

Hookesches Gesetz

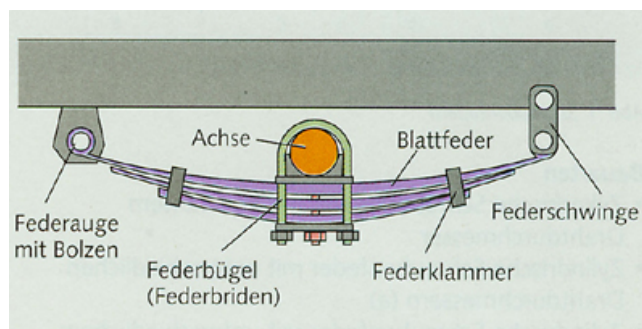
Die Bestimmung von Federkonstanten (Federhärten) wird häufig als Schülerinnen- bzw. Schülerexperiment durchgeführt. Die Proportionalität zweier Größen (lineare Funktionen), Geraden als Kennlinien von Federn im Diagramm sowie die Betrachtung von Fehlern und Randextremen sind in diesem Zusammenhang leicht im Unterricht umzusetzen. Von der Fragestellung über die Hypothese bis zur experimentellen Bestätigung des Hookeschen Gesetzes können mit dem Thema Federn wesentliche Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten vermittelt werden.

Verwendet man im Experiment ein Gummiband statt einer Metallfeder, zeigt sich ein nichtlinearer Zusammenhang von Kraft und Verlängerung. Die Kennlinie ist keine Gerade.

Progressive Federung

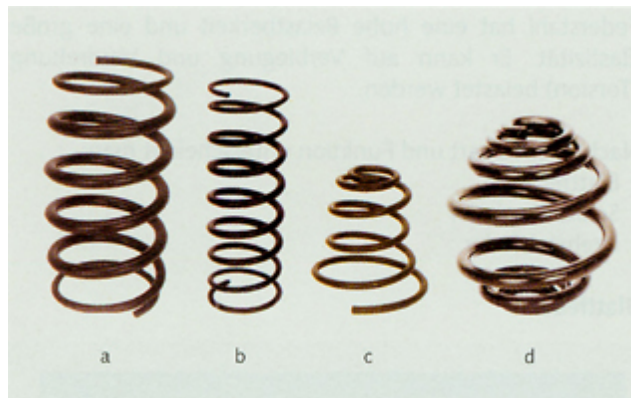
Für die Federn eines Autos macht ein linearer Zusammenhang zwischen Auslenkung der Feder und wirkender Kraft in der Tat nicht viel Sinn. Komfortabler für die Insassen ist es, wenn die Federung bei kleinen Stößen weich erfolgt. Andererseits würden zu weiche Federn beim Durchfahren ernsthafter Schlaglöcher zu oft ein Durchschlagen bis auf die Anschläge der Federung verursachen. Deshalb werden die Federn des Kraftfahrzeugs mit einer nicht-linearen Kennlinie („progressiv“) hergestellt. Je nach Art der verwendeten Federn geschieht dies auf verschiedene Weisen.

- 1.) Bei den heute im PKW-Bau nicht mehr verwendeten **Blattfedern** in Längsrichtung des Fahrzeugs, die aber für Geländefahrzeuge und LKWs wegen der dadurch möglichen robusten und einfachen Achsaufhängung durchaus sinnvoll und üblich geblieben sind, kann eine progressive Kennlinie dadurch erreicht werden, dass man ein „Paket“ aus verschiedenen langen Einzelblattfedern zusammenpackt. Dies ergibt das typische Erscheinungsbild, wie man es hinter den Hinterrädern eines Baustellen-LKWs von der Seite aus betrachten kann (Bild unten). Die Federwirkung wird dadurch automatisch progressiv, weil die Federn erst nacheinander beim Einfedern am Federungsprozess beteiligt werden. Durch geringe konstruktive Veränderung kann jede gewünschte Art der Progressivität erreicht werden.



Progressive Federung eines LKWs

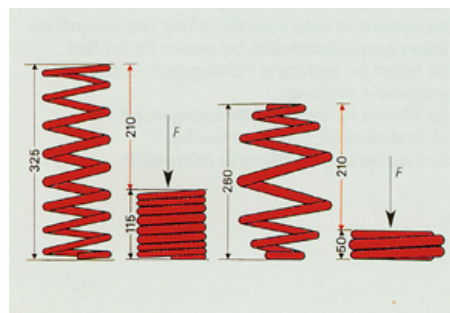
- 2.) Die heute im PKW-Bereich fast ausschließlich zu findende **Schraubenfeder** hätte von Natur aus eine lineare Kennlinie, wie sie die Schüler von den Versuchen mit entsprechend kleineren Federn dieser Form aus dem Unterricht kennen. Da genau das aber beim Einsatz im Auto nicht gewünscht wird, kann man die originäre Kennlinie auf folgende Weise verändern:



Vier verschiedene Schraubenfedern

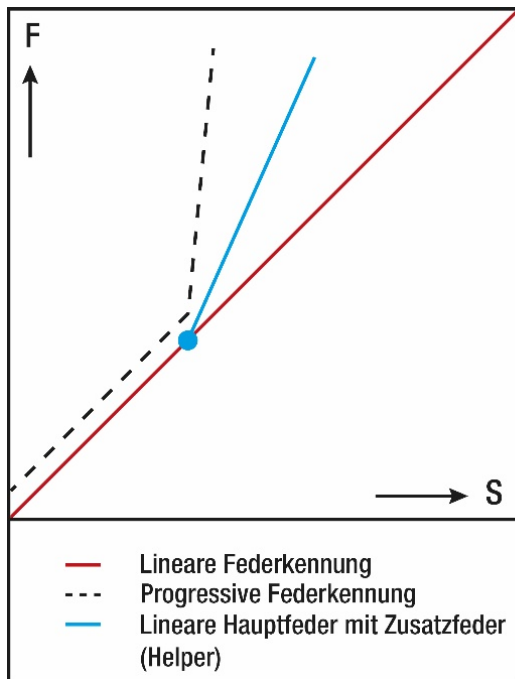
- a) Zylindrische Schraubenfeder mit unterschiedlichen Drahtdurchmessern
- b) Zylindrische Schraubenfeder mit unterschiedlichem Wicklungsabstand und Drahtdurchmesser
- c) Schraubenfeder in Kegelform
- d) Schraubenfeder in Tonnenform („Miniblockfeder“)

Der Name der letztgenannten Feder rührt daher, dass sie im vollständig eingefederten Zustand den geringsten Platzbedarf aufweist. Dies wäre bei manchen Hinterachskonstruktionen (Kombis) ein nicht zu verachtender Vorteil, der Effekt zeigt sich deutlich in der folgenden Skizze:



Ein- und ausgefederte Zustände zweier Schrauben

Eine weitere Möglichkeit der Realisierung einer progressiven Gesamtkennlinie besteht darin, dass man eine Hauptfeder mit einer zusätzlichen Hilfsfeder geeignet verbindet. Obwohl jede Feder einzeln eine lineare Kennlinie hätte, kommt insgesamt eine progressive Kennlinie zustande.



Kennlinien

- 3.) Die platzsparende Drehstabfeder bietet wenig zur Kennlinienveränderung. Früher häufig (VW Käfer, Renault R4), wird sie heute kaum noch verwendet.

Die heute in Pkw nicht mehr verwendeten Federungsprinzipien **Hydropneumatik-Federung** und **Luftfederung** seien hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Citroën stellte im August 2017 die Produktion von Fahrzeugen mit Hydropneumatik ein.

Hinweis für Lehrer zur Kopiervorlage:

Die Kopiervorlage bietet Übungsaufgaben zum Thema "nichtlineare Federn". Das mathematische Anspruchsniveau der Aufgaben orientiert sich an den Kompetenzerwartungen für die Klassen 8/9 bzw. 9/10.

Wurde der Themenbereich „Umkehrfunktionen von Potenzfunktionen und Logarithmus im Mathematikunterricht“ noch nicht behandelt, können die Aufgaben durch Ablesen aus dem Diagramm erledigt werden. Die Aufgabe 3 sowie die Aufgabe 4 c) entfallen dann.

Im Rahmen der Digitalisierung des Unterrichts, kann die Kopiervorlage auch mithilfe einer Tabellenkalkulationssoftware bearbeitet werden. Dabei ist der Vergleich und die Beurteilung eines handgezeichneten Diagramms und des Diagramms einer Tabellenkalkulation sehr zu empfehlen.