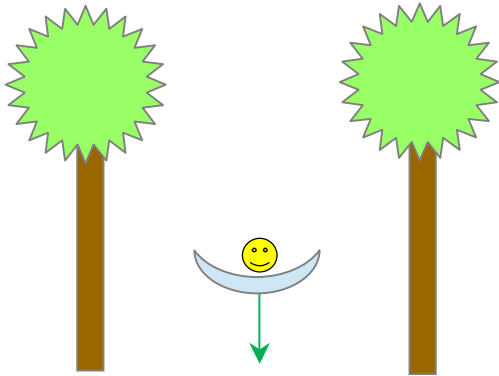
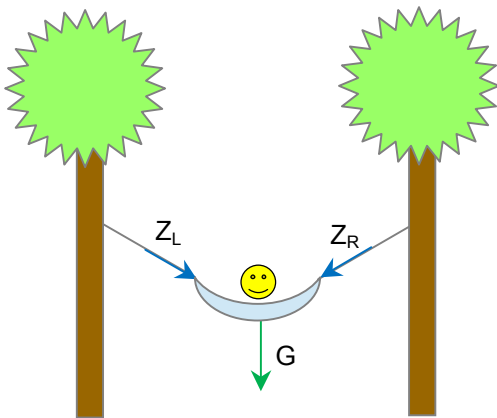


Welche Kräfte wirken auf Hängematte, Seile und Bäume?

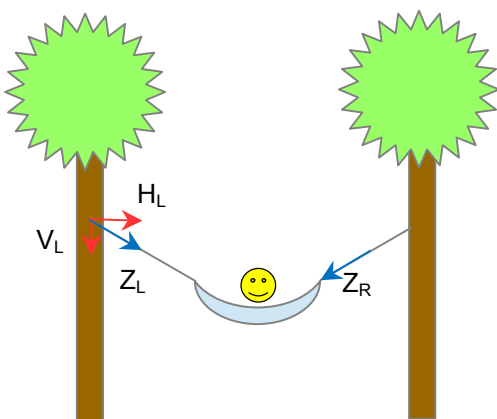
Das ist unsere himmelblaue Hängematte zwischen zwei Bäumen. Der grüne Pfeil symbolisiert unser Gewicht. Die Gewichtskraft ist senkrecht nach unten gerichtet.



Doch halt! Hier fehlt noch was! Die Aufhängung! Ohne sie würden wir ganz schnell nach unten stürzen.



Die Gewichtskraft ( $G$ ) zieht an der Aufhängung und zwar links ( $Z_L$ ) und rechts ( $Z_R$ ). Wir können im Folgenden die grün dargestellte Gewichtskraft durch die blau dargestellten Zugkräfte ersetzen. Die Wirkung bleibt dieselbe.



Die Aufhängung zieht am Baum. Wenn der Baum stabil genug ist, leitet er die Kräfte in den Boden weiter. So, jetzt hängen wir sicher.

Eigentlich könnten wir jetzt aufhören zu lesen und uns stattdessen am sanften Wiegen der Hängematte erfreuen. Also dann, Tschüß!

Aber was sind das für rote Pfeile? Was bedeuten die Buchstaben  $V$  und  $H$ ?

Neugierig geworden? Okay, lesen wir weiter. Aber Vorsicht, jetzt wird es wissenschaftlich!

Wie wir vorher die Gewichtskraft durch die wirkungsgleichen Zugkräfte ersetzt haben, so kann man auch die auf den Baum wirkende Zugkraft in ihre vertikale (V) und horizontale (H) Komponente zerlegen. Die äußere Wirkung bleibt dabei gleich. Es ist schließlich egal, ob der Baum nach unten und gleichzeitig nach innen gezogen wird oder ob man ihn schräg nach innen unten zieht.

Warum zerlegen wir die Kraft überhaupt?

Die vertikale, senkrecht nach unten gerichtete Kraft kann am Baum kaum Schaden anrichten. Die horizontal wirkende Kraft hingegen kann den Baum aus dem Lot bringen und ihn sogar entwurzeln, wenn sie zu groß wird. Wir sind doch aber keine Holzfäller, sondern Hängemattengenießler, oder?

Auch die in der Abspannung wirkende Kraft sollte nicht zu groß werden. Anderenfalls zerreit unser Seil und wir landen unsanft auf dem Boden. Es wäre doch toll, die Groe dieser Kräfte berechnen zu knnen. Dann knnten wir auf wissenschaftlicher Basis die Entscheidung treffen, ob es gefährlich wird, die Hängematte zu entern.

Als Ausgangsdaten bentigen wir:

1. Das Gewicht des Hngemattens**systems**, also nicht nur die paar Gramm, die die Hängematte wiegt, sondern auch alle Gewichte, die in und an ihr hängen. Der grote Brocken sind wir selber. Hängt vielleicht noch ein schwerer Rucksack an der Abspannung? Schlafsack, Buch, Cocktailglas, Sonnenbrille und sonstige Leichtgewichte knnen wir dann schon fast vernachlässigen.
2. Den Abspannwinkel. Tja, ein Winkelmesser wäre gut. Aber wir wollen es nicht gleich bertreiben und geben uns mit einer Schätzung zufrieden.  
Kleiner Tip: Wenn wir mit der Hand eine Pistole darstellen (Zeigefinger waagerecht, Daumen senkrecht nach oben abgespreizt), dann bilden der Zeigefinger und die Linie Zeigefingerspitze-Daumenspitze ungefähr einen Winkel von 30°.
3. Die Reißfestigkeit der Hängematte bzw. der Aufhängung. Wir bentigen den kleineren der beiden Werte. Diese Angaben sind am schwierigsten zu beschaffen.

Im folgenden erfahren wir, wie es geht. Wem das Kleingedruckte zu kompliziert ist: Die Ergebnisse sehen wir dann in Tabellenform.

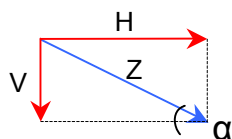
Zur Vereinfachung gehen wir davon aus, dass die Zugkraft in der linken ( $Z_L$ ) und rechten Aufhängung ( $Z_R$ ) gleich gro ist. Wir mssen dann nur eine Seite betrachten.

Die vertikale Komponente V ist links und rechts jeweils halb so gro wie die Gewichtskraft G.

$$V_L = V_R = 1/2 * G$$

Die Groe der vertikalen Kraft (V) interessiert uns eigentlich weniger, da sie ja nur den Baum nach unten drckt. Sie ist aber die Grundlage fr die Berechnung der horizontalen (H) und der schräg wirkenden Kraft (Z).

Die Groe der horizontalen Kraft und der Kraft in der Abspannung hängt vom Abspannwinkel ab.



Da es sich hier um ein rechtwinkliges Dreieck handelt, helfen uns die Winkelfunktionen bei der Berechnung weiter.

$$H_L = H_R = (1 / \tan \alpha) * V$$

$$Z_L = Z_R = (1 / \sin \alpha) * V$$

Wenn wir jetzt noch den oben ermittelten Wert fr V in die Gleichungen einsetzen, bekommen wir

$$V = 1 / 2 * G$$

$$H = 1 / (2 \tan \alpha) * G$$

$$Z = 1 / (2 \sin \alpha) * G$$

Nun geht's aber wieder mit dem Grogedruckten weiter. Die vertikale, die horizontale und die Zugkraft in der Abspannung berechnet sich jeweils aus einem Faktor, multipliziert mit dem Gewicht des Hngemattensystems.

Zur besseren Übersichtlichkeit habe ich den Umrechnungsfaktor einmal in Tabellenform dargestellt.

Winkel in °	Faktor für die vertikale Last	Faktor für die horizontale Last	Faktor für die Last im Seil
90	0,500	0,000	0,500
80	0,500	0,088	0,508
70	0,500	0,182	0,532
60	0,500	0,289	0,577
50	0,500	0,420	0,653
40	0,500	0,596	0,778
30	0,500	0,866	1,000
20	0,500	1,374	1,462
10	0,500	2,836	2,879
5	0,500	5,715	5,737
2	0,500	14,318	14,327
1	0,500	28,645	28,649
0	0,500	∞	∞

Und? Was bringt uns das jetzt?

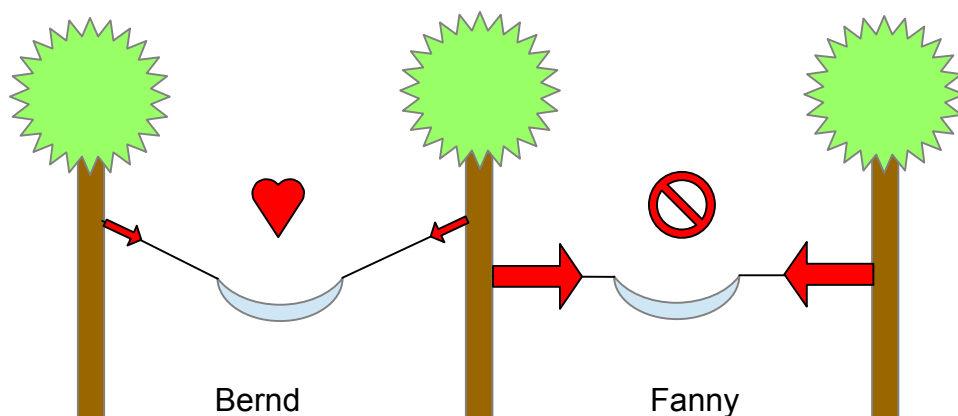
Fanny Federleicht (40 kg) und Bernd Bierbauch (120 kg) machen Urlaub am Palmenstrand. Der Hotelpage hat schon zwei Hängematten aufgespannt, eine straff mit 10°, die andere durchhängend mit 40°. Die Abspannseile halten jeweils 100 kg aus. Fanny will sich in die straff gespannte Matte legen, Bernd nimmt die andere. Geht das gut? Bernd, sei vorsichtig! Das Seil hält nur 100 kg und du wiegst 120!

Na, schon erraten, wer auf dem Boden landet?

Genau. Es ist die federleichte Fanny. Warum denn das?

Wir schauen in die letzte Spalte der Tabelle. Für 10° beträgt der Faktor für die Last im Seil 2,879. Wir multiplizieren daher Fannys 40 kg mit dem Faktor und erhalten rund 115 kg. Autsch! Das Seil reißt.

Bernd mit seinen 120 kg und dem Faktor von 0,778 bei 40° kommt nur auf eine Last von etwa 93 kg. Das 100 kg-Seil hält.



Wir können anhand der Zahlen in der Tabelle erkennen, dass der Abspannwinkel keinen Einfluss auf die sowieso schon unproblematische senkrechte Belastung des Baumes hat. Die vertikale Last beträgt auf jeder Seite die Hälfte der Gewichtskraft.

Ein kleinerer Abspannwinkel (strafferes Spannen) lässt jedoch die kritischen Kräfte (Querbeltung des Baumes und Zugkraft im Seil) ansteigen. Während bei dem üblichen Abspannwinkel von  $30^\circ$  die Zugkraft in jedem der Abspannseile der Gewichtskraft der „gefüllten“ Hängematte entspricht, so beträgt sie bei einem Winkel von  $1^\circ$  schon das 28-fache.

Wenn also die Gesamtmasse von Hängematte, Schlafsack, „Insasse“ und an die Hängematte gehängtem Rucksack 100 kg beträgt, dann wird bei  $1^\circ$  Abspannwinkel jedes der beiden Abspannseile mit 2,8 Tonnen belastet!

Okay, moderne Seile z.B. aus Dyneema können das eventuell aushalten. Aber verträgt das auch die Zaunsäule oder das dünne Bäumchen, an das man sich gehängt hat?

Was ist mit der Hängematte selbst? Rein physikalisch gesehen ist sie nur die Verlängerung der Aufhängeseile. Zu hohe Last nimmt das Material übel.

Also, Vorsicht beim straffen Aufspannen! Sonst geht es selbst bei der federleichten Fanny ganz schnell Ratsch, Knack, Bumm und Aua!