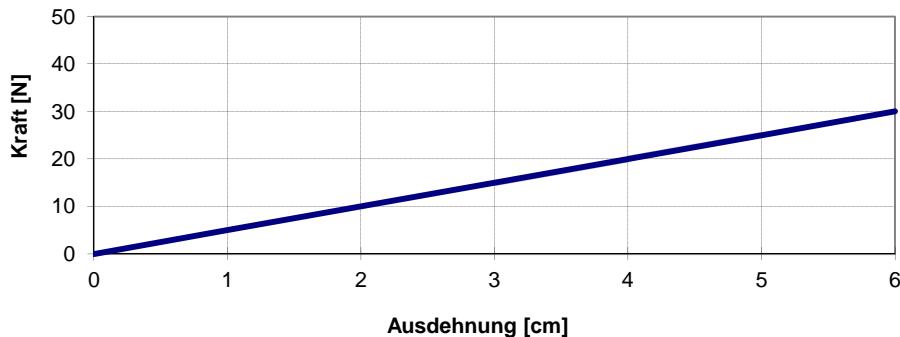




1. Aufgabe – Hooke'sches Gesetz

Federn verhalten sich relativ „einfach“. Hängt man eine Masse an, so verlängern sie sich, bis die Gewichtskraft der Masse kompensiert ist (oder sie reißt...). Dabei ist die Verlängerung direkt proportional zur Gewichtskraft: doppelte Masse, doppelte Verlängerung. Es gilt die Formel $F=Ds$ mit der Federhärte D .

- a) Bestimme die Federhärte für die Feder, die durch folgende Abbildung beschrieben wird:



Hier muss man D über $F=Ds$ bestimmen, also als Bruch F/s . Das entspricht in der Zeichnung dem Steigungsdreieck! Allerdings müssen wir noch mit den Einheiten aufpassen; die Kraft ist in N, aber die Ausdehnung muss in Metern angegeben werden. Damit findet sich $D=F/s=30/0,06 \text{ N/m bzw. } 500 \text{ N/m}$. Sprich, hängt man 50kg an diese Feder, verlängert sie sich um 1m.

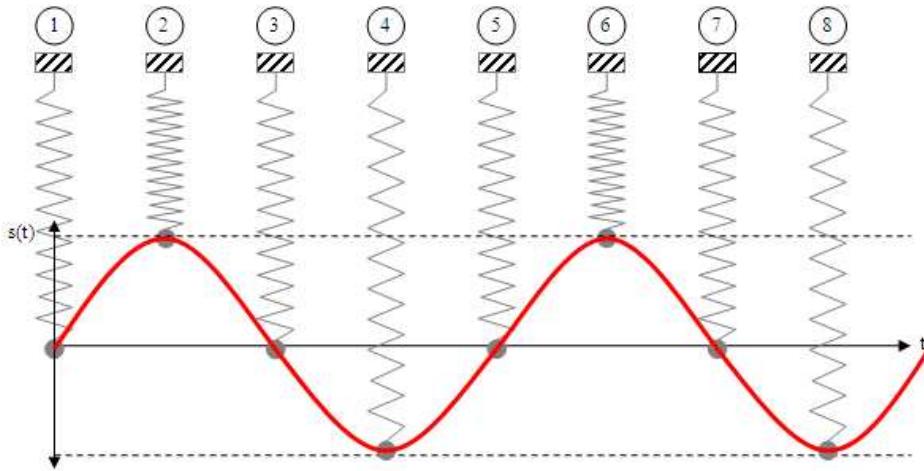
2. Aufgabe – Kräfte am Federpendel

Bei dem Federpendel wirken nur zwei Kräfte, die zum Umwandeln der Energieformen Lageenergie, Bewegungsenergie und Spannenergie führen.

- a) Um welche Kräfte handelt es sich hierbei?

Das sind die Gravitationskraft der Erde ($F_G=mg$) und die Spannkraft der Feder nach Hooke ($F=Ds$). Sie wird oft Federkraft genannt.

- b) In der Abbildung unten sind acht verschiedene Positionen einer Schwingung markiert. Bestimme und begründe, an welchen dieser Positionen die (rückstellende) Federkraft überwiegt.



In Position 1 zieht die Feder gerade noch stärker nach oben, als die Gewichtskraft nach unten zieht. Die Geschwindigkeit ist bereits nach oben gerichtet und daher verkürzt sich die Feder. Dabei nimmt die Federkraft wiederum ständig ab (wegen $F=Ds$ und schrumpfendem s) und die Erdanziehung überwiegt. Die an die Feder angehängte Masse wird ihre Geschwindigkeit nach oben verlieren (=Position 2) und nach unten sinken (=Position 3). Zwar überwiegt hier bereits die nach oben ziehende Federkraft, allerdings hat die Masse eine Geschwindigkeit nach unten. Diese wird abgebremst und dann kehrt das Pendel um (=Position 4). Ab hier wiederholt sich der gesamte Ablauf.

3. Aufgabe – Bungee!

Ein Bungeespringer mit einer Masse von 80 Kilogramm, springt von einem 40 Meter hohen Staudamm. An die Füße hat er sich ein 20 Meter langes Bungeeseil gebunden, das eine "Härte" von $D = 160 \text{ N/m}$ hat.

- *Der Springer darf zur Vereinfachung als „Massenpunkt“ angenommen werden*
- *Die Masse des Seils soll vernachlässigt werden*
- *Für unsere Betrachtungen gilt das Hookesche Gesetz*
- *Von jeglicher Reibung wird abgesehen. Dadurch ist die einsetzende Schwingung ungedämpft, was unrealistisch ist*

- a) Wenn man den Springer statisch an das Seil hängen würde, um welche Länge würde es sich ausdehnen?

$m=80\text{kg}$, was 800N entspricht. $F=Ds$ mit $800\text{N}=160\text{N/m} * s$ bedeutet $s=5\text{m}$. Das Seil dehnt sich um 5m.

- b) Welche Geschwindigkeit erreicht der Springer, wenn sich das Seil gerade zu spannen beginnt?

Das Seil ist 20m lang. Damit hat der Springer 20m freien Fall und ab hier verlängert sich das Seil. Dabei wird der Springer abgebremst (Bewegungsenergie wird in Spannenergie des Seils umgewandelt).

Nach $s=0,5gt^2$ haben wir eine Fallzeit t von $t=2\text{s}$ (wir rechnen mit $g=10\text{m/s}^2$), denn $t^2=20\text{m}^2/g=4\text{s}^2$. Die Geschwindigkeit ist mit $v=gt$ dann $v=20 \text{ m/s}$ oder 72 km/h .

- c) Das Seil beginnt sich nun zu dehnen und bremst dadurch den freien Fall ab. Begründe, wieso und wohin die Bewegungsenergie „verschwindet“.

Das steht schon in Teil b); Bewegungsenergie wird in Spannenergie des Seils umgewandelt!

- d) Wie stark darf sich das Seil maximal dehnen, bevor es gefährlich wird und warum? Wie stark dehnt es sich in unserem Fall das Seil?

Das Seil darf sich in der ersten Näherung um maximal 20m dehnen, da es bereits 20m lang ist und der Damm nur 40m hoch ist. Wobei man mit 18m rechnen sollte, denn der Bungeespringer ist ja unter 2m groß.

Mit $v=20\text{m/s}$ hat der Springer eine Bewegungsenergie von $0,5mv^2=16000$ Joule, denn $m=80\text{kg}$ und $v^2=20^2=400$ $(\text{m/s})^2$. Diese werden wie gesagt in Spannenergie umgewandelt. Dabei ist die Spannenergie $0,5Ds^2$ mit bekanntem $D=160\text{N/m}$. Wir setzen also $16000 = 0,5 \cdot 160 \cdot s^2$ und finden $s^2=200$ bzw. s ist etwa 14m. Das ist bereits gefährlich!!! Denn diese Dehnung wurde durch die Bewegungsenergie hervorgerufen. Durch die Gewichtskraft wird das Seil aber um weitere 5m gedehnt, was also 19m entspricht.

- e) Wie stark dehnt sich das Seil, wenn du der Springer bist?

Ich wiege 85kg, also ist meine kinetische Energie 17000 Joule. Wieder setzt man 17000 mit $0,5 \cdot 160 \cdot s^2$ gleich und findet $s= 14,6\text{m}$. Die statische Dehnung liegt ebenfalls etwas höher und ich käme auf knapp 20m.

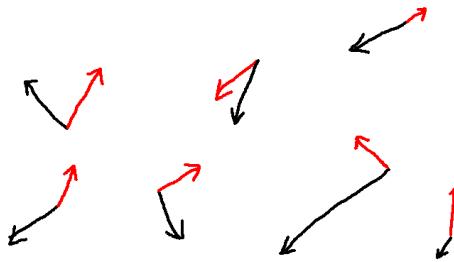
- f) Konzipiere ein Seil mit einer Federhärte D , sodass sich das Seil bei 80 Kilogramm um maximal 15 Meter dehnt. Wieso kann man nicht einfach jedes Mal ein sehr hartes Seil verwenden?

Man kann einfach eine größere Federhärte nehmen, bspw. $D=400\text{N/m}$. Rechnet man das durch, dann ist die Dehnung viel geringer. Allerdings muss man hier aufpassen; ist das Seil zu hart, wird der Springer sehr stark abgebremst, was ungesund für den Körper ist. Daher sollte die Seilhärte nicht zu groß werden. Wahrscheinlich ist es besser (und praktischer), wenn man immer das gleiche Seil verwendet (mit „angenehmen Bremseigenschaften“), dieses dafür aber entsprechend verkürzt.

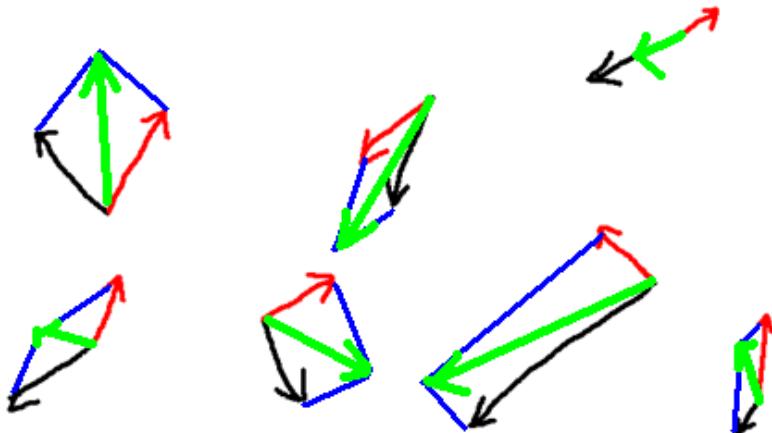
4. Aufgabe – Additions von Kräften

Da die Addition von Kräften in der Physik ständig vorkommen, solltest du an dieser Stelle noch einmal wiederholen, wie das genau funktioniert. Kräfte sind Vektoren, die du bald in Mathe besprechen wirst. Anders als Zahlen haben Vektoren eine beliebige Richtung (Zahlen haben nur einen Betrag und ein Vorzeichen, zeigen also entweder in die gleiche Richtung oder genau entgegen gesetzt). Man addiert sie, indem man sie aneinandersetzt und zu einem Parallelogramm ergänzt. Die Diagonale ist die „Summe“, sie wird üblicherweise „resultierender Vektor“ genannt.

a) Skizziere die resultierenden Vektoren:

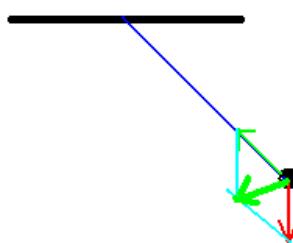


Die Lösung ist diese:



Dabei zeichnet man zu beiden Pfeilen parallele Hilfslinien ein. Der Punkt, in dem sie sich treffen ist der Endpunkt des grünen resultierenden Vektors. Sein Startpunkt ist der Ansatzpunkt der beiden Pfeile. Wenn beide Pfeile in die gleiche Richtung zeigen (wie oben rechts), dann addieren sich die Längen direkt bzw. es bleibt die einfache Differenz der Längen, wenn sie wie hier entgegenwirken.

b) Skizziere noch einmal das Fadenpendel und betrachte eine Auslenkung um 45° . Wie addieren sich hier welche Kräfte?



Hier wirkt die Anziehungskraft der Erde senkrecht nach unten (tut sie in jeder Position). Die Zugkraft des (blauen) Seils, sie ist grün markiert, hält die Kugel am Pendeln. Wenn das Seil zu schwach wäre, reißt es und die Kugel fällt nach unten. Beide Kräfte addieren sich wie in Teil a) gezeigt zur resultierenden (dick, grün) Kraft. Wenn man das Pendel also in diese Position bringt und loslässt, wird es sich im ersten Augenblick nach links unten bewegen. Bei der Bewegung ändert sich die Richtung der Zugkraft des Seils ständig; wenn man sich die resultierenden für alle Positionen notiert, bekommt man den in der realen Welt sichtbaren Schwingungsbogen zu sehen.