

# Unterrichtseinheit zur Federkraft

## Das Hook'sche<sup>1</sup> Gesetz

Heiko Schröter

1. März 2021

---

<sup>1</sup>Robert Hook, engl. Physiker (1635 bis 1703)

# Federkraft

Kräfte sind die Ursachen für die Verformung von Körpern, z.B. für die Dehnung eines Gummibandes bzw. einer Feder oder für die Biegung eines Stahlträgers.

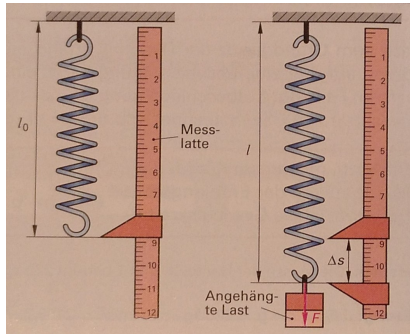


Abbildung: Elastische Dehnung einer Schraubenfeder

# Ziele für die heutige Unterrichtseinheit

## Das Gesetz von Hooke

- Wie verändert sich die Länge einer Feder bei Einwirkung einer Kraft?
- Wie ist ein Federkraftmesser aufgebaut?
- Welche weiteren Möglichkeiten zur Kraftmessung gibt es?
- Berechnung der Änderung der Bodenfreiheit beim beladen eines LKW.
- Wo liegen die Grenzen zur Anwendung vom Hook'schen Gesetz?

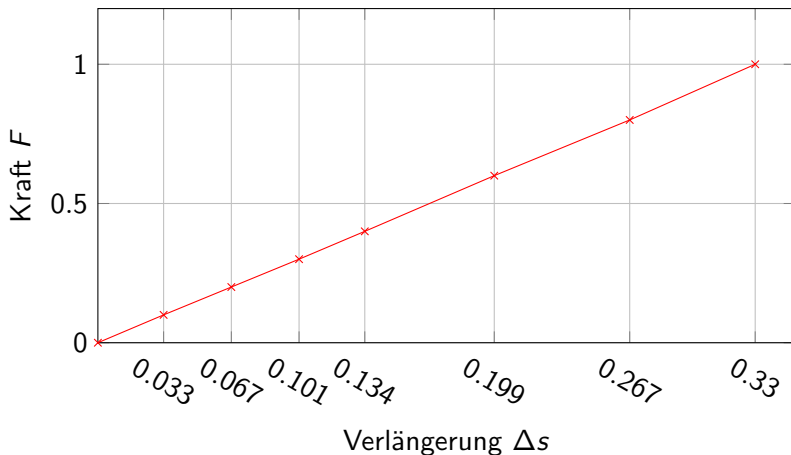
# Versuch: Elastische Dehnung einer Schraubenfeder I

Messwertetabelle von Versuch 1

$F$ in $N$	$\Delta s$ in $m$	Berechnet: $\frac{F}{\Delta s}$ in $\frac{N}{m}$
0,10	0,033	3,03
0,20	0,067	2,98
0,30	0,101	2,97
0,40	0,134	2,99
0,60	0,199	3,02
0,80	0,267	3,00
1,00	0,330	3,03

# Versuch: Elastische Dehnung einer Schraubenfeder

Kraft-Verlängerungs-Diagramm



# Das Gesetz von Hooke

Theorem (Die elastische Verlängerung eines Körpers ist der wirkenden Kraft proportional)

$$F = c \cdot s \Rightarrow c = \frac{F}{s}$$

Dabei ist:

$F$  = Federkraft in N

$s$  = Federweg in mm

$c$  = Federsteifigkeit (Federkonstante)

$c$	$F$	$s$
$\frac{N}{mm}$	N	mm

# Aufbau eines Federkraftmessers

**Federkraftmesser** bestehen aus zwei ineinander geschobenen Hülsen, die über eine Schraubenfeder verbunden sind. Hängt man eine Last an, so wird die Feder gedehnt und die innere Hülse herausgezogen. Sie enthält eine Skalierung, an der die Kraft abgelesen werden kann. Wegen des proportionalen Zusammenhangs zwischen Federkraft  $F$  und der Verlängerung  $\Delta s$  (Hooke'sches Gesetz) ist die Skala linear.

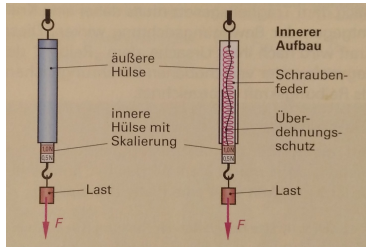


Abbildung: Federkraftmesser

# Übersicht über den Aufbau von Kraftmessern

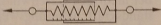
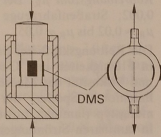
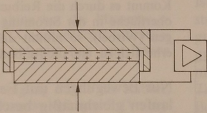
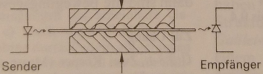
Sensorelement	Aufbau der Meßapparatur	Meßprinzip
Feder		Verlängerung der Feder ist proportional zur Kraft (Hookesches Gesetz).
Dehnungsmeßstreifen		Deformationen des Verformungskörpers werden auf die aufgeklebten Dehnungsmeßstreifen (DMS) übertragen. Der elektrische Widerstand $R$ der DMS ändert sich proportional zur Dehnung $\epsilon$ . Die Widerstandsänderung wird in einer Wheatstoneschen Brückenschaltung gemessen: $\frac{\Delta R}{R} \sim \frac{\Delta l}{l} = \epsilon.$
piezoelektrischer Kristall		Kristalle ohne Symmetriezentrum (z. B. Quarz) zeigen den piezoelektrischen Effekt. Bei Belastung treten an den Kristalloberflächen elektrische Ladungen auf, die mit einem Ladungsverstärker nachgewiesen werden. Die Ladungsmenge ist proportional zur Kraft $\Delta Q \sim F$ .
Glasfaser		Bei Belastung verbiegt sich die Glasfaser. Dadurch werden Lichtwellen vom Faserkern in den -mantel ausgekoppelt (Leckwellen), und das Empfängersignal geht zurück.

Abbildung: Methoden der Kraftmessung



# Beispielaufgabe 1

## Aufgabe:

Die Bodenfreiheit eines Lkw verringert sich bei Beladung mit einer Last von 1,5 t um 50 mm. Berechnen Sie die Federkonstante der gesamten Federung.

# Beispielaufgabe 1

## Aufgabe:

Die Bodenfreiheit eines Lkw verringert sich bei Beladung mit einer Last von 1,5 t um 50 mm. Berechnen Sie die Federkonstante der gesamten Federung.

## Lösung:

$$c = \frac{F}{\Delta s} = \frac{m \cdot g}{\Delta s} \approx \frac{1,5 \text{ t} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{50 \text{ mm}} = \frac{1500 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{0,050 \text{ m}} = 300\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

## Beispielaufgabe 2

### Aufgabe:

Die Federkonstante einer Schraubenfeder beträgt  $15 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ . Wie groß ist die Verkürzung der Feder, wenn sie mit

a) 1,5 N

b) 5 N

zusammengedrückt wird?

## Beispielaufgabe 2

### Aufgabe:

Die Federkonstante einer Schraubenfeder beträgt  $15 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ . Wie groß ist die Verkürzung der Feder, wenn sie mit

- a) 1,5 N
- b) 5 N

zusammengedrückt wird?

### Lösung:

a)

$$c = \frac{F}{\Delta s} \Rightarrow \Delta s = \frac{F}{c} = \frac{1,5 \text{ N}}{15 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 0,1 \text{ m}$$

b)

$$c = \frac{F}{\Delta s} \Rightarrow \Delta s = \frac{F}{c} = \frac{5 \text{ N}}{15 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 0,333 \text{ m}$$

## Beispielaufgabe 3

### **Aufgabe:**

Eine Feder wird durch Anhängen eines Körpers A um 100 mm, durch Anhängen eines Körpers B um 40 mm verlängert. Der Körper B zieht mit der Kraft 2 N. Mit welcher Kraft zieht der Körper A an der Feder?

## Beispielaufgabe 3

### Aufgabe:

Eine Feder wird durch Anhängen eines Körpers A um 100 mm, durch Anhängen eines Körpers B um 40 mm verlängert. Der Körper B zieht mit der Kraft 2 N. Mit welcher Kraft zieht der Körper A an der Feder?

### Lösung:

$$c = \frac{F}{\Delta s} = \frac{2,0 \text{ N}}{40 \text{ mm}} = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$c = \frac{F}{\Delta s} \Rightarrow F = c \cdot \Delta s = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 100 \text{ mm} = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0,1 \text{ m} = 5,0 \text{ N}$$