

# Die elastische Schraubenfeder

Erwin Kunesch, Gmund

Illustrationen von Erwin Kunesch



© maxbmx/E+/Getty Images Plus

In der Technik finden elastische Schraubenfedern vielfältigen Einsatz. Dabei ist es erforderlich, auf eine mathematische Grundlage zurückgreifen zu können. Hilfreich können hier grafische Darstellungen sein, aber vielfach wird man sich auch auf mathematische Berechnungen stützen müssen. Der Beitrag führt Ihre Schüler mit unterschiedlichen Aufgaben an diese Berechnungen heran.

## Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Physik Sek. I/II

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Es ist gemäß § 60b UrhG hergestellt und ausschließlich zur Veranschaulichung des Unterrichts und der Lehre an Bildungseinrichtungen bestimmt. Die Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH erteilt Ihnen für das Werk das einfache, nicht übertragbare Recht zur Nutzung für den persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung. Unter Einhaltung der Nutzungsbedingungen sind Sie berechtigt, das Werk zum persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung in Klassensatzstärke zu vervielfältigen. Jede darüber hinausgehende Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Hinweis zu §§ 60a, 60b UrhG: Das Werk oder Teile hiervon dürfen nicht ohne eine solche Einwilligung an Schulen oder in Unterrichts- und Lehrmedien (§ 60b Abs. 3 UrhG) vervielfältigt, insbesondere kopiert oder eingescannt, verbreitet oder in ein Netzwerk eingestellt oder sonst öffentlich zugänglich gemacht oder wiedergegeben werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Die Aufführung abgedruckter musikalischer Werke ist ggf. GEMA-meldepflichtig.

Für jedes Material wurden Fremdrechte recherchiert und ggf. angefragt.

In unseren Beiträgen sind wir bemüht, die für Experimente nötigen Substanzen mit den entsprechenden Gefahrenhinweisen zu kennzeichnen. Dies ist ein zusätzlicher Service. Dennoch ist jeder Experimentator selbst angehalten, sich vor der Durchführung der Experimente genauestens über das Gefährdungspotenzial der verwendeten Stoffe zu informieren, die nötigen Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen sowie alles ordnungsgemäß zu entsorgen. Es gelten die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung sowie die Dienstvorschriften der Schulbehörde.

Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH  
Ein Unternehmen der Klett Gruppe  
Rotebühlstraße 77  
70178 Stuttgart  
Telefon +49 711 62900-0  
Fax +49 711 62900-60  
meinRAABE@raabe.de  
www.raabe.de

Redaktion: Anna-Greta Wittnebel  
Satz: Röser Media GmbH & Co. KG, Karlsruhe  
Bildnachweis Titel: © maxbmx/E+/Getty Images Plus  
Illustrationen: Erwin Kunesch, Gmund  
Lektorat: Dr. Stefan Völker, Jena  
Korrektorat: Johanna Stotz, Wyhl a. K.

# Die elastische Schraubenfeder

## Mittelstufe

Erwin Kunesch, Gmund

Illustrationen von Erwin Kunesch

<b>Die Charakteristik einer Schraubenfeder – Hinweise</b>	<b>1</b>
<b>M 1 Die Schraubenfeder im Diagramm</b>	<b>3</b>
<b>M 2 Das Hooke'sche Gesetz in Anwendungsaufgaben</b>	<b>5</b>
<b>M 3 Energiebetrachtungen an der Schraubenfeder</b>	<b>7</b>
<b>M 4 Kombination von zwei Schraubenfedern</b>	<b>9</b>
<b>M 5 Schwingungen einer Schraubenfeder</b>	<b>10</b>
<b>M 6 Vermischtes – Teste dein Wissen!</b>	<b>12</b>
<b>Lösungen</b>	<b>13</b>

### Die Schüler lernen:

den vielfältigen Einsatz von Schraubenfedern in der Praxis kennen. Dieser erlaubt verschiedene physikalische Sichtweisen, wie z. B. die Wirkungsweise in Form von Diagrammen aufzuzeigen, Berechnungen hinsichtlich ihrer Dehnbarkeit zuzulassen, aber auch Betrachtungen über damit verbundene Energieumwandlungen anzustellen. Schraubenfedern lassen sich miteinander kombinieren und können auch als schwingungsfähige Elemente dargestellt und behandelt werden.

## Überblick:

Legende der Abkürzungen:

**Ab** = Arbeitsblatt    **LEK** = Lernerfolgskontrolle

Thema	Material	Methode
Die Schraubenfeder im Diagramm	M1	Ab
Das Hooke'sche Gesetz in Anwendungsaufgaben	M2	Ab
Energiebetrachtungen an der Schraubenfeder	M3	Ab
Kombination von zwei Schraubenfedern	M4	Ab
Schwingungen einer Schraubenfeder	M5	Ab
Vermischtes – Teste dein Wissen!	M6	Ab, LEK

## Kompetenzprofil:

- Inhalt:** Aspekte zur Schraubenfeder: Diagramme, Hooke'sches Gesetz, Energieformen, Kombinationen, Schwingungen
- Medien:** Lehrbuch, Internet, Formelsammlung
- Kompetenzen:** Über Basiswissen verfügen (F1); Probleme lösen (F3); Wissen kontextbezogen anwenden (F4); Phänomene beschreiben (E1); Formeln anwenden (E4); Idealisierungen vornehmen (E5); Daten auswerten (E9)

# Die Charakteristik einer Schraubenfeder – Hinweise

## Praxisbezug

Aus unserer Technik ist der Begriff der Federung nicht wegzudenken. Federn mildern Stöße ab. Denken wir an Eisenbahnwaggons mit ihren zum Teil deutlich sichtbaren Blattfedern oder an schwere Lastkraftwagen mit ihren starken Schraubenfedern als Stoßdämpfern. Aber auch in anderen Bereichen spielen Federn eine unverzichtbare Rolle. So werden Stöße auf starren Plattformen abgefangen, Federkernmatratzen erhöhen unseren Liegekomfort, aber auch Trampolins führen zu sportlichem Spaß, Klemmbretter begleiten uns im Alltag, Kugelschreiber wären ohne Federn funktionslos.

Federspannungen halten analoge Uhren und Spieluhren für eine gewisse Zeit am Laufen. Beim Öffnen und Schließen von Garagentoren kommen häufig Federn zum Einsatz. Ebenso leisten Federn als Kraftmesser in Werkstätten ihren Dienst. Diese Liste könnte beliebig erweitert und fortgesetzt werden, zeigt sie doch, dass Federn überall auftreten und Verwendung finden.

## Unterrichtsplanung

Die vorliegenden Materialien veranschaulichen die unterschiedlichen physikalischen Aspekte der elastischen Schraubenfeder, seien es Diagramme, seien es Aufgaben zur Dehnung und Energie, sei es die Kombination zweier Schraubenfedern oder seien es die Schwingungen der Feder. Die einzelnen Materialien sind voneinander unabhängig einsetzbar und können damit auch einzeln, vom jeweiligen Lehrplan abhängig, verwendet werden. In vielen Fällen bedeuteten die Änderungen der Lehrpläne ein Zurückdrängen von Aufgaben. Mit diesen Materialien besteht die Möglichkeit der Vertiefung und Wiederholung vor Prüfungen, ohne immer wieder auf bereits durchgekaute Aufgaben zurückgreifen zu müssen. Das Material **M 6** ist als übergreifende Lernerfolgskontrolle gedacht.

## Mathematische Gesetzmäßigkeit: das Hooke'sche Gesetz

Es stellt sich heraus, dass für alle Schraubenfedern eine Gesetzmäßigkeit gilt, die im **Gesetz von Hooke** zum Ausdruck kommt: Die Dehnung einer Feder ist **proportional** zu der Kraft, die auf sie wirkt. Lediglich die Angabe einer für jede Feder charakteristischen Konstanten, der Federhärte, auch **Federkonstante** oder Richtgröße genannt, entscheidet darüber, ob sich die Feder leicht oder schwer dehnen oder zusammendrücken lässt.

## Torsion der atomaren oder molekularen Kristallgitter

Doch dieses Gesetz von Hooke ist symptomatischer Natur; es beschreibt lediglich das Verhalten, gibt aber wenig Auskunft über die Hintergründe. Genauer betrachtet bedeutet eine Dehnung eine Torsion oder Verdrehung im atomaren oder molekularen Kristallgitter, die dann bei Entlastung wieder automatisch rückgängig gemacht wird, falls nicht zu große Kräfte wirken.

Im Falle zu großer Kräfte ist ein Zurückdrehen im Kristallgitter nicht mehr möglich; die Feder ist dann überdehnt. Für die technischen Anwendungen ist jedoch die Aussage des Gesetzes von Hooke völlig ausreichend und liefert eine praktikable Grundlage für die Verwendbarkeit von Schraubenfedern.

## M 1 Die Schraubenfeder im Diagramm

1. An einer Schraubenfeder werden der Reihe nach Gewichte von 0,50 N, 1,0 N und 1,5 N angehängt. Das führt zu unterschiedlichen Verlängerungen der Feder. Anschließend ersetzen wir die Schraubenfeder durch ein anderes Modell.

Die erhaltenen Messwerte zeigt folgende Tabelle:



Abb. 1: Erwin Kunesch

	1. Feder			2. Feder		
Dehnende Kraft F in N	0,50	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
Verlängerung s in cm	1,7	3,3	5,0	2,5	5,0	7,5

- a) Berechne die Federhärte der beiden Federn und zeige, dass das Gesetz von Hooke gilt.
- b) Erstelle ein F-s-Diagramm der beiden Federn.
- c) Überlege, welche Graphen sich bei Schraubenfedern immer ergeben.
- d) Entscheide, welche der beiden Federn härter ist.
2. Entscheide, bei welchem der vier nachstehenden Graphen es sich um das Diagramm einer Schraubenfeder handelt. Begründe auch, wenn es sich gegebenenfalls um keine Schraubenfeder handeln kann.

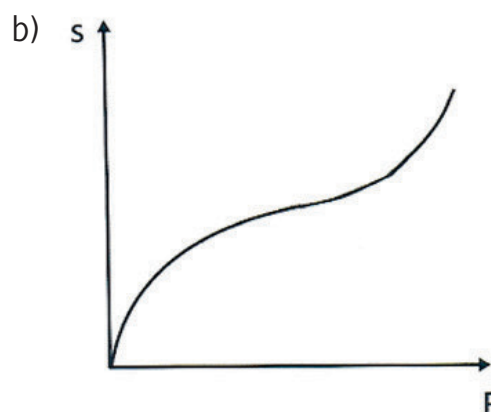
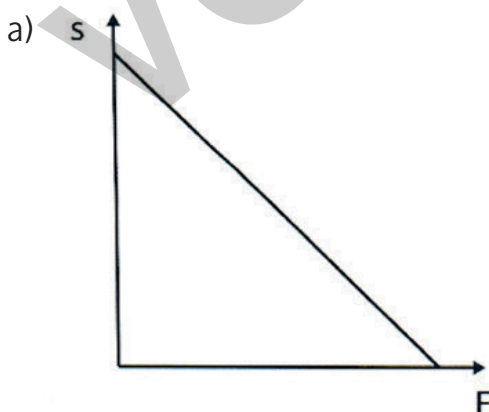
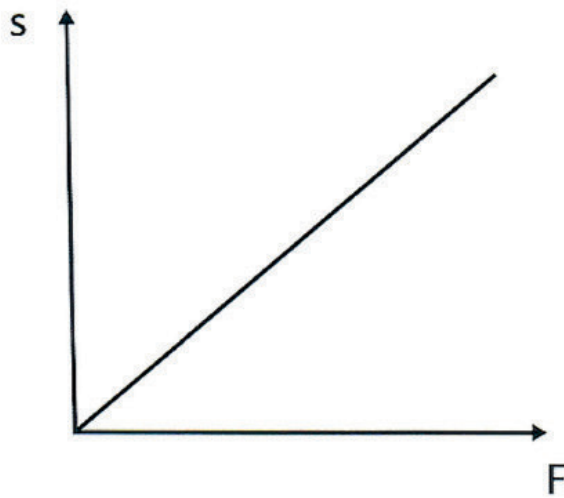


Abb. 2 und 3: Erwin Kunesch

c)



d)

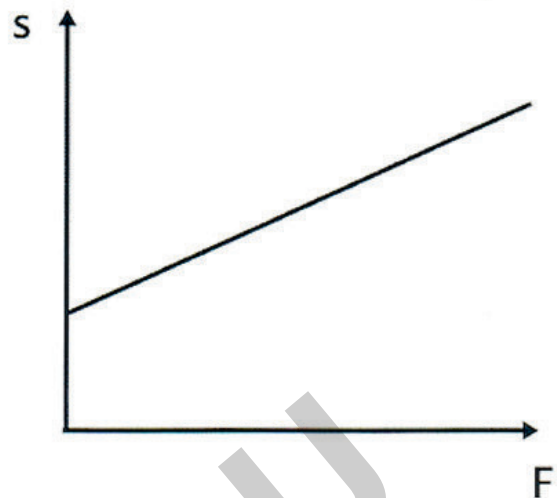


Abb. 4 und 5: Erwin Kunesch

3. Gegeben ist nachfolgendes s-F-Diagramm.

- Bestimme daraus die Federhärte in  $\frac{\text{N}}{\text{m}}$ .
- Überlege, welche Rolle der Wert der Federhärte in der grafischen Darstellung spielt.

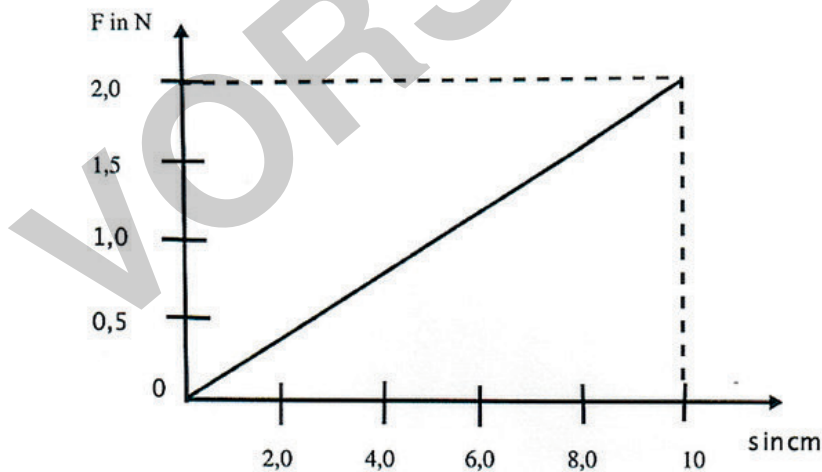


Abb. 6: Erwin Kunesch

4. F-s-Diagramm oder s-F-Diagramm?

Überlege, in welcher Darstellung der Wert der Federhärte direkt als Steigung der Geraden auftritt.



## M 2 Das Hooke'sche Gesetz in Anwendungsaufgaben

1. Berechne die Federkonstante einer elastischen Schraubenfeder, wenn diese sich bei Belastung durch 1,1 N um 1,5 cm verlängert.
2. Berechne die Verlängerung einer elastischen Schraubenfeder mit der Federkonstanten  $D = 2,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$ , wenn sie mit 18 N belastet wird.
3. Berechne die Kraft, die eine Feder mit der Federhärte  $1,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$  um 14 cm verlängert.
4. Eine Feder verlängert sich bei Belastung mit 8,0 N um 6,0 cm, eine zweite bei 300 N Belastung um 30 mm.
  - a) Berechne die Federhärten  $D_1$  und  $D_2$ .
  - b) Entscheide, welche die härtere Feder ist.
5. Eine Schraubenfeder besitzt die Federhärte  $D = 12 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$ .
  - a) Berechne die Kraft für eine Verlängerung von 8,0 mm.
  - b) Ermittle die Verlängerung bei Belastung von 80 N.
6. Die Pufferfeder eines Eisenbahnwaggons wird durch die Kraft 15 kN um 45 mm zusammengedrückt.
  - a) Bestimme die Federhärte.
  - b) Berechne die Verkürzung, wenn eine Kraft von 10 kN auf diese Feder einwirken würde.
7. Rechne in die Einheit  $\frac{\text{N}}{\text{m}}$  um:
  - a)  $4,4 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$
  - b)  $5,23 \frac{\text{cN}}{\text{mm}}$
  - c)  $0,02 \frac{\text{cN}}{\text{m}}$
8. Drei gleich lange Kraftmesser  $K_1$ ,  $K_2$  und  $K_3$  haben unterschiedliche Messbereiche:  $K_1$ : 0 N bis 1 N,  $K_2$ : 0 N bis 10 N,  $K_3$ : 0 N bis 100 N.
  - a) Bestimme, welcher Kraftmesser die härteste Feder hat.

- b) An jedem der drei Kraftmesser zieht eine Kraft von 1 N. Dabei werden Verlängerungen von 1 mm, 1 cm und 10 cm gemessen. Ordne die gemessenen Werte den jeweiligen Kraftmessern zu.
9. Von einer Messreihe über die Dehnung einer elastischen Schraubenfeder stammt nachfolgende Tabelle:

<b>F in N</b>	3		6		
<b>s in cm</b>	4	6		10	12

- a) Ergänze die Tabelle.  
b) Fertige ein Diagramm.
10. Eine Kraft von 4,0 N dehnt eine Feder um 8,0 cm.  
a) Zeichne ein F-s-Diagramm.  
b) Ermittle die Federhärte.  
c) Berechne die Länge der Dehnung, die eine Kraft von 6,0 N verursacht.  
d) Berechne die Kraft, die die Feder um 10 cm dehnt.
11. Eine Feder dehnt sich um 19,5 cm, wenn man an sie einen Stein der Masse 1350 g hängt. Bringt man zusätzlich noch einen zweiten Stein an, so beträgt die Verlängerung der Feder insgesamt 2,47 dm. Berechne die Masse des zweiten Steins.
12. In unseren Breitengraden hängt an einer Feder ein Stein, dessen Gewichtskraft für eine Verlängerung der Feder sorgt. Beschreibe, wie sich die Verlängerung der Feder ändert, wenn dieses Experiment am Nordpol bzw. am Äquator durchgeführt wird.
13. Das Diagramm zeigt die Grafik zweier Federn.
- a) Entscheide anhand des Diagramms, welche Feder härter, welche weicher ist.  
b) Überlege, zu welcher Feder die kleinere Federkonstante gehört und zu welcher die größere.

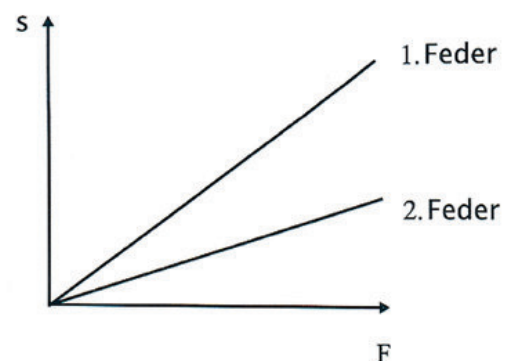


Abb. 7: Erwin Kunesch

### M 3 Energiebetrachtungen an der Schraubenfeder

- Eine Schraubenfeder mit der Federkonstanten  $25 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  wird um 7,0 cm gedehnt.

  - Ermittle die dehnende Kraft.
  - Berechne die dazu nötige Arbeit.
  - Zeichne das zugehörige s-F-Diagramm.
  - Trage in dein Diagramm die Arbeit ein.
- Eine senkrecht nach oben gerichtete Pistole, die einen Bolzen der Masse 200 g enthält, wird durch Zusammendrücken einer Feder mit der Federkonstanten  $30 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$  gespannt. Dabei verringert sich die Länge der Feder um 10 cm.

  - Berechne die Geschwindigkeit, mit der der Bolzen nach Lösen der Spannung den Lauf der Pistole verlässt.
  - Ermittle die Höhe, die der Bolzen erreicht.
- Am unteren Ende einer zunächst frei hängenden Feder mit der Federhärte  $40 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  bringt man einen Körper der Masse 300 g an.

  - Berechne die Dehnung der Feder.
  - Berechne die dazu nötige Arbeit.
- Gegeben ist das folgende Diagramm einer Federdehnung.

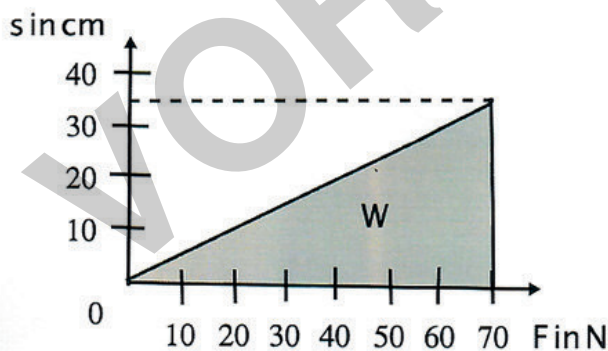


Abb. 8: Erwin Kunesch

- Berechne die zur Dehnung nötige Arbeit.
- Ermittle die Federkonstante.

5. Eine zunächst unbelastete Schraubenfeder mit der Federkonstanten  $D$  erfährt durch eine Kraft  $F$  eine Verlängerung  $s$ . Damit ist eine Spannenergie  $W$  gespeichert.
- Überlege, wie sich diese Energie bei Verdopplung der Verlängerung ändert.
  - Zeige, wie sich die dehnende Kraft aus der erhöhten Energie berechnen lässt.
6. Ein Körper der Masse  $0,70\text{ g}$  bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von  $7,0\frac{\text{m}}{\text{s}}$  und besitzt damit kinetische Energie.
- Ermittle, welche Dehnung eine Schraubenfeder mit der Federkonstanten  $90\frac{\text{N}}{\text{m}}$  erfahren müsste, um die gleiche Energie als Spannenergie zu speichern.
  - Berechne die Kraft, die dazu nötig wäre.

VORSCHAU