

De rek van een klimtouw

Door: Abel Tim en Ties Wykstra

Samenvatting

Wij hebben een formule geformuleerd die de rek van een klimtouw beschrijft en hiermee de kracht uitgerekend die op een zeker apparaat wordt uitgeoefend. Om dit te doen hebben we eerst met een elastiekje de rek uitgerekend. door gewicht aan het elastiekje te hangen en het te laten vallen vanuit de evenwichtsstand, En dan de rek af te meten. en hiermee hebben we gecontroleerd of deze manier van de rek vinden werkt, waarmee we de nauwkeurigheid van de methode controleerden sinds de rek van rubber bekend is. Daarna hebben we hetzelfde experiment uitgevoerd, maar dan op grotere schaal met een persoon die aan een klimtouw hangt in plaats een elastiekje met gewichten. Met behulp van het experiment met de elastiekje hebben we deze formule opgesteld:

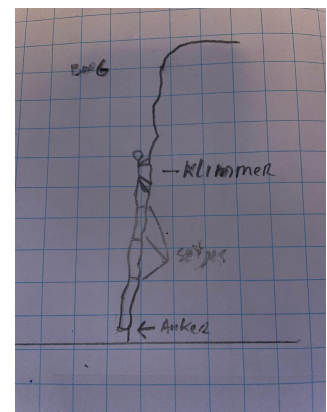
$$MGH_1 = MGH_2 + \int_0^{H_1-H_2} F(u)du$$

En uit deze formule en met de gegevens van het klimtouw experiment hebben we als conclusie:

$$F = 44181,881817729U^{2,7607482386135}$$

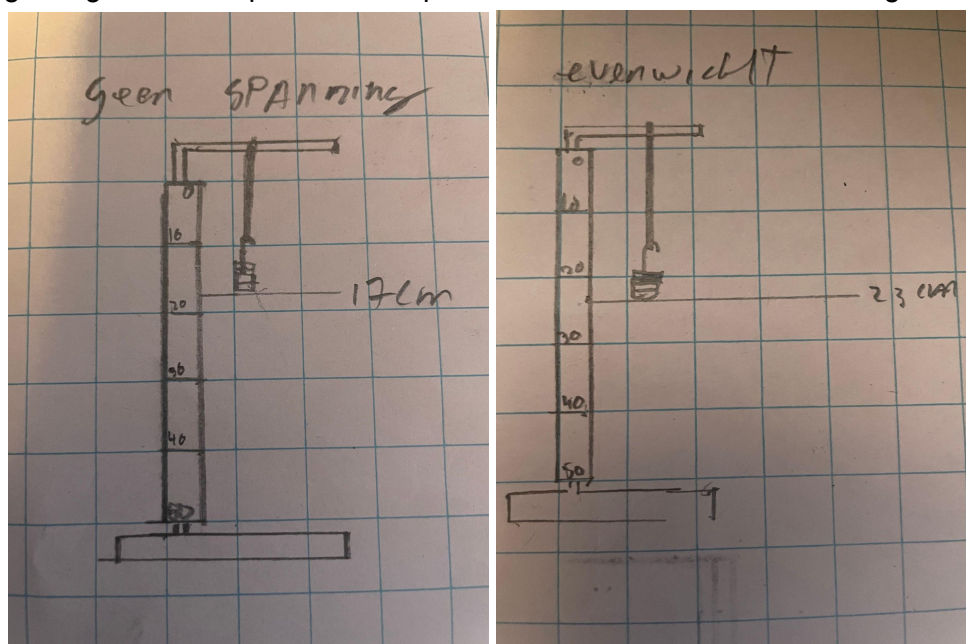
Inleiding

De reden voor waarom wij dit experiment uit hebben gevoerd is. Omdat wij zelf klimmers zijn en hierom voor ons PWS een eigen zekerapparaat aan het maken zijn, en hiervoor moeten we weten hoeveel kracht er wordt uitgeoefend op het zekerapparaat sinds wij een zekerapparaat voor solo klimmen aan het maken zijn, bij solo klimmen heb je geen zekeraraar dus al de kracht van de val komt op het zekerapparaat. Dit onderzoek kan helpen bij de veiligheid van klimmers en de betrouwbaarheid van zekerapparaten. Dit experiment is hiernaast ook , industriële hijstechnieken en de ontwerpprincipes van elastische systemen. En dit is waarom we eerst de rek van het touw gemeten sinds dit kan verschillen, en daarna de kracht die wordt uitgeoefend uitgerekend met gebruik van de door ons gevonden formule met gebruik van de wet van behoud van energie.



Methode

Om de rek in een klimtouw te bepalen doen we dit eerst met een elastiekje aangezien dit een makkelijker te controleren testvoorwerp is. Waarna dezelfde methode op een klimtouw wordt uitgevoerd. We bepalen de rek van een elastiek door er verschillende bekende gewichten aan te hangen zodat we weten bij hoeveel kracht het hoeveel uitrekt. Dit doen we door het elastiek aan een statief te hangen waaraan een liniaal geplakt is om de rek af te lezen. Eerst moet je bepalen hoe ver het elastiek komt als het niet uitgerekt is. Dat hebben wij gedaan door het gewicht omhoog te tillen tot het punt waar er geen spanning meer op staat zoals in de 'geen spanning'-tekening is te zien. Daarna hebben we het gewicht er aan gehangen tot het op een stabiel punt is zoals te zien is in de tekening 'evenwicht'.

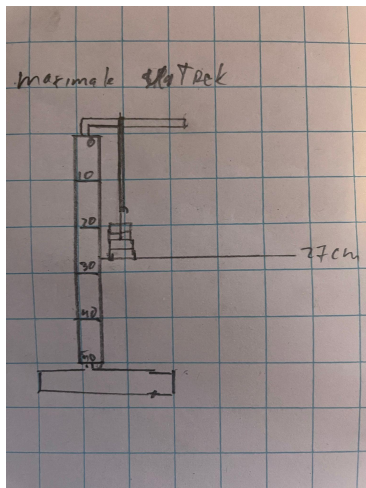


Met de gegevens die hieruit komen kan je een formule opstellen die je kan gebruiken om de rek van een vallend gewicht te berekenen. Dit kan omdat de zwaarte-energie voor de val gelijk is aan de som van de zwaarte-energie en de elastische energie als het elastiek maximaal is uitgerekt, dit komt door de wet van behoud van energie. De zwaarte-energie is te berekenen met $E_z = MGH$ (Binas, n.d.) volgens en de elastische energie is te berekenen door het oppervlak onder de grafiek te nemen, dit is omdat N*M gelijk aan Joule is. Hierdoor

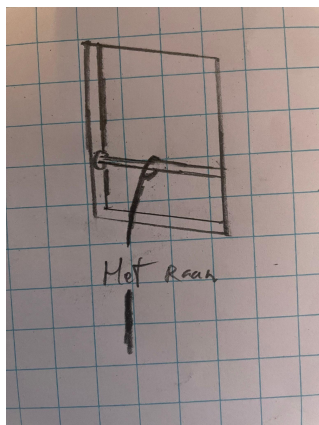
kan je de volgende formule opstellen: $MGH_1 = MGH_2 + \int_0^{H_1-H_2} F(u)du$

Hier kan je alle waardes die je hebt invullen, waardoor H_2 overblijft en je die kan uitrekenen. Omdat het elastiek het controlerende voorwerp is moet je de rek van een paar gewichten van te voren weten wat wij hebben gedaan door H_1 te zetten op 17cm (het punt waarbij er geen energie meer in het elastiek zit) en het te laten vallen zoals te zien is in 'maximale strek'. Deze waarde kan je gebruiken om de formule te controleren door MGH_1 en

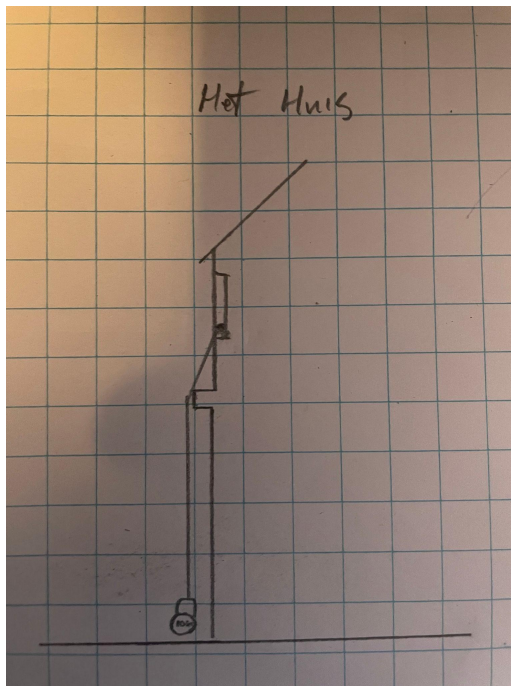
$MGH_2 + \int_0^{H_1-H_2} F(u)du$ in te vullen. Als beide hetzelfde zijn betekent dit dat de formule klopt. En als beide hetzelfde zijn is hetzelfde proces te gebruiken voor een klimtouw.



Hierna kunnen we dit experiment herhalen door een touw op te hangen, verschillende gewichten aan te hangen en de rek te meten. Dit hebben wij gedaan door een touw in het raam van een huis vast te maken met een pull-up bar die zichzelf kan vastklemmen in het raam zoals te zien is in 'het raam'. Het touw dat we hierbij gebruikt hebben is een mammoth 9.5 Crag Classic Rope.



Het touw gaat hierna naar beneden tot het net niet de grond raakt zoals in 'het huis' te zien is. Daarna hang je er gewichten aan en meet de rek van het touw en kan je een formule opstellen op dezelfde manier als bij het elastiek.



Resultaten

Elastiek

Door de hierboven beschreven methode uit te voeren kwamen we uit op de volgende waarden:

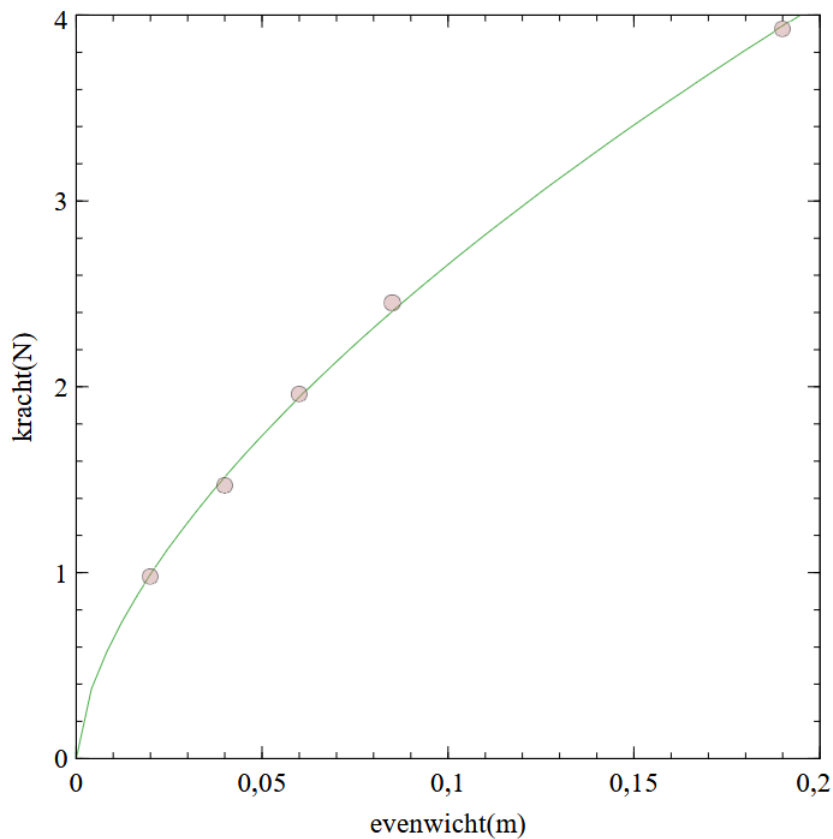
Elastiek in evenwicht:

gewicht(g)	kracht(N)	afgelezen waarde op meetlint(cm)	uitrek(m)
0	0	17	0
150	1,4715	21	0,04
400	3,924	36	0,19
100	0,981	19	0,02
200	1,962	23	0,06
250	2,4525	25,5	0,085

Elastiek max. uitrekken van vanaf 17 cm afgelezen op het meetlint:

gewicht(g)	afgelezen waarde op meetlint(cm)	uittrek(m)	hoogte vanaf 0(m)
150	23	0,06	0,27
400	43	0,26	0,07
100	21	0,04	0,29
200	27	0,10	0,23
250	31	0,14	0,19

Door de gegevens van het evenwicht in Vuesz te importeren, een grafiek van kracht en rek te maken en de fit functie te gebruiken met aX^b als functie kom je uit op de volgende grafiek:



Waarbij de formule $F = 10,908522486151U^{0,61304912887549}$ is.

Of dit klopt, controleer je door het in een formule zoals in de methode beschreven is in te vullen.

$$Eg = Eg + Eelastiek$$

$$MGH_1 = MGH_2 + \int_0^{H_1-H_2} F(u)du$$

Waarbij M de massa van het voorwerp in kg is, G de zwaartekrachtconstante, H_1 de beginhoogte, H_2 de hoogte bij een maximale uitrekking en $F(u)$ de functie van de van kracht over de uitrekking van het elastiek.

De controle hebben we gedaan door deze formule in te vullen met drie aparte gewichten en hoogtes die uit de proefjes kwamen en te kijken of beide zijden met elkaar overeenkwamen.

$$MGH_1 = MGH_2 + \int_0^{H_1-H_2} F(u)du$$

150	23	0,06	0,27
-----	----	------	------

$$150 * 10^{-3} * 9,81 * 0,33 = 150 * 10^{-3} * 9,81 * 0,27 + \int_0^{0,33-0,27} (10,908522486151x^{0,61304912887549})du$$

$$0,485595 \approx 0,45866398104$$

400	43	0,26	0,07
-----	----	------	------

$$400 * 10^{-3} * 9,81 * 0,33 = 400 * 10^{-3} * 9,81 * 0,07 + \int_0^{0,33-0,07} (10,908522486151x^{0,61304912887549})du$$

$$1,29492 \approx 0,9751812756$$

200	27	0,10	0,23
-----	----	------	------

$$200 * 10^{-3} * 9,81 * 0,33 = 200 * 10^{-3} * 9,81 * 0,23 + \int_0^{0,33-0,23} (10,908522486151x^{0,61304912887549})du$$

$$0,64746 \approx 0,594482638$$

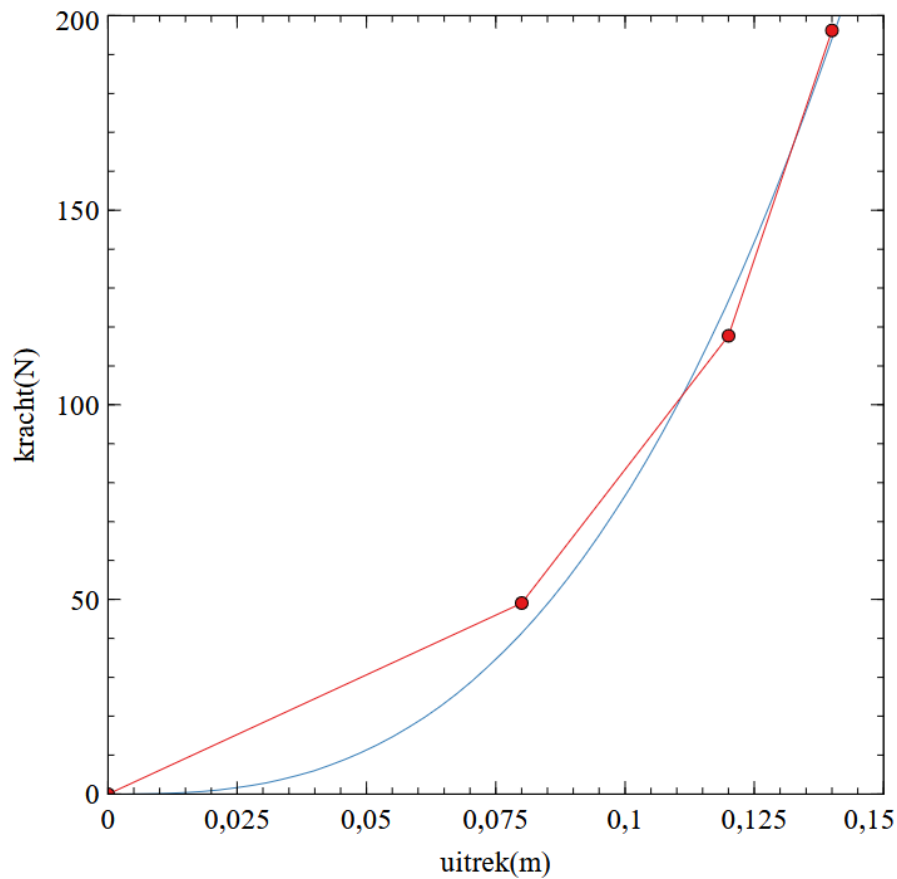
Hoewel deze niet exact hetzelfde zijn, is de waarde nadat het gevallen is wel allemaal lager en is dit waarschijnlijk door de luchtwrijving waarbij geen rekening gehouden is, en klopt deze manier dus.

klimtouw

De resultaten van het experiment waren als volgt:

gewicht(kg)	kracht(N)	afstand tot grond(cm)	tot lengte(m)	uitrek (m)
0	0	152	6,2	0
5	49,05	144	6,28	0,08
12	117,72	140	6,32	0,12
20	196,2	138	6,34	0,14
20	196,2	138	6,34	0,14

Door dit in Vuesz te importeren, een grafiek van kracht en rek te maken en de fit functie te gebruiken met aX^b als functie een kom je uit op de volgende grafiek:



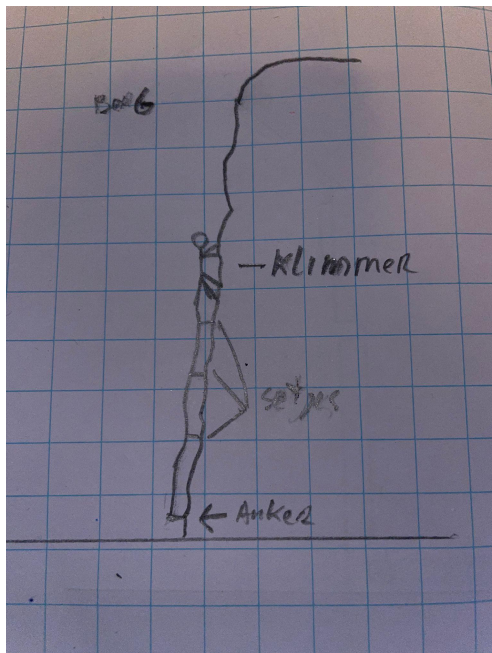
De functie die hieruit komt is: $F = 44181,881817729U^{2,7607482386135}$

Discussie

Het doel van dit werkstuk is om een formule te op te stellen om de rek van een klimtouw te beschrijven. Klimtouwen worden aangeleverd met een nauwkeurige beschrijving van de breekkracht en de levensduur. Het rek vermogen van een touw wordt vrijwel nooit beschreven. Dit is wel van belang. Bij berg of muur klimmen is er een kans dat je valt. Dit is gelukkig geen probleem, want je bent verzekerd. In het geval waarvoor wij een zekerapparaat maken zit het touw beneden vast geknoopt in een anker in de rots en gaat het via setjes 'zie afbeelding 1' het zekerapparaat in die het touw doorlaat of blokkeert gebaseerd op of de klimmer klimt of valt. Dit systeem is te zien in de tekening 'berg'.



afbeelding1



Met de formule voor de rek van het touw die in dit onderzoek gecreëerd is, is het weer mogelijk om de kracht die op het touw en dus ook het zekerapparaat wordt uitgeoefend.

Doordat de zwaarte-energie voor de val gelijk is aan de som van de zwaarte-energie en de elastische energie als het elastiek maximaal is uitgerekte. Hierdoor kan je de volgende

formule opstellen: $MGH_1 = MGH_2 + \int_0^{H_1-H_2} (44181,881817729U^{2,7607482386135})du$

Door deze formule in te vullen kan je H_2 uitrekenen, wat de hoogte van het uiteinde van het touw is als het maximaal is uitgerekte. En door deze hoogte weer in

$F = 44181,881817729U^{2,7607482386135}$ in te vullen komt er de bijbehorende kracht uit.

Uiteraard is de uiteindelijke formule alleen van toepassing op het geteste touw voor de gemeten lengte, en voor een breder onderzoek zou dit op veel verschillende touwen gedaan moeten worden zodat er gemiddelde, minimum- en maximumrekformules gevormd kunnen worden. Ook kan dit onderzoek verbeterd worden door een manier te vinden om rekening te houden met of het elimineren van luchtwrijving, ook kan er met factoren zoals temperatuur en leeftijd van het touw nog rekening gehouden worden en kan het in een betere testlocatie uitgevoerd worden waar er met grote gewichten geëxperimenteerd kan worden en er geen wrijving van een goot aanwezig is. Ondanks deze onbekenden denken wij dat dit onderzoek goed genoeg is om een ruige schatting te maken voor de kracht die op een zekerapparaat komt.

Conclusie

Dus nu is de kracht die op een klimmer uitgevoerd wordt te berekenen door

$MGH_1 = MGH_2 + \int_0^{H_1-H_2} (44181,881817729U^{2,7607482386135})du$ in te vullen waaruit je een

hoogte krijgt die je weer om kan zetten in een uitrekking via $H_1 - H_2$ en als je dit in

$F = 44181,881817729U^{2,7607482386135}$ invult krijg je een kracht die op het zekerapparaat wordt uitgeoefend.

Bronnen

9.5 CRag Classic Rope | Mammut. (n.d.).

<https://www.mammut.com/nl/en/products/2010-04230-02153/9-5-crag-classic-rope>

Binas (6e ed.). (n.d.).