

Gas unter Druck

So funktionieren Stahl- und Luftfedern

Immer mehr Federbeine und Gabeln arbeiten mit Luftunterstützung. Das ist nicht modisch, sondern technisch elegant und besser als reine Mechanik. PS sagt warum

Die Urahnen der heutigen Motorräder hatten nur Luftfederung – im Reifen. Am Prinzip der Luftfederung hat sich in der Zwischenzeit nichts geändert: Gase lassen sich zusammendrücken und dehnen sich wieder aus, wenn sie entlastet werden. Diese entschei-

dende Eigenschaft wird genutzt.

Gegenüber Federstahl bieten die Gase Vorteile. Das Gewicht im Vergleich zu einer Stahlfeder ist praktisch null, Gas ermüdet auch nicht. Seitdem Techniker das Abdichtungsproblem im Griff haben, spricht nur wenig gegen eine Luftfederung. Im Automobilbau ist sie längst gebräuchlich, jedoch sind dort die Bedingungen günstiger.

Alle elastischen Körper federn. Sie deformieren sich unter Belastung. Dabei speichern sie Energie, die bei Entlastung wieder frei gesetzt wird, und auch die

Formänderung geht wieder zurück.

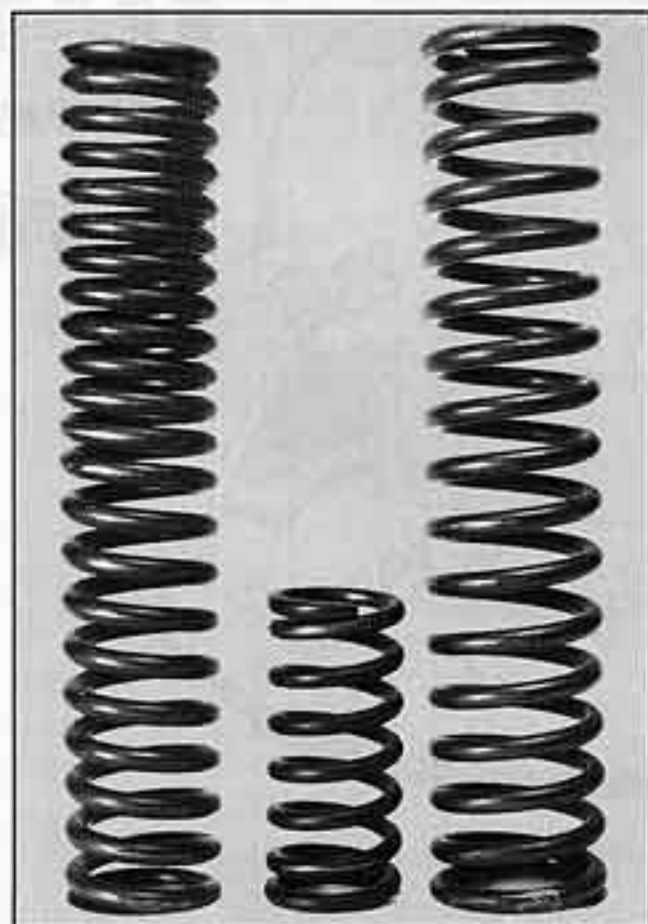
Schraubenfedern sind im Fahrzeugbau weit verbreitet. Sie sind einfach herzustellen und brauchen nur wenig Platz. Ihre Wirkungsweise läßt sich an einem Biegebalken, der auf einer Seite fest

Progressiv soll die Federung sein

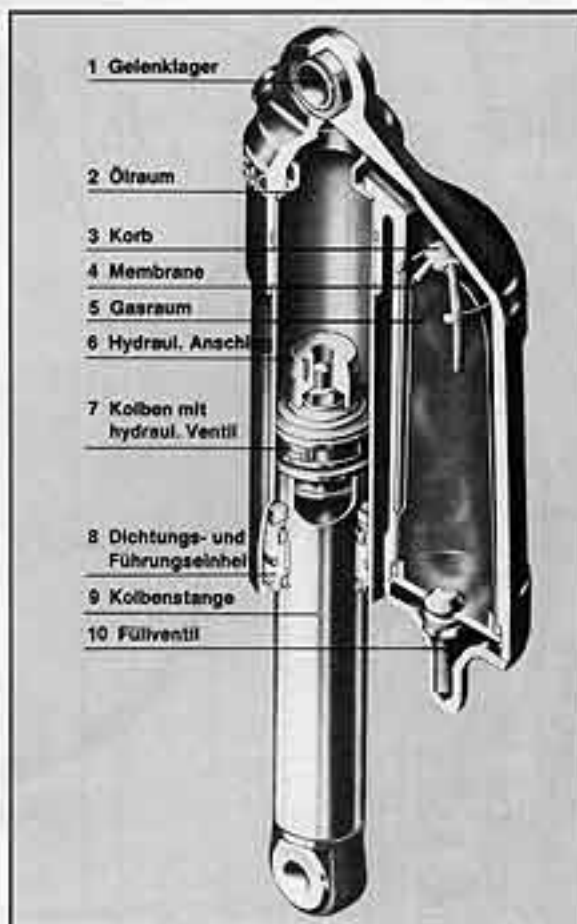
eingespannt ist, erklären. Betrachtet man den abgewickelten Federdraht als Balken, so zeigen sich schon einige Eigenschaften dieses Federstyps. Je kürzer der Draht wird, desto weniger wird er sich bei einer Belastung am

freien Ende durchbiegen. Bei konstanter Federlänge ist die Federhärte also von der Drahtlänge abhängig. Windungsanzahl und mittlerer Windungsdurchmesser sind somit entscheidende Daten. Logisch ist auch, daß dickerer Draht härter federt.

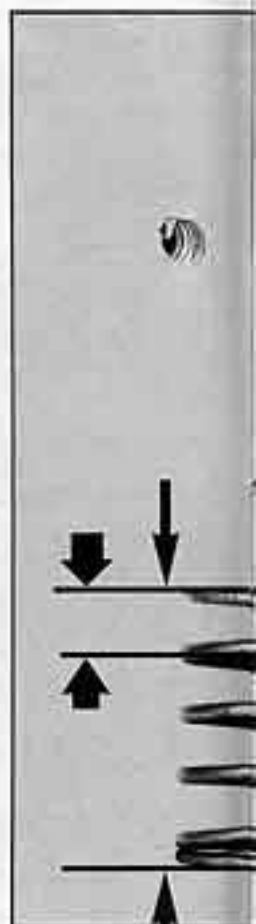
Die sogenannte Federat gibt Auskunft über die Härte einer Feder. Sie zeigt die Abhängigkeit des Federweges von der Federkraft. Es ist üblich, diese Werte in ein Diagramm einzutragen. Man erhält die Kennlinie für eine bestimmte Feder, indem man die Federkraft über dem Federweg aufzeichnet. Nimmt der Federweg unter zunehmender Belastung gleichför-



Progressiv: links ungleiche Wicklungsabstände



Gas-Federbein von Sachs: mit Luftpumpe füllen



mig zu, so ergibt die Kennlinie eine Gerade, das heißt linear. Wird die Feder unter Belastung härter, so nennt man dieses Verhalten progressiv. Die Kennlinie ist dann nicht gerade, sondern wird immer steiler.

Die Forderungen an die Federung eines Motorrads sind vielfältig. Auf der einen Seite ist Komfort erwünscht, also eine weiche Feder. Aber die Federwege können nicht sehr lang werden. Durchschlagen dürfen die Federn natürlich auch nicht. Diesen Kompromiß bewältigt der Konstrukteur nur mit einer progressiven Feder.

Eine progressive Schraubenfeder herzustellen stößt an technische Grenzen. Bescheidene Progressivität ist erreichbar, wenn die Wicklungsabstände variieren oder die Federn tonnenförmig gewickelt werden. Im ersten Fall gehen die engen Win-

dungen bei Belastung schnell auf Block. Dadurch verkürzt sich die effektive Drahtlänge.

Gute Lösung: zwei Federn

Eine andere Möglichkeit bietet die Koppelung zweier linearer Federn unterschiedlicher Federraten. Die Überlagerung ergibt eine geknickte Kennlinie, also eine Art Progressivität. Alle Stoßdämpfer besitzen einen Gummischlag. Das ist auch eine sehr spät wirksam werdende Zusatzfeder.

Die meisten neuartigen Luftfederungs-Systeme unterstützen die Stahlfeder mit einem Luftpolster (Koppelung von zwei Federn). Reine Gasfederungen sind im Automobilbau schon lange im Einsatz, zum Beispiel in den großen Citroën-Typen. Hier aber spielt die Baugröße nur eine untergeordnete Rolle.

Motorradhersteller experimentieren schon lange mit Luft als Federungsmedium. EML zum Beispiel stützt die Cantileverschwinde der Motocross-Gespanne gegen einen Luftbalg aus einem Lastwagen.

Für Sologeländefahrer gibt es von Sachs die Hydrocross-Federbeine. Diese arbeiten mit einer reinen Gasfeder. Eine Luftblase, vom Dämpferöl durch eine Membran getrennt, wird durch das Volumen der eintauchenden Kolbenstange zunehmend komprimiert. Die Federhärte kann über den stationären Druck in der Gasblase variiert werden. Die Gasfeder bietet den Vorteil ausgeprägter Progressivität. Die Kennlinie bleibt lange Zeit flach und steigt erst spät steil an.

Theoretisch ist das Verhalten der Gasfeder ideal. Der Einsatz am Motorrad setzt aber deutlich Grenzen. Die Baugröße der Elemente erlaubt kein ausreichend großes Luftreservoir, um die Temperatureinflüsse vernachlässigbar klein zu halten. Bei steigender Temperatur versucht das Gas sich stark auszudehnen. Das Volumen bleibt aber konstant. So stellt sich zwangsweise ein erhöhter Druck ein. Ist der Vorspanndruck gering – leichter Fahrer, leichtes Motorrad –, wirken sich Temperaturschwankungen nur gering aus. Bei starker Belastung wird's heikel.

Die individuelle Einstellung der Gasfeder muß niedriger sein, als dies der Fahrbetrieb erfordern würde. Durch die Federarbeit erwärmt sich das Gaspolster nämlich schnell. Schon nach wenigen Fahrkilometern erreicht das Federbein eine konstante Betriebstemperatur. Der Temperaturengleich über die Verrippung des Ausgleichsbehälters pegelt sich dann ein. Wird das Federbein verdeckt unter Seitendeckeln einge-

baut, oder ist es stark mit Dreck zugesezt, so verhärtet sich bei scharfer Fahrweise die Federung zusehends.

Ständige Kontrolle der Gasvorspannung ist nötig. Die Luft entweicht nämlich langsam (diffundiert), selbst durch das Metall. Das heißt für die Praxis: Ein Luftdruckmesser muß stets zur Hand sein und eine Luftpumpe auch.

Auf den ersten Blick erscheint der Umgang mit den neuartigen Federelementen kritisch. Mit Geduld und Gespür für das Verhalten der Maschine findet sich der Fahrer aber bald zurecht, und die Einstellung selbst ist handwerklich kein Problem. Besonders wichtig ist, daß rechts und links stets der gleiche Druck im Federbein herrscht. Dafür gibt es Verbindungsschläuche, deren nachträgliche Montage sich bestimmt lohnt.

Schwingungen müssen gedämpft werden

Jede Feder-Masse-Paarung ist ein schwingungsfähiges System. Bei einmaliger Anregung schwingt es in seiner Eigenfrequenz. Diese Größe mißt man in Hertz (Hz). Eine Schwingung pro Sekunde ist als ein Hz definiert. Erfolgt eine weitere Erregung im Takt der Eigenfrequenz, so spricht man von Resonanz. Dies führt zu immer größer werdenden Amplituden (Ausschlägen). Schon allein aus diesem Grund bedarf es der Dämpfung. Resonanz zerstört selbst stärkste Materialien.

Dämpfung bedeutet, das schwingungsfähige System wird durch eine geeignete Bremse in der freien Bewegung behindert. Resonanzschwingungen können sich nicht mehr aufbauen, auch wenn sie angeregt werden.

Hans-Georg v. d. Marwitz



Federrate: Die dicken Pfeile markieren den Weg bei 0,5 kg Last

Fotos: Mai (2), Werk