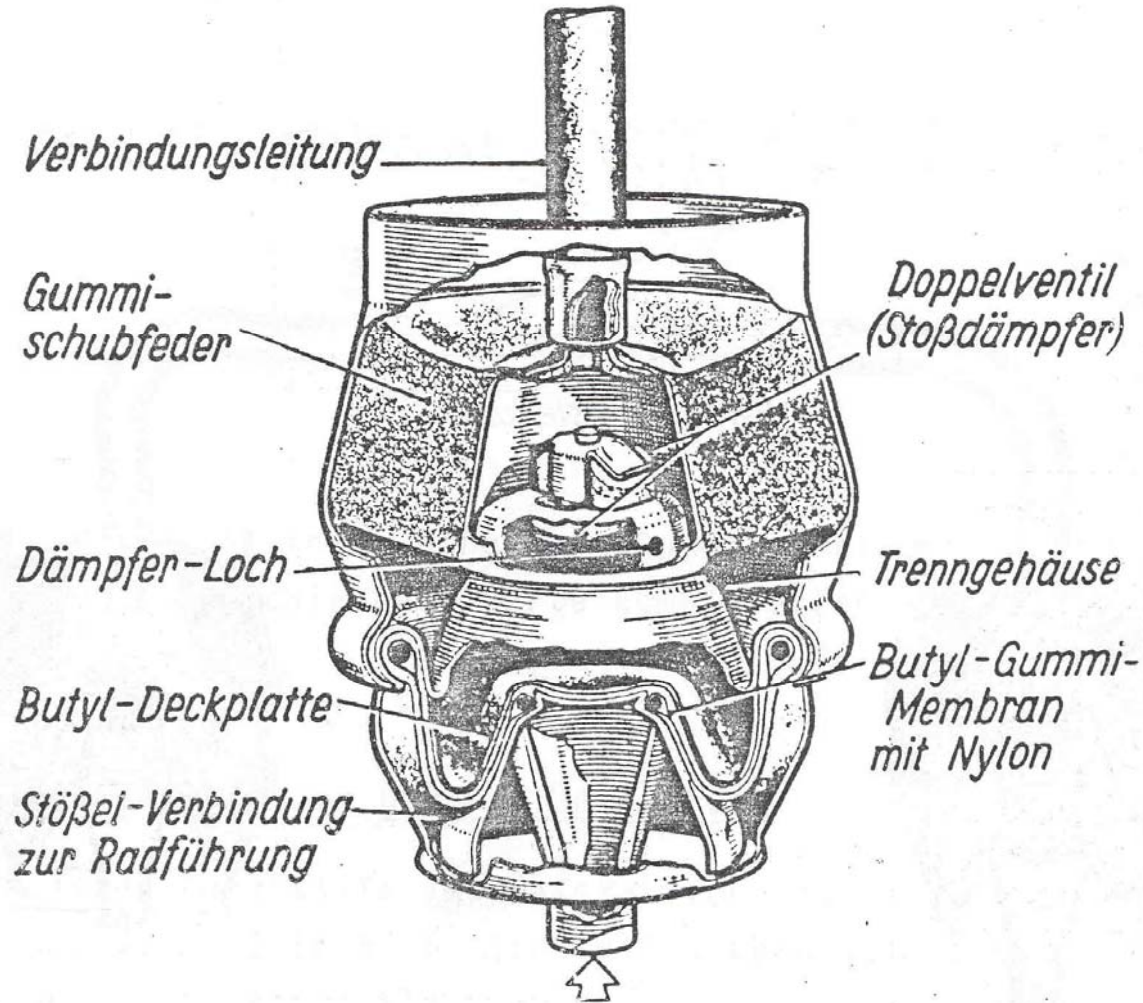
Lastik yaylar



Lastik yaylar

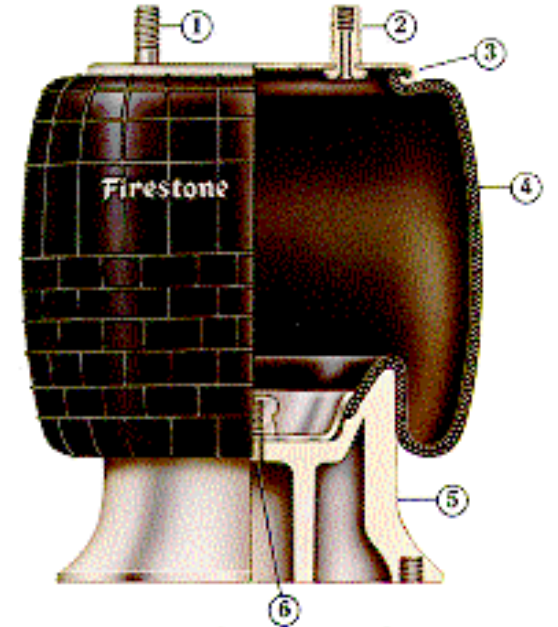


Lastik yaylar

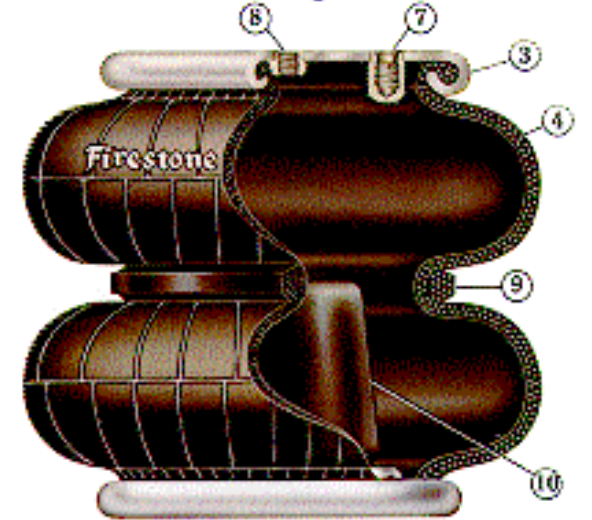


Havalı yay

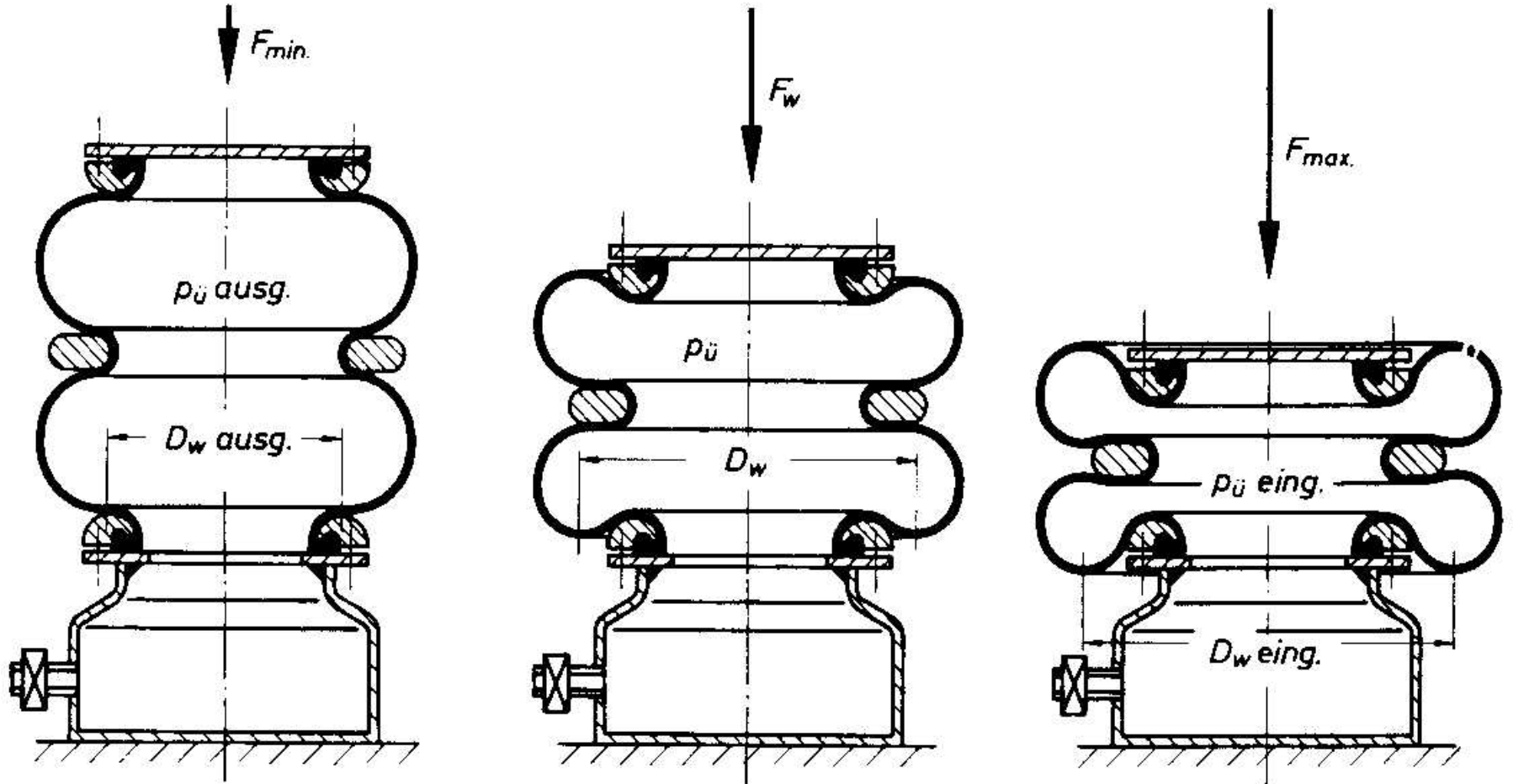
Torbalı havalı yay



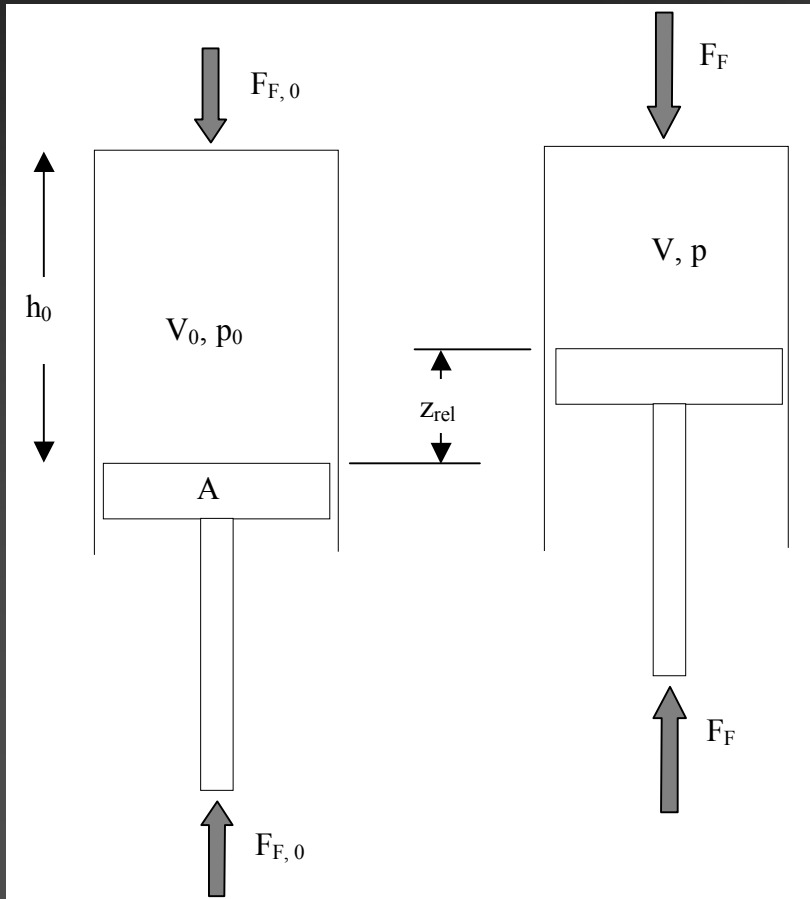
Körüklü havalı yay



Havalı yay



Havalı yayların sertliğini hesaplamak üzere piston silindir modeli



Sıkışmış ve statik denge halleri için yay kuvvetleri

$$F_F = (p - 1) \cdot A$$

$$F_{F,0} = (p_0 - 1) \cdot A$$

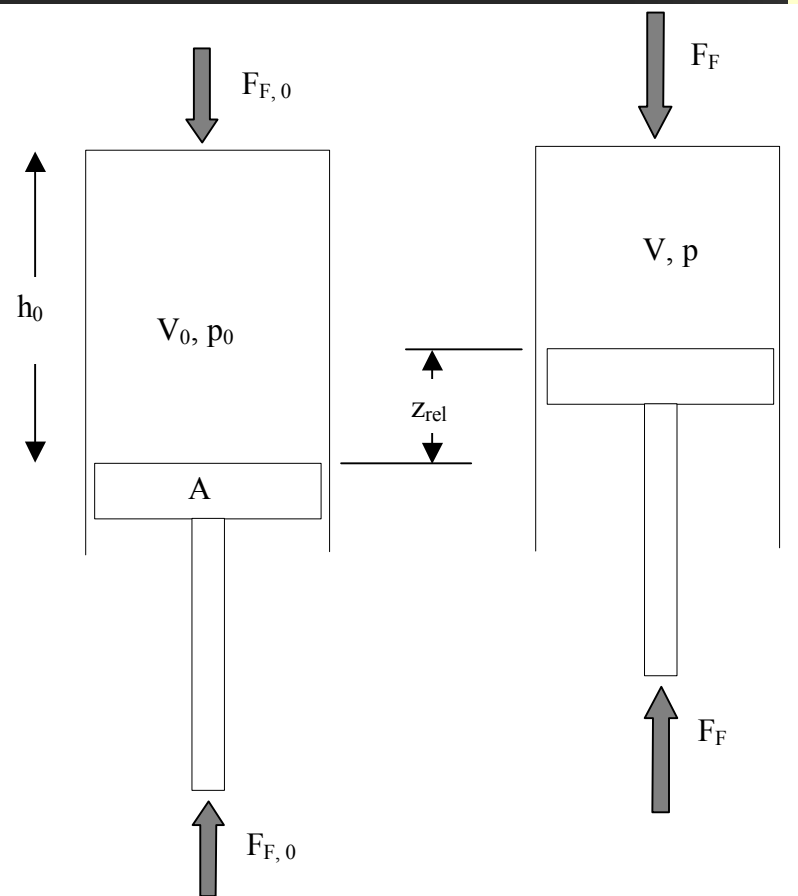
Gaz durumunun değişikliği politropik kabul edilirse
(n : politropik üs)

$$P \cdot V^n = p_0 \cdot V_0^n$$

$$V = V_0 - A \cdot z_{rel} \quad h_0 = \frac{V_0}{A}$$

bağıntıları ile basınç oranı

$$\begin{aligned} \frac{p}{p_0} &= \left(\frac{V_0}{V_0 - A \cdot z_{rel}} \right)^n = \left(\frac{1}{1 - \frac{z_{rel}}{V_0/A}} \right)^n \\ &= \frac{1}{\left(1 - \frac{z_{rel}}{V_0/A} \right)^n} = \frac{1}{\left(1 - \frac{z_{rel}}{h_0} \right)^n} \end{aligned}$$



buna göre kuvvet artışı

$$F_F - F_{F,0} = (p - p_0) \cdot A = p_0 \cdot A \cdot \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)$$

$$= \frac{p_0 \cdot A}{\left(1 - \frac{z_{rel}}{h_0} \right)^n} - p_0 \cdot A$$

Statik konum civarındaki yaylanmanın lineer kabulü ile yay katsayısı

$$c = \frac{d(F_F - F_{F,0})}{dz_{rel}} \Big|_{(z_{rel} = 0)}$$

$$\frac{d(F_F - F_{F,0})}{dz_{rel}} = p_0 \cdot A \cdot \frac{n/h_0}{\left(1 - \frac{z_{rel}}{h_0} \right)^{n+1}}$$

$z_{rel} = 0$ şartından

$$c = \frac{n \cdot p_0 \cdot A}{h_0} = \frac{n \cdot p_0 \cdot A^2}{V_0}$$

Bir kütleli bir titreşim sisteminin özgül frekansı

$$\nu = \sqrt{\frac{c}{m}}$$

$$m = \frac{G}{g} = \frac{F_{F0}}{g} = (p_0 - 1) \cdot A / g$$

$$\frac{\nu}{2\pi} = \sqrt{\frac{n \cdot g}{4\pi^2} \cdot \frac{1}{h_0} \cdot \frac{p_0}{p_0 - 1}} = \sqrt{34.8 \cdot \frac{1}{h_0} \cdot \frac{p_0}{p_0 - 1}}$$

yüksek basınçlar için özgül frekans sadece h_0 yüksekliğine bağlı çıkar

Ayrıca sistemin yüksekliği otomatik seviye kontrolü ile sabit tutuluyorsa yüklü ve boş durumdaki özgül frekanslar oranı:

$$\frac{(\frac{\nu}{2\pi})_{\text{yüklü}}}{(\frac{\nu}{2\pi})_{\text{boş}}} = \sqrt{\frac{(\frac{p_0}{p_0 - 1})_{\text{yüklü}}}{(\frac{p_0}{p_0 - 1})_{\text{boş}}}}$$

Bu bağıntı da p_0 basıncının yüksek değerlerinde özgül frekansın yükten bağımsız olduğunu ortaya koyar.

Bild 7.3./3 In das Citroën-Federelement eingebautes Dämpfungsventil. Es bedeuten: 1 Ventilträger, 2 Zugstufenventil, 3 Abstützscheibe zur Begrenzung des Ventilplattenweges, 4 konstanter Öldurchlaß, 5 Verbindungsteil (siehe hierzu Bilder 7.6./33 und 7.6./34).

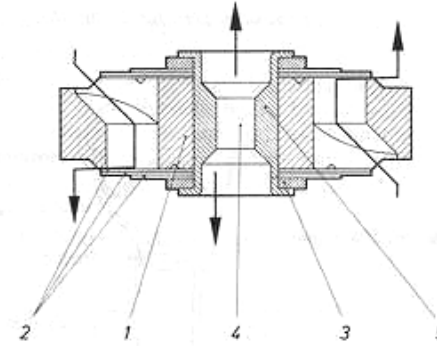


Bild 7.3./4 Anordnung der Federelemente im Citroën GS. Gut erkennbar sind die vordere Doppel-Querlenker-Radaufhängung, die hintere Längslenkerachse und die verhältnismäßig dicken, exakt geführten Stabilisatoren. Die Bodenfreiheit kann mit dem Höhenverstellhebel von Hand geändert werden.

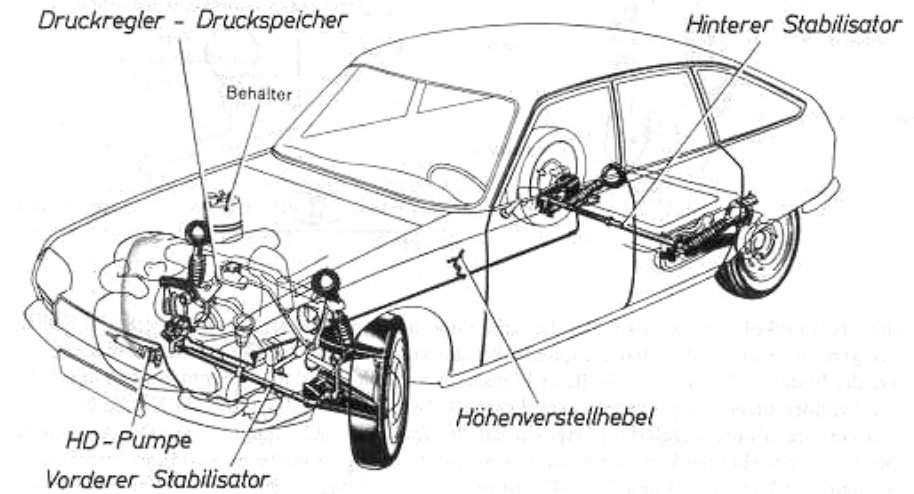
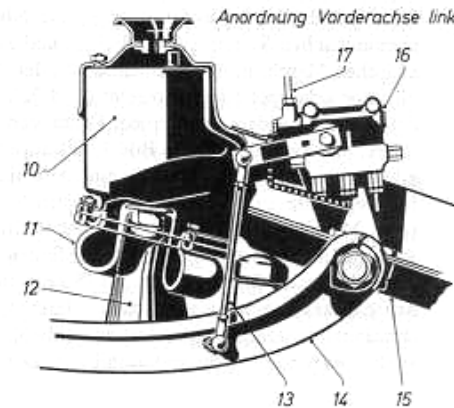


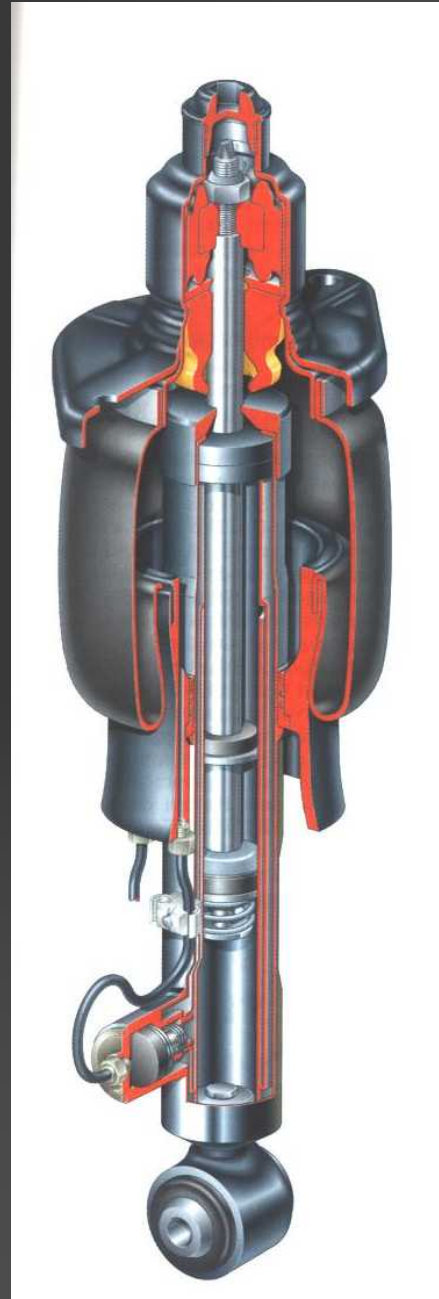
Bild 7.3./5 In die vordere Doppel-Querlenker-Radaufhängung des Daimler-Benz 600 eingebautes Luftfederelement. Es bedeuten: 10 Luftkammer, 12 Abstützkolben, 16 Niveauregelventil, 11 Rollfederbalg, 14 unterer Lenker, 17 Steuerleitung zur Höhenverstellung.



Audi Quattro

havalı yay-amortisör

kompleksi



Hidropnömatik yay

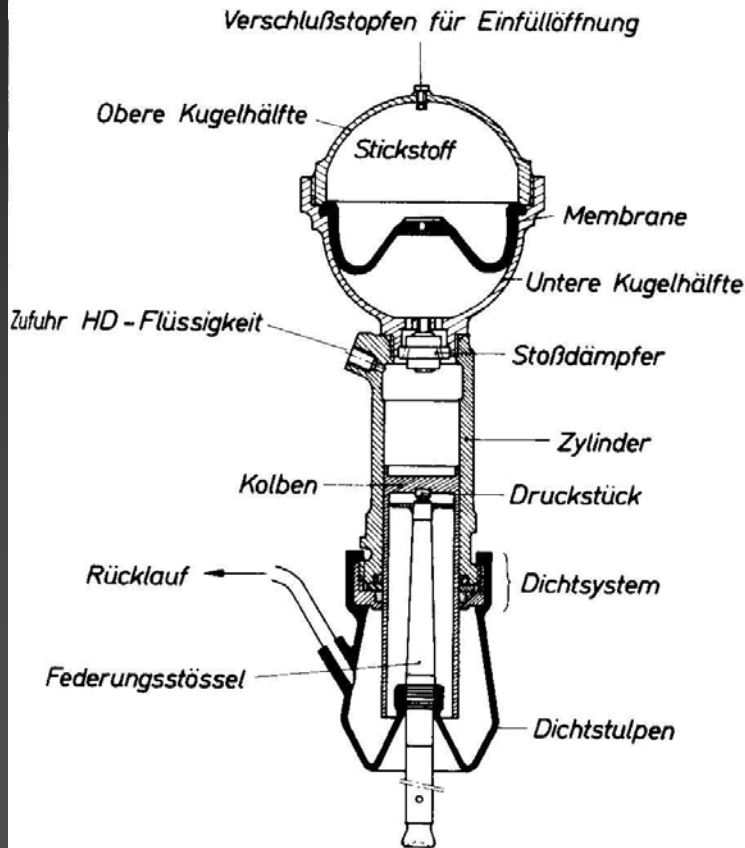
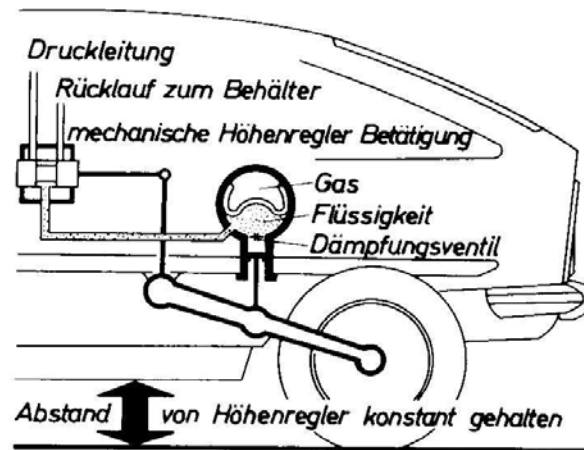


Bild 7.3./1 Von Citroën bei den D-Modellen und dem GS verwendetes Federelement mit eingebauten Dämpfungsventilen. Die Federarbeit übernimmt die sich über der Membran befindliche Stickstofffüllung.

Bild 7.3./2 Die Federelemente stützen sich bei den Citroën-Fahrzeugen an den Lenkern ab. Das Regulieren des Aufbau-niveaus erfolgt durch mit den Stabilisatoren beider Achsen verbundenen Ventile.

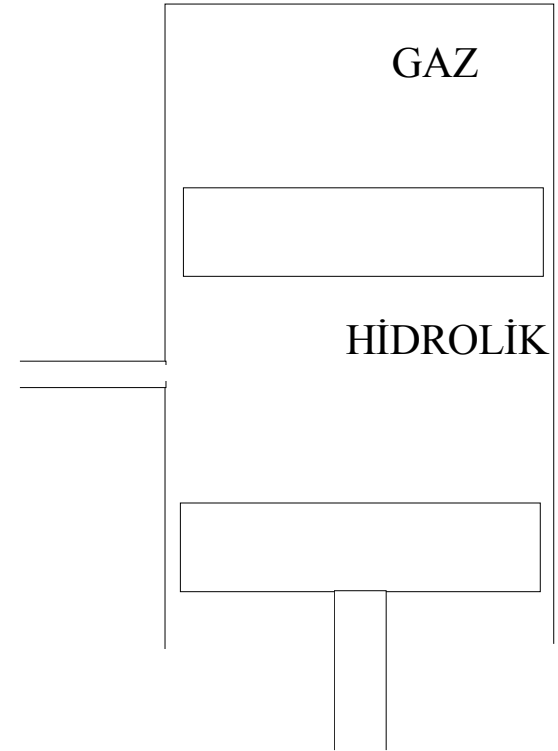


Hidropnömatik yaylarda ise gaz miktarı sabit olduğundan

$$(p_0 \cdot V_0)_{\text{boş}} = (p_0 \cdot V_0)_{\text{yüklü}}$$

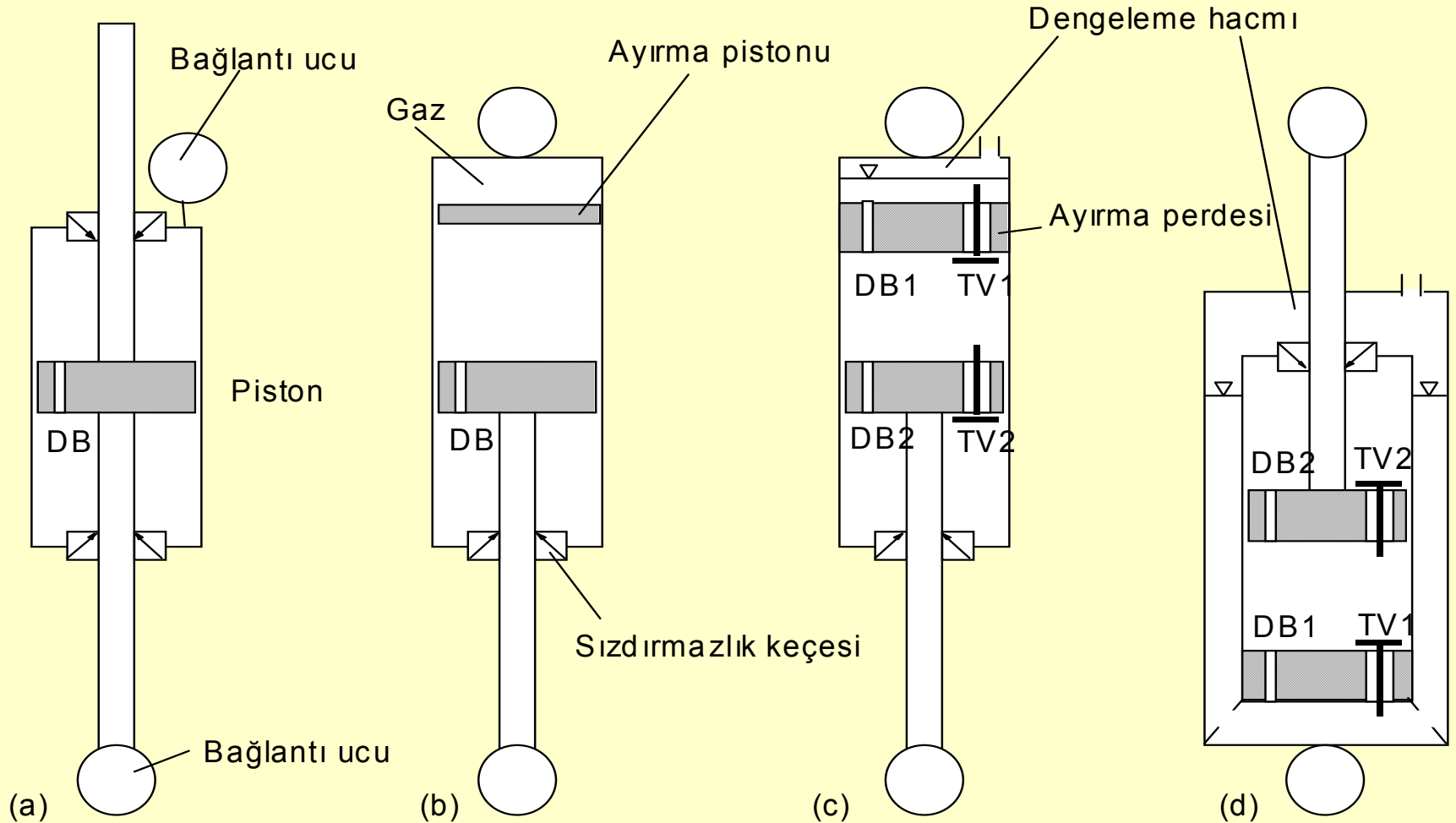
$$\frac{(\frac{v}{2\pi})_{\text{yüklü}}}{(\frac{v}{2\pi})_{\text{boş}}} = \sqrt{\frac{V_{0\text{ boş}}}{V_{0\text{ yüklü}}} \frac{(\frac{p_0}{p_0 - 1})_{\text{yüklü}}}{(\frac{p_0}{p_0 - 1})_{\text{boş}}}}$$

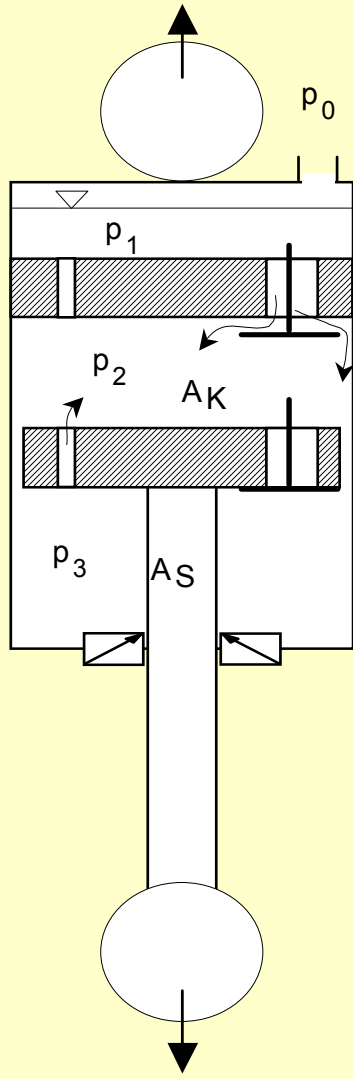
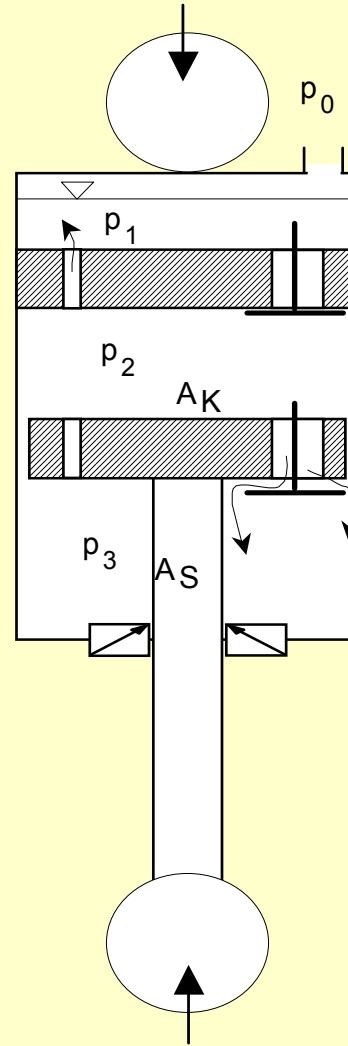
$$\frac{(\frac{v}{2\pi})_{\text{yüklü}}}{(\frac{v}{2\pi})_{\text{boş}}} = \sqrt{\frac{V_{0\text{ boş}}}{V_{0\text{ yüklü}}}} = \sqrt{\frac{p_{0\text{ yüklü}}}{p_{0\text{ boş}}}} = \sqrt{\frac{m_{\text{yüklü}}}{m_{\text{boş}}}}$$



Sonuç olarak hidropnömatik yaylarda gaz miktarının sabit olması nedeniyle araç yüklendikçe özgül frekans artmaktadır. Bu durum çelik yaylardakinin aksi bir durumdur.

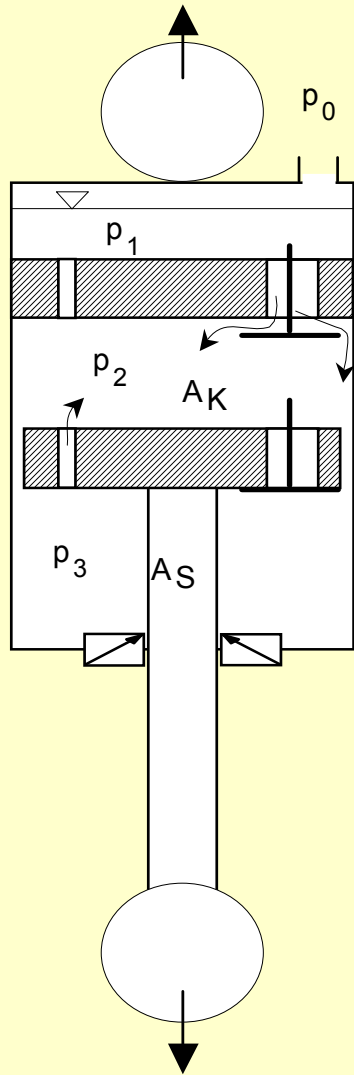
Teleskobik sönümleyici tipleri



a**b**

Şekil: Sönümleyicinin uzaması (a) ve kısılması (b) sırasındaki basınçlar ve akımlar.

a



$$F_u + p_2 A_K - p_3 (A_K - A_S) - p_0 A_S = 0$$

$$F_u = (p_3 - p_2) (A_K - A_S) - (p_2 - p_0) A_S$$

TV₁ tek yönlü ventilin kayıpsız çalıştığı kabul edilirse

$p_1 = p_2 = p_0$ olacaktır. Bu durumda:

$$F_u = (p_3 - p_2) (A_K - A_S) = \Delta p_u A_{\text{ring}}$$

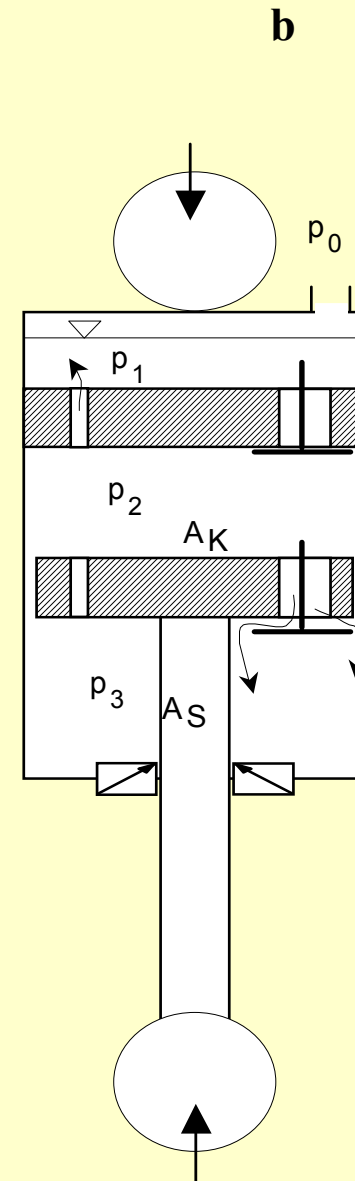
Şekil: Sönümleyicinin uzaması (a) ve kısılması (b) sırasındaki basınçlar ve akımlar.

$$F_k + p_0 A_S + p_3 (A_K - A_S) - p_2 A_K = 0$$

$$F_k = (p_2 - p_3) (A_K - A_S) + (p_2 - p_0) A_S$$

Tek yönlü ventilin kayıpsız olduğu kabulü ile $p_2 = p_3$ ve $p_0 = p_1$ olup;

$$F_k = (p_2 - p_1) A_S = \Delta p_k A_S$$



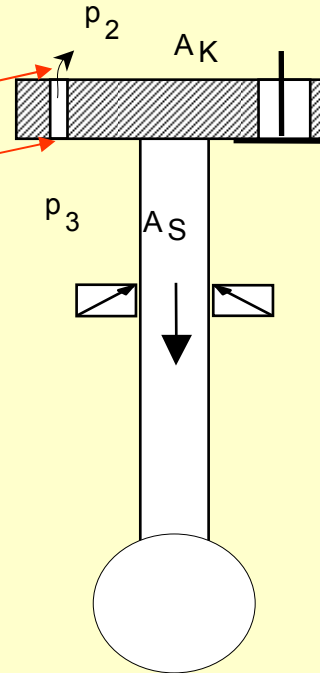
$\Delta p_{u,k}$ basınç farkları, daralma borularındaki hidrolik akımın cinsine ve hızına bağlıdır.

Uzama sırasında:

$$A_{\text{ring}} \dot{z}_{\text{rel}} = A_u w_u$$

$$\dot{z}_{\text{rel}} = w_u (A_u / A_{\text{ring}})$$

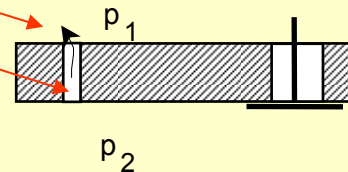
(W: daralma borusundaki akım hızı)



kısalma sırasında ise:

$$A_S \dot{z}_{\text{rel}} = A_k w_k$$

$$\dot{z}_{\text{rel}} = w_k (A_k / A_S)$$



olmaktadır.

$\Delta p_{u,k}$ basınç farkı ile w akım hızı arasındaki ilişki ise akım cinsine bağlı olarak

laminer akış için

$$\Delta p_{u,k} \approx w$$

türbülanslı akış için ise

$$\Delta p_{u,k} \approx w^2$$

olmaktadır.

Bu durumda şekilde görülen sönüm karakterleri ortaya çıkmaktadır.

