

Kompliziertere Formeln im Experiment überprüfen (26.6.2022)

In der Mittelstufe sind die meisten physikalischen Formeln einfach. Die Größen sind proportional. Ein Beispiel ist der Strom bei verschiedenen Widerständen. Hier gilt die Formel $U = RI$. Ähnlich ist es mit der zurückgelegten Strecke bei der gleichförmigen Bewegung: $s = vt$. Wenn die Bewegung gleichförmig beschleunigt ist, dann ist immerhin die Geschwindigkeit proportional zur Zeit: $v = at$.

Solche Formeln konnte man einfach herausfinden: man misst zwei Größen – zum Beispiel Strecke und Zeit. Dann zeichnet man ein Diagramm, bekommt eine Gerade und bestimmt die Steigung.

Aber wie kann man eine Formel im Experiment überprüfen, die komplizierter ist? Ein Beispiel für so eine komplizierte Formel ist die Zentrifugalkraft bei der Kreisbewegung:

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

Hier muss man mehrere Messreihen machen, um die gesamte Formel zu überprüfen: Man variiert nacheinander m , v und r . Dabei stellt sich das Problem, dass man nicht einfach die Messwerte in ein Diagramm einträgt und eine Gerade herausbekommt.

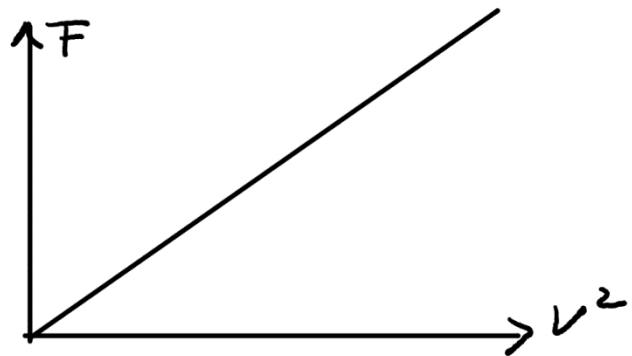
Es gibt aber einen Trick, wie man aus ziemlich jeder Funktion eine Gerade machen kann. Man trägt einfach die Größen passend auf. Dazu schreibe ich die Formel ein bisschen um und dann schreibe ich die Geradengleichung darunter:

$$\begin{array}{c} F \\ \updownarrow \\ y \end{array} = \frac{\begin{array}{c} m \\ \updownarrow \\ m \end{array}}{\begin{array}{c} r \\ \updownarrow \\ x \end{array}} v^2$$

Hier sieht man mit ein bisschen Fantasie:

- F entspricht y .
- v^2 entspricht x
- $\frac{m}{r}$ entspricht der Steigung m

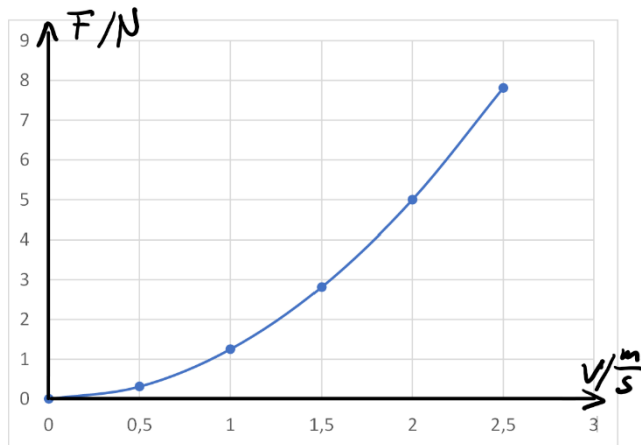
Jetzt muss man nur noch v^2 ausrechnen und dann im Diagramm F gegen v^2 auftragen.



Dann bekommt man eine Gerade und kann die Steigung ausrechnen. Außerdem berechnet man $\frac{m}{r}$. Es wird das gleiche Ergebnis herauskommen.

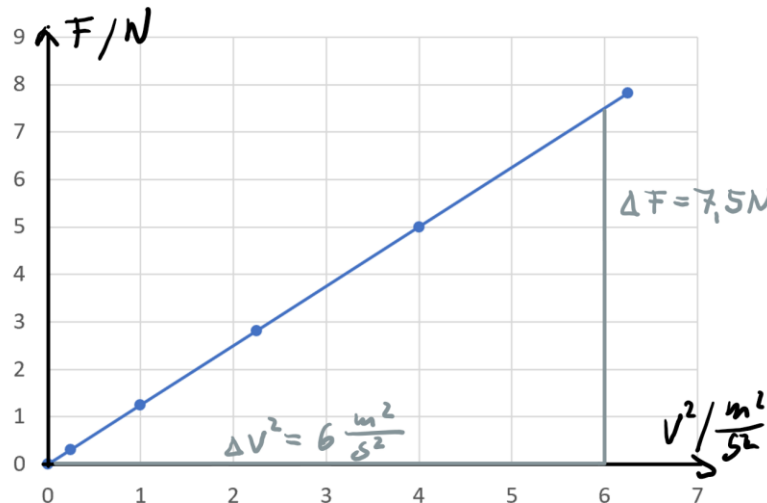
Ich zeige Ihnen das an einem Beispiel. Für eine Kreisbewegung wird die folgende Messung gemacht:

$m = 0,5\text{kg} ; r = 0,4\text{m}$		
F / N	$v / \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$v^2 / \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$
0,31	0,5	0,25
1,25	1	1
2,81	1,5	2,25
5,00	2	4
7,81	2,5	6,25



Wenn man einfach v gegen F in ein Diagramm aufträgt, bekommt man etwas, das wie eine Parabel aussieht. Allerdings kann man nicht mal da sicher sein, ohne das zu überprüfen. Viele Funktionen steigen so gebogen an. Das könnte auch etwas ganz anderes sein.

Also trägt man als nächstes F gegen v^2 auf. Tatsächlich bekommt man eine Gerade und kann die Steigung bestimmen.



$$\frac{\Delta F}{\Delta v^2} = \frac{7,5\text{N}}{6 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Zur Kontrolle berechnet man noch

$$\frac{m}{r} = \frac{0,5\text{kg}}{0,4\text{m}} = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

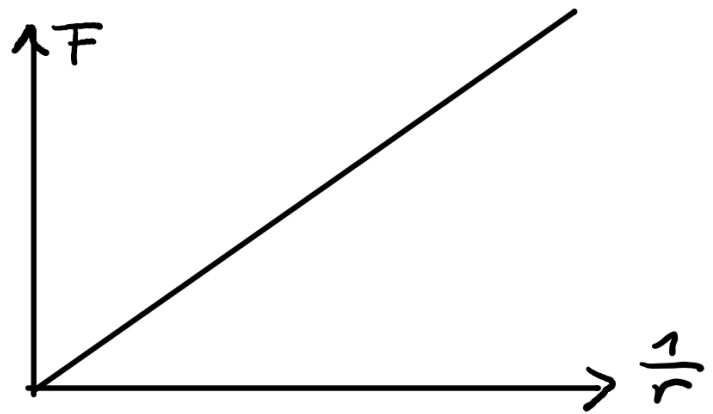
Die Steigung passt also.

Damit hat man gezeigt, dass F proportional zu v^2 ist und dass der Proportionalitätsfaktor $\frac{m}{r}$ ist.

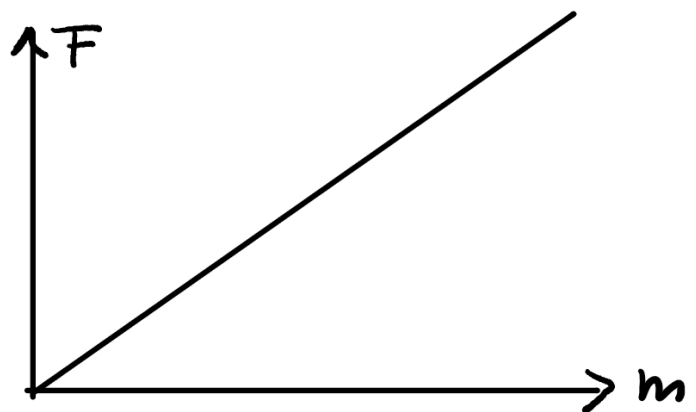
Was noch fehlt: Man muss eine ähnliche Messung für m und r machen. Die passende Steigung könnte ja Zufall sein.

Um die Formel weiter zu überprüfen, muss man noch zweimal umformen:

$$\begin{array}{c} F \\ \updownarrow \\ Y \end{array} = \begin{array}{c} m v^2 \\ \updownarrow \\ m \end{array} \cdot \begin{array}{c} 1 \\ \updownarrow \\ r \\ X \end{array}$$



$$\begin{array}{c} F \\ \updownarrow \\ Y \end{array} = \begin{array}{c} v^2 \\ \updownarrow \\ r \\ X \end{array} \cdot \begin{array}{c} m \\ \updownarrow \\ X \end{array}$$



Wenn man also F gegen $\frac{1}{r}$ aufträgt, dann erhält man eine Gerade mit der Steigung nv^2 . Trägt man F gegen m auf, so erhält man eine Gerade mit der Steigung $\frac{v^2}{r}$.

Für alle drei Experimente finden Sie auf der nächsten Seite Messtabellen. Sie können also alle Versuche einmal selbst auswerten.

Experiment zur Messung der Zentrifugalkraft auswerten

Teil 1:

Im Experiment wird die Geschwindigkeit c variiert und die Zentrifugalkraft gemessen. Füllen Sie in der Tabelle die leere Spalte aus, zeichnen Sie F gegen v^2 in ein Diagramm und bestimmen Sie die Steigung.

Berechnen Sie $\frac{m}{r}$ und vergleichen Sie.

m = 0,2kg ; r = 0,25m		
F / N	v / $\frac{m}{s}$	$v^2 / \frac{m^2}{s^2}$
0,2	0,5	
0,8	1	
1,8	1,5	
3,2	2	
5	2,5	

Teil 2:

Im Experiment wird der Radius r variiert und die Zentrifugalkraft gemessen. Berechnen Sie $\frac{1}{r}$, tragen Sie F gegen $\frac{1}{r}$ auf und bestimmen Sie die Steigung.

Berechnen Sie mv^2 und vergleichen Sie.

m = 0,2kg ; v = 0,3 m/s		
F / N	r / m	$\frac{1}{r} / \frac{1}{m}$
0,18	0,1	
0,09	0,2	
0,06	0,3	
0,045	0,4	
0,036	0,5	

Teil 3:

Im Experiment wird die Masse variiert und die Zentrifugalkraft gemessen. Tragen Sie F gegen m auf und bestimmen Sie die Steigung.

Berechnen Sie $\frac{v^2}{r}$ und vergleichen Sie.

r = 0,225m ; v = 0,3 m/s	
F / N	m / kg
0,04	0,1
0,08	0,2
0,12	0,3
0,16	0,4
0,2	0,5