

***Wie niet sterk is moet slim zijn!***  
***-Docentenhandleiding-***

## ***Docenten uitleg bij dit lespakket:***

In dit pakket vindt u experimenten die u kunt doen met uw leerlingen in de klas. De experimenten hebben betrekking op spieren, hefbomen, katrollen, hydraulische en pneumatische krachten.

Onze opzet is als volgt

- Helemaal voorin deze handleiding vindt u een kort verhaaltje over een jongetje Amon. U kunt dit verhaal voorlezen aan de klas om zo de interesse te wekken bij de kinderen. Mocht u denken dat dit verhaal niet geschikt is voor uw klas dan zijn er nog twee andere versies bijgevoegd die wellicht een betere optie zijn, en natuurlijk kunt u ook uw eigen manier bedenken om de kinderen enthousiast te maken.
- Vervolgens kunnen de verschillende experimenten uitgevoerd worden. Wij zouden u willen adviseren om de kinderen wel in te delen in kleine groepjes van 2-4 kinderen zodat ze het samen kunnen doen, aangezien voor sommige experimenten meerdere handen nodig zullen zijn. Het lespakket is zo opgebouwd dat u het beste kunt beginnen met het stuk over de spieren, daarna hefbomen, katrollen en als laatste de pneumatische/hydraulische krachten. Dit is zeker geen verplichte volgorde en u kunt ze zelf wisselen als dat voor u beter uitkomt. Of het pakket opsplitsen over verschillende lessen.
- De opbouw van het pakket is als een soort boekje: eerst kunnen de kinderen het werkblad van de betreffende proef krijgen en doen, daarna kunt u klassikaal de theorie uitleggen met behulp van de uitvergroete plaatjes die u op de bijgeleverde CD vindt. Na of tijdens de uitleg kunt u de theorie bladen ook uitdelen aan de kinderen. Deze kunnen zij dan bij het werkblad voegen en het uiteindelijk samenvoegen tot een boekje.
- Na het onderdeel spieren kunnen de kinderen hun eigen hand knutselen, dit kan natuurlijk ook tijdens de handenarbeidles.
- Na het onderdeel hefbomen zijn er nog enkele vragen en opdrachten toegevoegd die na het theoriegedeelte beantwoord kunnen worden. Deze staan op het blad: Vervolg theorie deel 2: Hefbomen.
- Na afloop van het hele pakket kunt u 1 van de puzzels uitdelen die achter in deze handleiding zitten. Als het goed is kunnen de kinderen deze maken met alle theorie die ze geleerd hebben.

Dit is het basispakket voor de kinderen. We hebben nog extra moeilijke opgaven voor de echte snelle en fanatieke leerling toegevoegd: Extra werkblad Hefbomen/Spieren.

Als laatste vindt u in deze handleiding nog wat extra informatie over spieren, hefbomen, katrollen, hydraulische/pneumatische kracht voor uzelf zodat u zelf niet op zoek hoeft naar meer achtergrond informatie.

Ook zit er nog een document bij met extra websites genoemd waar u meer van dit soort experimenten vanaf kunt halen om in de klas te doen, of om de kinderen zelf naartoe te laten gaan. Bekijk ze wel eerst zelf om te bepalen wat wel en wat niet geschikt is voor uw klas.

Heel veel succes en vooral plezier met het 'Wie niet sterk is moet slim zijn!' project!

## **Wie niet sterk is, moet slim zijn.**

### **Beginverhaal**

#### **DE BOUWERS VAN HET OUDE EGYPT**

Amon wist het: vandaag is de grote dag. Zijn ouders waren al vroeg vertrokken naar de bouwplaats en Amon wilde er ook naartoe. Hij stond snel op en ging op weg. De route ging een stukje door de woestijn waar hij in de brandende zon liep, maar daar was Amon wel aan gewend. Gelukkig was de bouwplaats niet midden in de woestijn, maar dicht bij de Nijl, net zoals die van alle voorvaders van de farao, de koning van Egypte.

Daar kwamen ze aan! Amon rende naar zijn vader om te vragen wat er nu zou gaan gebeuren. De vader van Amon legde het uit: "Kijk Amon, daar zijn de grote stenen voor de tweede laag van de piramide. De mensen die ze met touwen op sledes voorttrekken zijn al dagen onderweg vanuit de bergen naar hier. De stenenhakkars hebben met rode verf op de stenen geschreven waar ze moeten komen in de piramide. Ik denk dat 1 steen wel meer weegt dan 2500 kilo, dat is net zoveel als een nijlpaard, Amon. Vanaf vandaag gaan we omhoog met de piramide." Amon vroeg zich af hoe ze toch ooit al die stenen bovenop de onderste laag zouden moeten krijgen en ook hoe ze dan precies op de goede plek zouden moeten komen. En wie moest ze optillen, daar zijn mensen toch niet sterk genoeg voor?

- *Hier is ruimte om te vragen aan de klas wat zij voor ideeën hebben om de grote zware stenen bovenop de piramide te krijgen. Het verhaal speelt 4500 jaar geleden, dus alleen mankracht was destijds voorhanden.*

Amon vroeg het aan zijn vader en die begon te vertellen: "Zie je de boomstammen daar, Amon?" Amon zag verderop op de bouwplaats vele boomstammen liggen. "Deze boomstammen gebruiken we als hefbomen. Hefbomen zorgen ervoor dat je met minder kracht, toch nog iets heel zwaars op kan tillen. Door een soort wip te maken en op de ene kant het rotsblok te zetten en op de andere kant te duwen kun je hele zware dingen omhoog krijgen. Maar ook de mensen zelf zijn best wel sterk hoor Amon, dat komt door al onze spieren. Dankzij onze spieren kunnen we zware dingen optillen. Die Egyptenaren waren toen al heel sterk, en dat kwam vooral door al hun slimme ideeën!



### Objectievere verhalen

#### 1. Egypte → hefbomen

Zo'n 4500 jaar geleden zijn de eerste piramides gebouwd in Egypte. Dit is 2500 jaar voor het begin van onze jaartelling, heel lang geleden dus. Piramides werden gebruikt als graf voor de farao's, de koningen van Egypte. De grootste piramide is 146 meter hoog, en bestaat uit allemaal op elkaar gestapelde rotsblokken. Het is dan ook niet zo vreemd dat de bouw van een piramide heel lang duurt, soms wel meer dan 20 jaar! De farao moest dus al lang voor zijn dood vele duizenden mensen uitkiezen en die laten beginnen met de bouw van zijn grafmonument. Deze mensen moesten eerst stenen hakken in de bergen en vervolgens deze stenen vervoeren en op elkaar stapelen. De stenen wogen wel 2500 kilo! Dat is net zoveel als een nijlpaard. Dit gebeurde allemaal zonder dat er vrachtwagens, kranen en andere machines aan de pas kwamen, die waren er toen natuurlijk nog niet. De mensen gebruikten allerlei slimigheidjes om die zware rotsblokken op hun plek te krijgen, hierbij maakten ze gebruik van hefbomen en katrollen, daar zullen we vandaag mee gaan werken om te kijken hoe de mensen dat 4500 jaar geleden alles voor elkaar kregen.

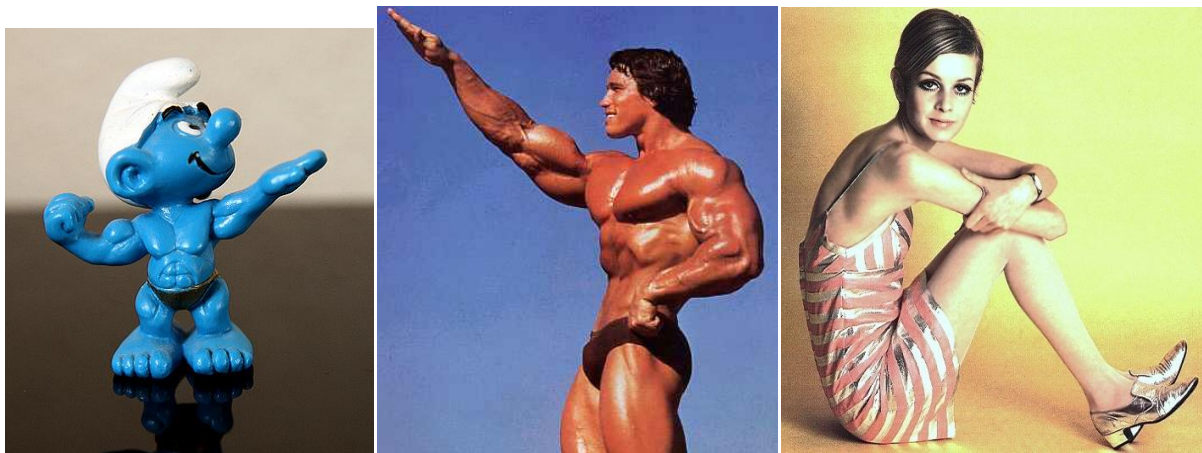
#### 2. Verhuizen → katrol

Afgelopen weekend ging ik een vriend helpen met verhuizen. Hij woonde op in een appartement 2 hoog. Dan moeten dus al zijn spullen naar beneden versleept worden en in de aanhanger die we gebruikten voor het verhuizen. Het ging eigenlijk best goed, totdat we zijn piano naar beneden moesten brengen. Dat ding was zwaar! Echt niet te tillen, bovendien paste hij ook nog eens niet in de lift! Gelukkig bedacht mijn vriend toen om vanaf het balkon de piano naar beneden te laten zakken, met behulp van een haak in de muur een katrol en een lang touw ging het eigenlijk best aardig, het leek zelfs wel alsof de piano daar lichter van werd.... Vandaag gaan we kijken of dat zo kan zijn en hoe je op andere manieren slim sterk kan zijn.

## Wie niet sterk is, moet slim zijn.

### **Theorie deel 1: Spieren**

Heb je wel eens een keer met iemand armpje gedrukt? Je komt er dan achter wie het sterkste is, maar hoe denk je dat het komt dat je zo sterk bent? We hebben allemaal spieren, die ons sterk maken. Bij sommige mensen zijn die spieren meer zichtbaar en bij andere wat minder, vergelijk de gewichtheffer maar eens met het model. Het lijkt alsof de man op de foto meer spieren heeft, maar we hebben allemaal evenveel spieren. Je kunt je spieren zo trainen dat ze groter worden en dat is het verschil wat je ziet op de foto's tussen de gewichtheffer en het model. Iedereen kan er zo uit komen te zien als de gewichtheffer, alleen moet je dat lang genoeg trainen.

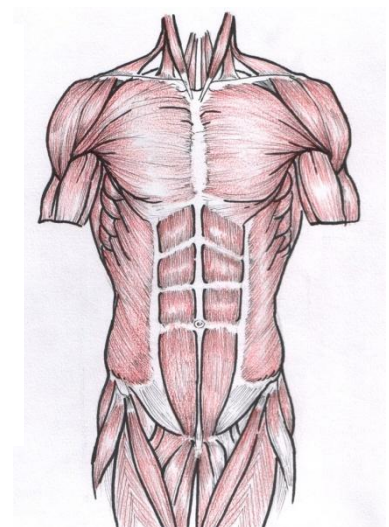
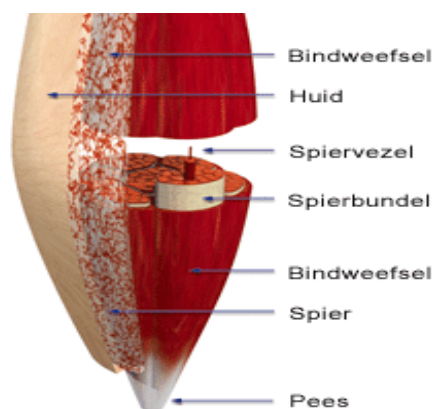


Je spieren wegen bijna de helft van je totale gewicht. Ze zitten overal, zelfs in je ogen en je huid, en ook je hart is een spier. Iedere beweging die je maakt, van een knipoog tot een reuzensprong, maak je met je spieren. Dat geldt ook voor de bewegingen binnenin je lichaam, zoals je hartslag en het voortduwen van voedsel door je darmen. Zonder spieren zou je geen vin kunnen verroeren.

Onder onze huid zien we er zo uit als op het plaatje.

De spieren lijken allemaal dikke pakketjes, maar eigenlijk zijn ze opgebouwd uit heel veel dunne lange draadjes die vezels heten. Die vezels zijn eigenlijk hele lange spiercellen die je kunt vergelijken met haren. Een groot aantal van die spiervezels zitten samengepakt en vormen zo een spierbundel (zoals je kunt zien in het plaatje). Een

stuk of 10 van die spierbundels worden dan weer bij elkaar gehouden door een laagje weefsel, het bindweefsel. Dit is samen een spier en doordat de spieren langer en korter kunnen worden kun je bewegen. Maar waarom zijn spieren eigenlijk gebundeld? En wat maakt ze zo krachtig en sterk?



## **Werkblad 1: Spieren**

### **Experiment 1 met satéstokjes:**

Voor dit experiment heb je satéstokjes nodig.

Neem 1 satéstokje, kun je die makkelijk breken?

**Het stokje is makkelijk te breken omdat je je eigen spierkracht maar hoeft te verdelen over 1 stokje.**

Neem nu 10 satéstokjes in een bundel bij elkaar en probeer die te breken. Kun je die ook makkelijk breken, en hoe komt dat?

**Nu wordt het al moeilijker om de stokjes tegelijk te breken. Dat komt omdat je nu dezelfde spierkracht moet verdelen over 10 stokjes. Eigenlijk zou je alle 10 de stokjes kunnen zien als 1 grotere, dikkere stok. Alle kleine oppervlaktes van de 10 kleine stokjes moet je bij elkaar optellen, dat moet je nu doorbreken.**

### **Experiment 2 met eigen arm:**

Pak met je linker hand binnenkant van je rechter onderarm vast.

Kun je nu je spieren voelen?

**Nee, als het goed is beweegt er niks en kun je dus ook niet veel voelen.**

Ga nu eens met je rechter vingers bewegen of maak een vuist en laat die dan weer los.

Wat voel je nu?

**Als het goed is voel je nu je spieren bewegen.**

Hoe denk je dat het kan dat je in je arm spieren voelt bewegen als je je vingers beweegt?

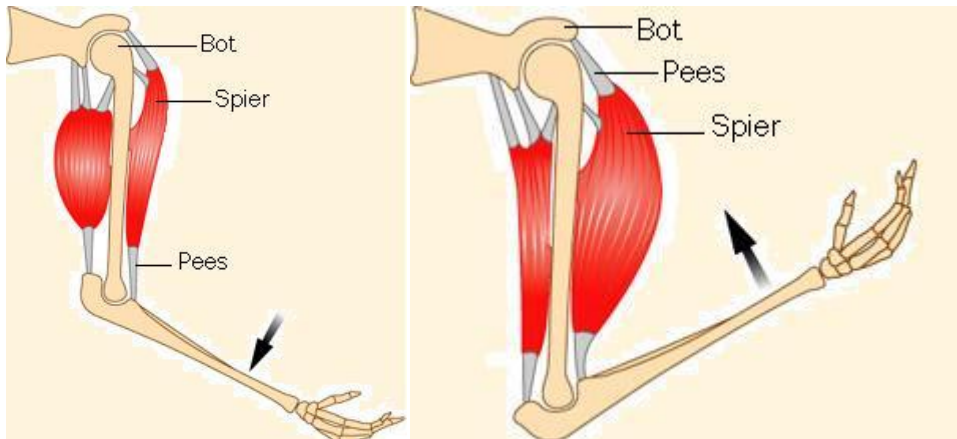
**Je spieren worden aangespannen en weer losgelaten door het bewegen van je vingers of het samenknippen van je vuist. De spieren zetten hierbij uit en dat voel je.**

BRON: experiment 1 is gebaseerd op een oude Slowaakse legende over de Koning Svatopluk, die drie van zijn zonen op deze manier wil laten zien dat als ze samen werken zijn ze sterker dan als iedereen voor zichzelf kiest.



## Vervolg theorie deel 1: Spieren

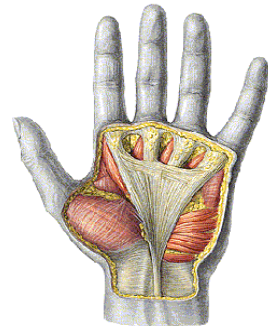
Je hebt nu gezien dat een stokje makkelijk te breken is. Maar als je meerdere stokjes tegelijk probeert te breken wordt dat al veel moeilijker of gaat het zelfs niet meer om ze te breken. Dat is dus de reden waarom onze spieren bestaan uit heel veel vezels en een aantal spierbundels. Een hele dikke spier is dus ook sterker dan een dunne spier. Dat is natuurlijk logisch want hoe dikker de spier, hoe meer vezels erin passen. Je snapt nu dus wel waarom die gewichtheffer veel sterker is dan het model die je op de foto zag.



Zoals het plaatje laat zien, doen de spieren het werk en zorgen voor de kracht om iets te bewegen of op te tillen. Maar aan spieren alleen heb je niet zo veel. Ze zijn vastgemaakt aan de botten via een soort elastiekjes, de pezen. Deze pezen helpen de spieren om de kracht te kunnen overbrengen naar andere lichaamsdelen, meestal de botten.

Je hebt net aan je arm gevoeld en je vingers bewogen. Toen werd er gevraagd hoe je denkt dat dit kan. Weet je het nu wel?

Nou onze vingers zijn verbonden aan de spieren van de onderarm via pezen. Om je vingers te bewegen moeten de spieren in je onderarm langer en korter worden. Onze onderarm spier zit weer vast met verschillende pezen aan de botjes in je vingers. Die pezen geven de kracht door en je vingers gaan dus bewegen. Zo werkt het bijna bij alle spieren in je lichaam. Er zijn ook een aantal speciale spieren die niet aan botten vastzitten, bijvoorbeeld je hart, tong en de spieren van je darmen en maag.



We weten nu dat het maken van bewegingen een samenspel is van de spieren, pezen en botten.



## Extra knutselopdracht: Grijphand/robothand

Maak een knutselwerkje met je eigen hand (volg de aantekeningen).

Wat heb je nodig?

- 1 vel papier
- ongeveer 6 rietjes
- touw
- potlood
- plak/lijm

1. Pak een vel papier, leg je hand erop en trek hem over.
2. Maak je pols niet te smal, liever wat breder en knip je hand netjes uit.
3. Kijk waar je vingers buigen (je vingers op 3 plaatsen en je duim maar op 2 plaatsen) en maak daar een vouwtje in het papier. Je vingers zijn nu verdeeld in 3 stukjes en je duim in 2 stukjes. Een stukje heet een kootje en daar zit ook 1 botje.
4. Knip de rietjes in kleinere stukjes op maat van de kootjes, het rietje moet korter zijn dan het kootje anders buigt je vinger straks niet goed.
5. Plak de rietjes op alle kootjes, zorg dat ze mooi achter elkaar geplakt worden en laat het goed drogen.
6. Neem een draad, niet te kort, en haal hem door de rietjes, begin bij de pols. Bij het laatste kootje tweekeer door het rietje, dan vastknopen of lijmen.
7. Doe hetzelfde voor alle andere vingers.
8. Probeer of alle vingers goed werken, en knoop alle touwtjes bij de pols aan elkaar vast.

Nu heb je een hand nagemaakt. Als je aan het touwtje trekt, wat gebeurt dan?

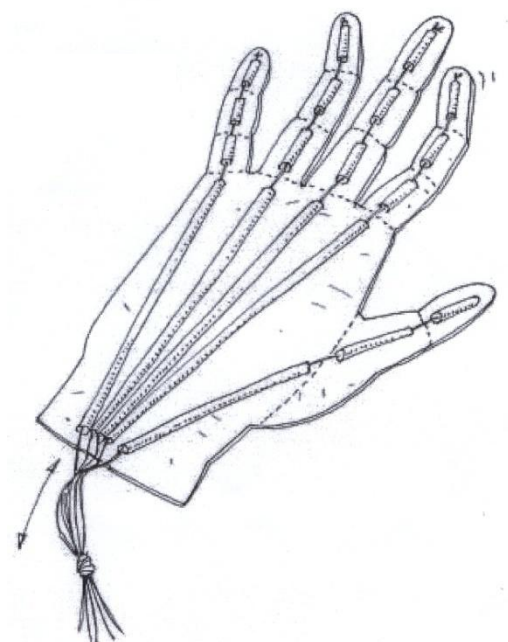
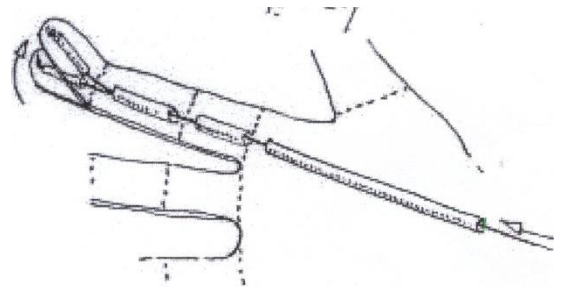
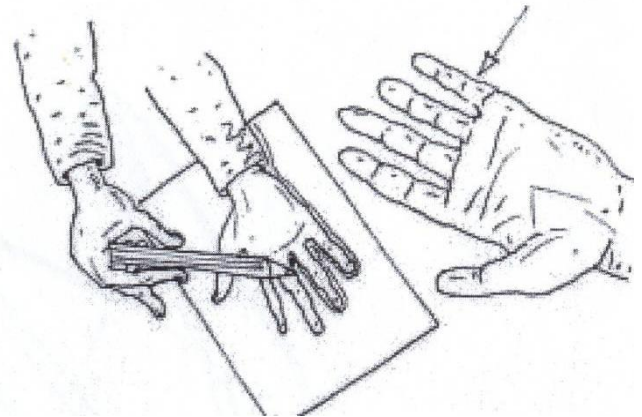
.....

.....

.....

.....

.....



BRON <http://www.ontdekplek.nl/wb/robothand.html>

## Wie niet sterk is, moet slim zijn.

### Theorie deel 2: Hefbomen

In ons lijf hebben we veel spieren waarmee we bijvoorbeeld iets zwaars kunnen optillen. Maar je kunt niet alles optillen, toch? En daarom zijn er een aantal uitvindingen gedaan om het ons makkelijker te maken zware dingen op te tillen of omhoog te krijgen. Want wie niet sterk is, moet slim zijn!

Voorbeelden van deze uitvindingen zijn hefbomen, katrollen en pneumatische kracht of hydraulische kracht.

Een hefboom is eigenlijk een soort wip. Met een hefboom kun je met weinig kracht zware gewichten of een last optillen.

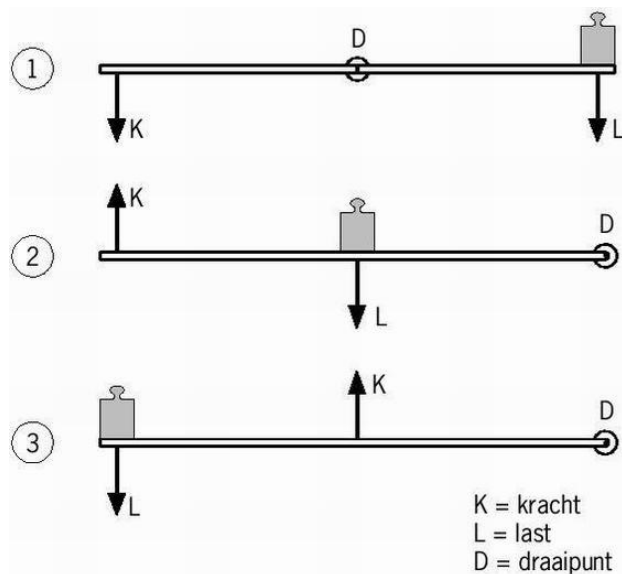
In de techniek is een hefboom een werktuig dat bestaat uit een onbuigzame staaf, die om een vast punt (D) kan draaien en waarmee een last (L) met een kracht (K) kan worden opgetild. Er zijn drie verschillende typen hefbomen, weergegeven in de rechter figuur:

Eigenlijk bestaan er 3 verschillende soorten van hefbomen:

De eerste soort hefboom heeft het steunpunt tussen de kracht en de last in, zoals je ziet op het plaatje bij nummer 1. Deze hefboom noemen we een KDL-type hefboom.

Bij de tweede soort hefboom zit de last tussen het steunpunt en de kracht, zoals in het plaatje bij nummer 2. Deze hefboom wordt een KLD-type hefboom genoemd.

Bij de derde soort hefboom zit de kracht tussen het steunpunt en de last, zoals bij nummer 3. Deze hefboom heet een LKD-type hefboom. Als de kracht en de last met elkaar in evenwicht zijn geldt de volgende rekenformule:  $\text{kracht} \times \text{krachtarm} = \text{last} \times \text{lastarm}$ .



## Werkblad 2: Hefbomen

### Experiment

Voor je zie je een liniaal, een potlood, 10 suikerklontjes en een smurf. Leg de liniaal op het potlood. Het potlood mag niet in het midden liggen. Zet de smurf aan het eind van het kortste stukje van de liniaal. Probeer nu door de suikerklontjes en de smurf op de liniaal te leggen de volgende vragen te beantwoorden.

Bij welk getal op de liniaal moeten 5 suikerklontjes staan zodat de smurf de suikerklontjes tegelijk omhoog kan krijgen?

**?? Lig eraan waar je het potlood onder de liniaal hebt gelegd.**

Waar moeten de suikerklontjes liggen als je nu 8 suikerklontjes op de liniaal legt?

**In principe wordt het gewicht dat de smurf moet verplaatsen groter. Dit betekent dat als je naar de formule kijkt ( $\text{kracht} \times \text{krachtarm} = \text{last} \times \text{lastarm}$ ) de  $\text{kracht} \times \text{krachtarm}$  gelijk blijft omdat de smurf op dezelfde positie blijft staan en even zwaar blijft, de last wordt zwaarder dus om een evenwicht te houden zal de arm van de last kleiner moeten worden. Ofwel de kinderen moeten hier invullen dat de afstand naar het draaipunt kleiner wordt.**

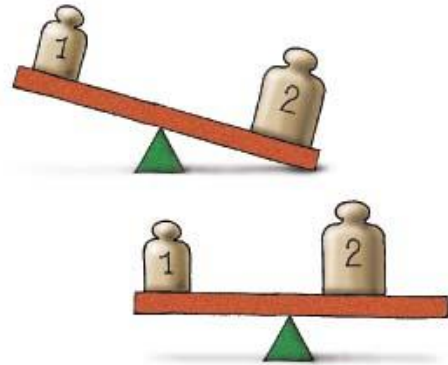
En waar moeten de suikerklontjes liggen als je maar 2 suikerklontjes op de liniaal legt?

**Dit is het omgekeerde als in het vorige experiment. Hier wordt het gewicht van de suikerklontjes (last) minder. Dus zal de lastarm groter moeten worden, om te zorgen dat de smurf de suikerklontjes omhoog krijgt.**

BRON: Kracht: spannende proefjes met krachten en evenwicht; Berger, Ulrike, ISBN: 9789031721313

## Vervolg theorie deel 2: Hefbomen

Zoals je ziet op het plaatje hiernaast kan gewicht 1 (de kracht) niet gewicht 2 (de last) optillen als de afstand van beide gewichten tot aan het steunpunt (hier het driehoekje) gelijk zijn. Maar als de afstand van gewicht 1 tot het steunpunt groter is, dan de afstand van gewicht 2 tot het steunpunt lukt het wel. Dit heb je ook zelf gezien bij de smurf en de suikerklontjes. Als je meer suikerklontjes op de liniaal had liggen moesten ze dichterbij het draaipunt (potlood) liggen zodat de smurf ze omhoog kreeg. Dit heeft allemaal te maken met de rekenformule die we in het begin hebben gegeven:  $\text{kracht} \times \text{krachtarm} = \text{last} \times \text{lastarm}$



Er zijn heel veel verschillende voorwerpen waarbij gebruik gemaakt wordt van een hefboom. En zelfs in ons lichaam zitten hefbomen.

Zoek in de klas of je ergens een hefboom kunt vinden.

**Alle voorbeelden die de kinderen vinden zijn natuurlijk goed, voorbeelden die ze zouden kunnen vinden zijn de deurklink, schaar, weegschaal, wip op het schoolplein, etc.**

Ook in ons lichaam zitten hefbomen. Kun jij er een vinden?

**Armen, benen, vingers, etc.**

Hier zie je een aantal plaatjes van voorwerpen. Teken in de plaatjes waar het draaipunt zit (D), waar de last zit (L) en waar de kracht zit (K). En als je het weet schrijf er dan bij welk type de hefboom is.



1

**KDL (of als kinderen het plaatje andersom bekijken LDK, is hetzelfde)**



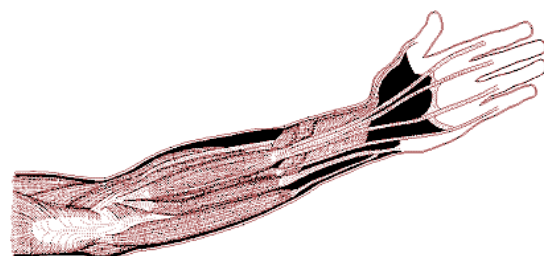
2

**KLD**



3

**LKD**



4

**LKD**



5

**Dit is een moeilijke KDL (of LDK is hetzelfde)**



6

**KDL (of LDK is hetzelfde)**

## Wie niet sterk is, moet slim zijn.

### Werkblad 3: Katrollen

Naast hefbomen zijn er ook nog andere uitvindingen gedaan om je kracht te versterken of vergroten.

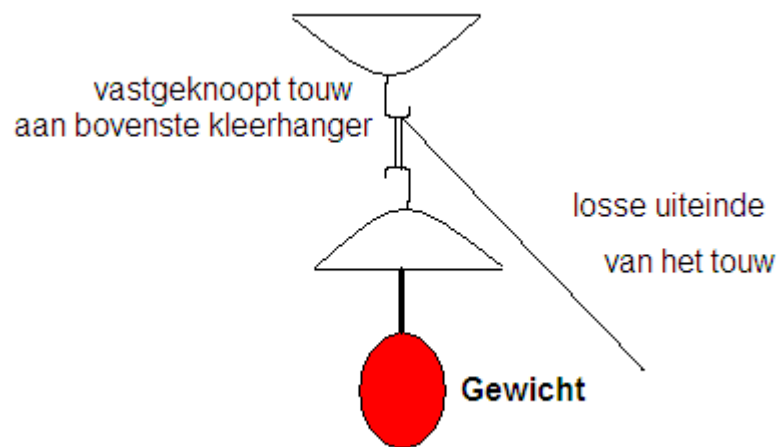
Met behulp van katrollen kun je beweging omzetten in meer kracht. Dat kan heel erg handig zijn!

Met een *katrol* kun je voorwerpen gemakkelijker omhoog hijsen. Verhuizers trekken een piano naar de bovenste verdieping terwijl ze zelf beneden staan. Dit is gemakkelijker dan wanneer ze boven zouden staan. Het touw loopt over een wiel. Dit is de katrol. De katrol verandert de *richting* van de kracht.



#### Experiment

Voor je heb je 2 kleeuhangers, touw en een gewicht (bijv. plastic tasje met een zak suiker erin) dat best zwaar is om op te tillen.



a) Probeer met de kleeuhangers en het touw het zware gewicht op te tillen.

**Hint:** Kijk op het plaatje hierboven.

b) Wind nu het touw minder vaak om de kleeuhangers. Wordt het nu makkelijker om het zware gewicht op te tillen?

**Nee, het wordt juist moeilijker/zwaarder.**

En wat gebeurt er met de hoeveelheid touw die je door de katrol heen trekt?

**De hoeveelheid touw die je door de katrol moet halen om het gewicht even ver omhoog te krijgen wordt minder.**



c) Wat gebeurt er als je het touw vaker om de kleeerhangers windt? Wordt het nu makkelijker om het zware gewicht op te tillen?

**Ja, nu wordt het makkelijker/lichter om het gewicht omhoog te krijgen.**

En wat gebeurt er met de hoeveelheid touw die je door de katrol heen trekt?

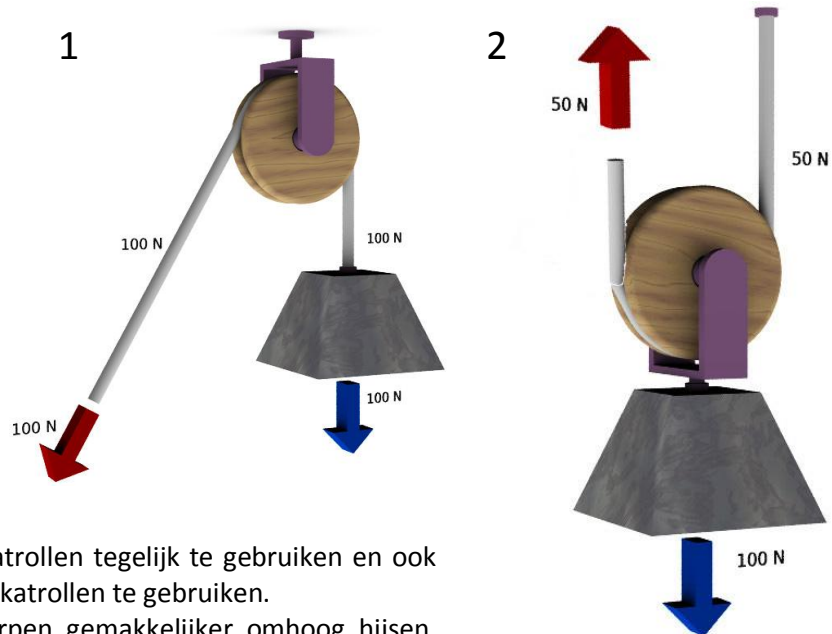
**De hoeveelheid touw dat nu door de katrol getrokken moet worden om het gewicht even ver omhoog te krijgen wordt meer.**

BRON Krachten & eenvoudige apparaten; Richards, Jon, ISBN: 9789054955580

## Wie niet sterk is, moet slim zijn.

### Theorie deel 3: Katrollen

Wat je net gemaakt hebt met de klerenhangers, is eigenlijk hetzelfde als een katrol. Het touw loopt over een wiel, dat is de katrol. Er zijn twee verschillende soorten katrollen, een vaste katrol en een losse katrol. In de figuren hiernaast zie je bij 1) een vaste katrol. De vaste katrol zit vaak vast aan het plafond of aan een hijskraan. Bij 2) zie je een losse katrol, die vaak vast zit aan het voorwerp dat je wilt optillen.



Het is mogelijk om meerdere katrollen tegelijk te gebruiken en ook vaste katrollen samen met losse katrollen te gebruiken.

Met een katrol kun je voorwerpen gemakkelijker omhoog hijsen, want de vaste katrol verandert de richting van de kracht die nodig is om het voorwerp op te hijsen. Je kunt daarom met een vaste katrol over een weg lopen om een zak grind omhoog te tillen.

Een losse katrol verdeelt het gewicht van een voorwerp over meerdere touwen waardoor het makkelijker wordt iets zwaars op te tillen. Ieder touw draagt dan een gelijk deel van het voorwerp. Hoe meer touwen er gebruikt worden, hoe meer het gewicht verdeeld wordt. Dan is er dus minder kracht nodig.

Katrollen werden al gebruikt in de middeleeuwen. Wanneer ze precies zijn bedacht is niet helemaal duidelijk. Tegenwoordig worden katrollen vaak gebruikt door verhuizers, om zware meubelen naar boven te krijgen. En als je ooit op een boot bent geweest zul je misschien ook wel katrollen gezien hebben. Op een boot worden katrollen vaak gebruikt om zware zeilen snel omhoog te krijgen. In de middeleeuwen werden katrollen gebruikt in de oorlogen om bijvoorbeeld een katapult te spannen en goederen boven in pakhuizen te hijsen.

## **Wie niet sterk is, moet slim zijn.**

### **Werkblad 4: Pneumatische kracht en Hydraulische kracht**

Naast hefbomen en katrollen zijn er ook nog andere uitvindingen gedaan om je kracht te versterken of vergroten. Bijvoorbeeld met behulp van hydraulische of pneumatische krachten. Dat zijn moeilijke woorden, maar hydraulische kracht betekent vloeistof kracht en pneumatische kracht betekend lucht kracht. Deze manieren van kracht uitoefenen zie je vaak in auto's, bussen, kranen, graafmachines enzovoort.

#### **Experiment**

Voor je heb je een spuit van 50ml, 20ml, 5ml en 1ml, en een slangetje.

Maak de 50ml spuit vast aan het slangetje en zorg dat de spuit is ingedrukt. Vul de 10ml spuit met water en vul ook het slangetje met water. Maak nu snel de 10ml spuit vast aan het andere uiteinde van het slangetje. Een persoon pakt de 50ml spuit vast en probeert de spuit met 1 duim ingedrukt te houden. De andere persoon pakt de 20ml spuit vast en probeert het water uit de spuit te duwen. Wat gebeurt er?

**Als het goed is kan de persoon die de 50ml spuit vast heeft deze niet met 1 vinger ingedrukt houden. De persoon die de 20ml spuit indrukt hoeft hier ook niet veel kracht voor te zetten.**

Vervang nu de 20ml spuit voor een 5ml spuit (met water), en probeer het opnieuw. Is het nu makkelijker of moeilijker om de 50ml spuit ingedrukt te houden?

**Als je de 20ml spuit vervangt voor een 5ml spuit zal het makkelijker worden voor de persoon die de 50ml spuit vasthoudt om deze ingedrukt te houden. Het kost dus minder moeite. Voor de persoon die de 5ml spuit indrukt is het net zo makkelijk als bij de 20ml spuit.**

En wat gebeurt er als je de 5ml spuit nu vervangt voor een 1ml spuit?

**Natuurlijk wordt het in dit geval helemaal makkelijk om de 50ml spuit ingedrukt te houden. Waarschijnlijk zal de 50ml spuit niet eens bewegen.**

## **Wie niet sterk is, moet slim zijn.**

### ***Theorie deel 4: Hydraulische kracht en pneumatische kracht.***

Het lijken hele moeilijke woorden maar hydraulische kracht betekent vloeistof kracht en pneumatische kracht betekent lucht kracht. Zoals je gezien hebt, kan een vloeistof of gewoon lucht een grote kracht uitoefenen. Zoals je merkte was het onmogelijk om de 50ml spuit ingedrukt te houden met de 20ml spuit. De 20ml spuit was met groot gemak in te drukken, en deze kracht werd doorgegeven aan het water. ***Hoe kan het nou dat je de 50ml spuit niet ingedrukt kunt houden?***

Als je met jouw duim op de spuit drukt wordt jouw drukkracht doorgegeven aan de waterdeeltjes. Jouw spierkracht wordt daarbij verdeeld over de waterdeeltjes die tegen de zuiger van de spuit zitten. Bij de 20 ml spuit duw je met het zuigertje tegen minder waterdeeltjes dan wanneer je met je duim op de 50ml spuit drukt. Als je met dezelfde kracht op de zuiger duwt, worden de geringe hoeveelheid waterdeeltjes in de 20ml spuit meer onder druk gezet dan wanneer je tegen veel meer waterdeeltjes in de 50ml spuit duwt. De druk die je uitoefent op de waterdeeltjes is bij de 20ml spuit dus groter. Ieder waterdeeltje drukt weer op het deeltje daarnaast en zo wordt de druk in een vloeistof doorgegeven aan alle waterdeeltjes. Bij de 50ml spuit is de zuiger groter en drukt daardoor tegen meer waterdeeltjes. Als je daarom met de 20ml spuit de waterdeeltjes onder druk zet, kunnen de waterdeeltjes in de 50ml spuit een nog grotere kracht op een voorwerp uitoefenen dan jij uitoefent, omdat ze met meer waterdeeltjes tegen de zuiger drukken.

In het tweede experiment hadden we geen 20ml spuit, maar een 5ml spuit. Hierbij drukt de zuiger tegen nog minder waterdeeltjes en worden de waterdeeltjes nog meer onder druk gezet. Hierdoor duwen de waterdeeltjes in de 50ml spuit met een nog grotere kracht tegen de zuiger.





Deze manier van kracht overbrengen wordt tegenwoordig ook veel gebruikt. Een voorbeeld daarvan is de brug in een autogarage waarmee de monteur een auto omhoog krijgt. Ook kun je deze krachten vinden in graafmachines en kranen (zie je ze op de foto?).



Nu weet je als het goed is heel veel over spieren, hefbomen, katrollen en hydraulische/pneumatische kracht. **Je hebt heel goed je best gedaan, super!!** Als beloning kun je nu een puzzel vragen aan je juf of meester die je nu als het goed is kunt oplossen met alles dat je geleerd hebt.

## Extra werkblad: Hefbomen/Spieren

Deze vragen zijn erg moeilijk, maar hele snelle en slimme leerlingen zouden deze erg leuk kunnen vinden. Hierna is de versie zonder de antwoorden toegevoegd, deze zou u kunnen kopiëren.

1. Stel dat bij de drie typen hefbomen een evenwicht bestaat tussen kracht en last, en dat daarna het evenwicht wordt verstoord doordat de last verzwaard wordt, wat moet er dan, om kracht en last weer met elkaar in evenwicht te brengen gebeuren met of de kracht of de krachttarm of de lastarm? Aanwijzing: teken de situatie met een grotere last en beredeneer elk geval apart.  
 **$KD \times K = LD \times L$  ( $KD$  = krachttarm = afstand tussen K en D en  $LD$  = lastarm = afstand tussen L en D). Als L toeneemt en het evenwicht moet weer hersteld worden, dan moet of de kracht toenemen, of de krachttarm toenemen of de lastarm afnemen.**
2. Bij de volgende vragen beschouwen we de situatie sterk vereenvoudigd: we houden er geen rekening mee dat spieren in het algemeen scheef aan de botten zitten  
Welk type hefboom is dan:
  - a. de elleboog met de biceps als kracht? **KDL-hefboom**
  - b. de elleboog met de triceps als kracht? **KDL-hefboom**
  - c. het schoudergewricht? **LKD-hefboom**
  - d. het teengewricht als je op je tenen gaat staan? **KLD-hefboom**
  - e. het enkelgewricht als de voet vrij kan bewegen? **KDL-hefboom**
  - f. het gewricht tussen schedel en atlas? **KDL-hefboom**
3. Wanneer de biceps de onbelaste onderarm wil buigen moet er een bepaalde kracht worden uitgeoefend. Deze kracht kun je berekenen. Stel het gewicht van de hele arm op 4 kg, reken voor de onderarm 2 kg en voor de bovenarm ook 2 kg. De lastarm is de helft van de lengte van de onderarm. Ga uit van de situatie waarbij de arm langs het lichaam hangt.
  - a. Waar ligt het draaipunt? **Bij de elleboog**
  - b. Hoe groot is de krachttarm? (Dit kun je schatten, de aanhechting kun je vinden door aan je eigen arm te voelen). **40 cm**
  - c. Met welk hefboomtype hebben we hier te maken? **KDL-hefboom**
  - d. Hoe groot moet de kracht zijn om de onbelaste arm op te kunnen heffen?  **$KD \times K = LD \times L$ :  $0,4 \times K = 0,2 \times 2$ , dus  $K = 0,4:0,2 = 1$  kg**
  - e. Hoe kun je het juiste gewicht van je eigen onderarm bepalen? (de soortelijke massa van een mens is iets groter dan 1, maar gebruik de waarde 1) **Volume x soortelijke massa**
  - f. Moet de triceps kracht uitoefenen om de arm weer te strekken? Zo ja, hoe groot is die kracht? **In dit geval weinig, omdat de arm terugvalt (zwaartekracht)**
4. Stel nu dat je de gestrekte hangende arm vanuit de schouder zijdelings heft. Dan gebruik je de deltaspiër die op de schouder ligt. Neem weer 4 kg als de massa van de hele arm.
  - a. Met welk hefboom type heb je nu te maken? **LKD-hefboom**
  - b. Hoe groot zijn krachttarm en lastarm?  **$KD = 20$  cm,  $LD = 60$  cm**
  - c. Hoe groot is ongeveer de kracht die de deltaspiër moet uitoefenen om de onbelaste arm zijdelings te heffen?  **$L = 4$  kg dus:  $0,2 \times K = 0,6 \times 4$ , dan is  $K = 2,4:0,2 = 1,2$  kg**
  - d. Neem een gewicht, of bijvoorbeeld een stoel, en probeer deze eerst met een gebogen arm en daarna met een gestrekte arm tot schouderhoogte op te tillen. **Met gebogen arm gaat dat gemakkelijker**
5. . Bepaal het grootste gewicht, dat je met een gebogen arm tot schouderhoogte kunt tillen en het grootste gewicht dat je met een gestrekte arm tot schouderhoogte kunt tillen
  - a. Waardoor is er een duidelijk verschil? **Zonder gewicht is er al een verschil in K (namelijk**



**200 gram).**

b. Waarom moet je zware gewichten zoveel mogelijk dicht tegen het lichaam dragen? **Je maakt dan de lastarm zo klein mogelijk.**

c. Een rugzak is beter voor je rug dan een koffer die je met de hand draagt. Leg uit waarom dit zo is. **Ook daar is het principe van de korte lastarm duidelijk.**

d. In landen waar water en andere zaken vaak over flinke afstanden gedragen moeten worden, dragen de vrouwen hun last liefst op het hoofd. Leg uit dat het zo de minste energie kost. Probeer maar! **Ten opzichte van de rugspieren is de lastarm minimaal, mits de nek kaarsrecht is (maar dat gaat vanzelf, want anders valt de last er af!).**

6. Als je op je tenen gaat staan wordt de hiel van de grond geheven, de kuitspieren moeten kracht uitoefenen.

a. Waar bevindt zich het draaipunt? **Aan de enkel**

b. Hoe groot zijn lastarm en krachttarm? **LD = afstand tussen tenen en hiel = 20 cm; KD = afstand tussen tenen en knie = 60 cm**

c. Hoe groot is dus de kracht die de kuitspieren moeten uitoefenen? **Stel L = 60 kg (je eigen gewicht), dan is  $K = 60 \times 0,2 : 0,6 = 20$  kg**

d. Welk hefboomtype is dit? **KLD-hefboom**

7. Verklaar aan de hand van je antwoorden op bovenstaande vragen waarom je gemakkelijk lang achter elkaar kunt lopen en staan, maar niet lang achter elkaar een gewicht kunt dragen (in de hand).

8. De schedel wordt met behulp van de nekspieren de hele dag rechtop gehouden. Bij niet rechtopgaande zoogdieren rust de kop niet op de romp, maar zit ervoor, zodat aan de nekspieren hogere eisen worden gesteld. De achterhoofdsknobbels liggen bij deze dieren veel verder naar achteren, het achterhoofsbeen is dan ook kleiner. (Zo kan men bij fossiele schedels van voorouders van de mens zien of de eigenaar rechtop liep). Stel de massa van de schedel van de mens op 6 kg. Het draaipunt ligt ter hoogte van de achterkant van de oren. Schat de massa van de schedel vóór het oor op 2/3 deel en achter het oor op 1/3 deel.

a. Hoe groot is de lastarm? **lastarm = 1 cm.**

b. Hoe groot is de krachttarm van de nekspieren? **10 cm**

c. Hoe groot is de kracht die de nekspieren moeten uitoefenen?  **$0,1K = 0,01 \times 6$  dus  $K = 0,6$  kg**

d. Is die kracht veel groter dan de last? **Nee**

e. Welk hefboomtype is dit? **KDL-hefboom**

f. Is het inspannend het hoofd de hele dag rechtop te houden? **Nee**

g. Waardoor kan een zeer jonge baby zijn hoofd niet rechtop houden? **Een baby kan nog niet zitten en moet dus zijn relatief zware hoofd alleen met nekspieren en schouderspieren omhoog houden. Deze spieren zijn nog niet erg sterk (het zou voor grotere kinderen en volwassenen trouwens ook behoorlijk inspannend zijn!).**

h. Welke consequentie brengt een andere plaatsing van de schedel bij dieren met zich mee voor de nekspieren? **De nekspieren moeten sterker zijn.**

i. Een mannelijk hert draagt een zwaar gewei op zijn kop, maar alleen in het paarseizoen. Welk probleem zou het dier hebben als hij het gewei ook in de wintermaanden moest dragen? **Er is dan weinig te eten, hij zou toch veel moeten meetorsen.**

## ***Extra werkblad: Hefbomen/Spieren***

Hieronder vind je allemaal rekensommen en vragen die je kunt beantwoorden met de rekensom:  $Kracht \times krachttarm = last \times lastarm$  ( $K \times KD = L \times LD$ ). Het zijn ook vragen die te maken hebben met je spieren en armen.

1. Stel dat bij de drie typen hefbomen een evenwicht bestaat tussen kracht en last, en dat daarna het evenwicht wordt verstoord doordat de last verzwaard wordt, wat moet er dan, om kracht en last weer met elkaar in evenwicht te brengen gebeuren met òf de kracht òf de krachttarm òf de lastarm? Aanwijzing: teken de situatie met een grotere last en beredeneer elk geval apart.
2. Bij de volgende vragen beschouwen we de situatie sterk vereenvoudigd: we houden er geen rekening mee dat spieren in het algemeen scheef aan de botten zitten  
Welk type hefboom is dan:
  - a. de elleboog met de biceps als kracht?
  - b. de elleboog met de triceps als kracht?
  - c. het schoudergewricht?
  - d. het teengewricht als je op je tenen gaat staan?
  - e. het enkelgewricht als de voet vrij kan bewegen?
  - f. het gewricht tussen schedel en atlas?
3. Wanneer de biceps de onbelaste onderarm wil buigen moet er een bepaalde kracht worden uitgeoefend. Deze kracht kun je berekenen. Stel het gewicht van de hele arm op 4 kg, reken voor de onderarm 2 kg en voor de bovenarm ook 2 kg. De lastarm is de helft van de lengte van de onderarm. Ga uit van de situatie waarbij de arm langs het lichaam hangt.
  - a. Waar ligt het draaipunt?
  - b. Hoe groot is de krachttarm? (Dit kun je schatten, de aanhechting kun je vinden door aan je eigen arm te voelen).
  - c. Met welk hefboomtype hebben we hier te maken?
  - d. Hoe groot moet de kracht zijn om de onbelaste arm op te kunnen heffen?
  - e. Hoe kun je het juiste gewicht van je eigen onderarm bepalen? (de soortelijke massa van een mens is iets groter dan 1, maar gebruik de waarde 1)
  - f. Moet de triceps kracht uitoefenen om de arm weer te strekken? Zo ja, hoe groot is die kracht?
4. Stel nu dat je de gestrekte hangende arm vanuit de schouder zijdelings heft. Dan gebruik je de deltaspiër die op de schouder ligt. Neem weer 4 kg als de massa van de hele arm.
  - a. Met welk hefboomtype heb je nu te maken?
  - b. Hoe groot zijn krachttarm en lastarm?
  - c. Hoe groot is ongeveer de kracht die de deltaspiër moet uitoefenen om de onbelaste arm zijdelings te heffen?
  - d. Neem een gewicht, of bijvoorbeeld een stoel, en probeer deze eerst met een gebogen arm en daarna met een gestrekte arm tot schouderhoogte op te tillen.
5. . Bepaal het grootste gewicht, dat je met een gebogen arm tot schouderhoogte kunt tillen en het grootste gewicht dat je met een gestrekte arm tot schouderhoogte kunt tillen
  - a. Waardoor is er een duidelijk verschil?
  - b. Waarom moet je zware gewichten zoveel mogelijk dicht tegen het lichaam dragen?
  - c. Een rugzak is beter voor je rug dan een koffer die je met de hand draagt. Leg uit waarom dit zo is.

d. In landen waar water en andere zaken vaak over flinke afstanden gedragen moeten worden, dragen de vrouwen hun last liefst op het hoofd. Leg uit dat het zo de minste energie kost. Probeer maar!

6. Als je op je tenen gaat staan wordt de hiel van de grond geheven, de kuitspieren moeten kracht uitoefenen.
  - a. Waar bevindt zich het draaipunt?
  - b. Hoe groot zijn lastarm en krachtarm?
  - c. Hoe groot is dus de kracht die de kuitspieren moeten uitoefenen?
  - d. Welk hefboomtype is dit?
7. Verklaar aan de hand van je antwoorden op bovenstaande vragen waarom je gemakkelijk lang achter elkaar kunt lopen en staan, maar niet lang achter elkaar een gewicht kunt dragen (in de hand).
8. De schedel wordt met behulp van de nekspieren de hele dag rechtop gehouden. Bij niet rechtopgaande zoogdieren rust de kop niet op de romp, maar zit ervoor, zodat aan de nekspieren hogere eisen worden gesteld. De achterhoofdsknobbels liggen bij deze dieren veel verder naar achteren, het achterhoofdsbeen is dan ook kleiner. (Zo kan men bij fossiele schedels van voorouders van de mens zien of de eigenaar rechtop liep). Stel de massa van de schedel van de mens op 6 kg. Het draaipunt ligt ter hoogte van de achterkant van de oren. Schat de massa van de schedel vóór het oor op  $\frac{2}{3}$  deel en achter het oor op  $\frac{1}{3}$  deel.
  - a. Hoe groot is de lastarm?
  - b. Hoe groot is de krachtarm van de nekspieren?
  - c. Hoe groot is de kracht die de nekspieren moeten uitoefenen?
  - d. Is die kracht veel groter dan de last?
  - e. Welk hefboomtype is dit?
  - f. Is het inspannend het hoofd de hele dag rechtop te houden?
  - g. Waardoor kan een zeer jonge baby zijn hoofd niet rechtop houden?
  - h. Welke consequentie brengt een andere plaatsing van de schedel bij dieren met zich mee voor de nekspieren?
  - i. Een mannelijk hert draagt een zwaar gewei op zijn kop, maar alleen in het paarseizoen. Welk probleem zou het dier hebben als hij het gewei ook in de wintermaanden moest dragen?

## ***Puzzels***

Als afsluiting van het 'wie niet sterk is moet slim zijn!' project kun je een puzzel uitdelen in de klas. Op de volgende pagina's zijn 3 verschillende puzzels te vinden. Ze maken allemaal gebruik van dezelfde woorden, daarom is het de bedoeling elke leerling 1 puzzel te laten maken, en niet 3. Het is aan jou welke puzzel het leukst/makkelijkst/meest geschikt is voor jouw klas.

## Woordhussel

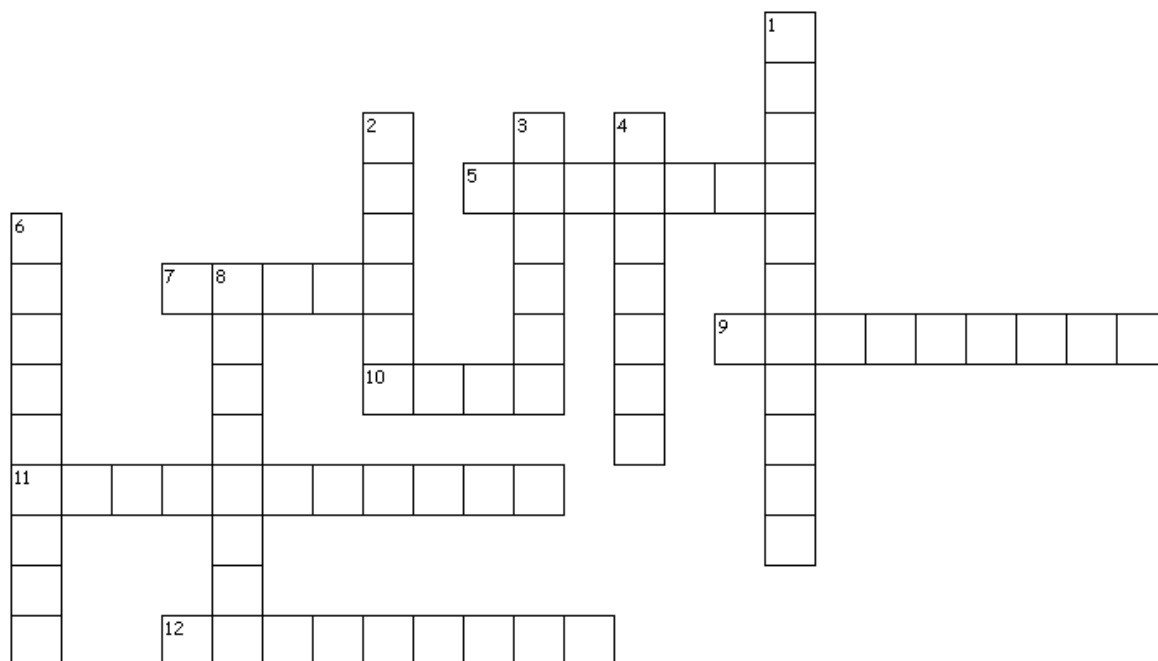
De letters op elke regel vormen een woord dat in de vakjes erachter past. De woorden hebben te maken met de opdrachten van vandaag. De omcirkelde letters vormen samen de oplossing.

FEOMHOB	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>												
CAHYRHUSIDL	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>												
KOTLAR	<table border="1"><tr><td>○</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	○											
○													
TRHKCA	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>			○									
		○											
LATS	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>												
HAICALM	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>												
MIIRPDAE	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td></tr></table>									○			
								○					
TUNMICSHPAE	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td></td></tr></table>											○	
										○			
SRPIE	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>												
TTNUNESPU	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td>○</td></tr></table>										○	○	
									○	○			
NUEZRHEIV	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>				○								
			○										
SOTVFLOEI	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>												
ROVGEER	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td></tr></table>								○				
							○						

--	--	--	--	--	--	--	--

## Kruiswoordraadsel

De in te vullen woorden hebben te maken met de opdrachten van vandaag.



### Horizontaal

- 5. Heel lang geleden
- 7. Dit maakt mensen sterk
- 9. Kan krachten overbrengen
- 10. Dit wil je optillen
- 11. Lucht kracht
- 12. Hier heb je veel kracht voor nodig

### Verticaal

- 1. Vloeistof kracht
- 2. Wiel aan een steunpunt
- 3. Kan je uitoefenen
- 4. Een wipwap is een voorbeeld hiervan
- 6. Hierop draait de as in een hefboom
- 8. Gebouwen in Egypte



## Woordzoeker

Zoek de onderstaande woorden in het lettervak. De woorden kunnen van boven naar beneden, van links naar rechts en schuin in het diagram staan.

H	C	S	I	L	U	A	R	D	Y	H	T	P	N	D
Z	C	S	H	V	L	C	B	N	X	V	N	J	C	R
K	W	S	T	P	U	A	E	K	R	L	U	F	X	O
O	H	O	I	L	I	Z	W	O	U	D	P	H	R	N
X	R	N	W	T	I	R	E	N	E	F	N	E	E	Q
L	A	S	T	U	A	G	A	D	S	R	U	F	L	F
E	N	A	H	G	E	M	T	M	Y	T	E	B	O	U
X	N	R	R	R	F	C	U	H	I	R	T	O	R	H
M	E	H	Q	F	U	K	A	E	C	D	S	O	T	T
V	L	O	E	I	S	T	O	F	N	A	E	M	A	G
H	E	K	J	R	Y	J	L	J	O	P	R	U	K	W
N	I	F	E	K	M	X	M	B	J	R	S	K	R	V
V	E	I	V	M	A	A	H	C	I	L	D	C	E	X
A	P	D	E	S	J	B	M	U	K	F	Q	R	V	C
S	S	R	Q	S	E	M	R	C	P	V	B	Z	F	G

HEFBOOM  
HYDRAULISCH  
KATROL  
KRACHT  
LAST  
LICHAAM  
PIRAMIDE  
PNEUMATISCH  
SPIER  
STEUNPUNT  
VERHUIZEN  
VLOEISTOF  
VROEGER

## ***Achtergrond informatie***

Deze achtergrondinformatie is specifiek voor de docent. Gewoon als extraatje, zodat je geheugen even wordt opgefrist. Op de volgende pagina's staat informatie over spieren, hefbomen, katrollen en hydraulische en pneumatische krachten.

## ***Spiieren***

Meer dan 600 skeletspieren maken het mogelijk dat elk deel van het lichaam beweegt. Ze vormen ongeveer de helft van het lichaamsgewicht en verbinden de verschillende beenderen met elkaar. Ze hebben verschillende vormen en afmetingen, afhankelijk van de functie die ze moeten uitvoeren. Ze bestaan wel allemaal uit dezelfde cellen, namelijk spiervezels. Die vezels kunnen zich rekken en samentrekken. Tijdens het samentrekken zijn de spieren half zo lang als in rusthouding. De kracht die dan ontstaat, hangt af van het aantal vezels dat samentrekt.

### **De Skeletspieren**

De skeletspieren zijn aan de beenderen bevestigd met pezen. Die bestaan uit collageen en zijn heel sterk. Op de plek waar ze aan het been vastzitten, zijn ze het zwakst en kunnen ze scheuren. Alle skeletspieren zijn willekeurig en bestaan uit een verschillend aantal spierbundels die samen in een omhulsel zitten. Elke bundel omvat honderden spiervezels en myofibrillen. Dat laatste bestaan uit twee soorten eiwitten, namelijk actine en myosine, die de spier uittrekken en samentrekken.

### Atleten

Door fysieke inspanningen verbetert de kracht van de spieren. Atleten trainen lang en kunnen zo het volume van hun spiervezels en het aantal bloedvaten dat de spieren van bloed voorziet, verhogen.

### **De samenstelling van spieren**

#### De Vezels

Spieren zijn opgebouwd uit vezels. Deze cilindervormige spiercellen zijn ongeveer 50 tot 100 micrometer in omvang, dit is vergelijkbaar met een haar. De lengte varieert van een paar centimeter tot een meter en ze kunnen over de volledige lengte van de spier lopen. De spiervezels zijn ingepakt in bundels, die men fasciculi noemt. Deze bundels zijn op hun beurt afzonderlijk ingepakt in bindweefsel.

Iedere spiervezel is opgebouwd ook draadachtige strengen. Een moeilijk woord hiervoor is myofibrillen. Deze hebben een diameter van 1 micrometer, ofwel 1/100ste van de dikte van een haar. Deze myofibrillen bevatten myofilamenten, die op hun beurt de proteïnen myosine (dikke vezels) en actine (dunne vezels) bevatten. Deze proteïnen zorgen voor het samentrekken van een spier.

De spierkracht wordt bepaald door de doorsnee van de spier, de lengte van de vezels en het aantal vezels. Door het volgen van een fitness programma kan je de doorsnee van een spier vergroten

Spiervezels kunnen trage of snelle energie leveren. De cellen van de trage vezels beschikken over energiereserves die ervoor zorgen dat ze niet zo snel vermoeid zijn als de snelle vezels. Die kunnen sneller samentrekken maar verbruiken daardoor meteen al hun energie.

#### Spierweefsel

De spieren bestaan uit twee verschillende soorten weefsels, namelijk dwarsgestreepte en gladde. Dan is er nog het weefsel van de hartspier dat lijkt op dat van de dwarsgestreepte spieren maar toch nog andere en unieke eigenschappen heeft. Het dwarsgestreepte weefsel vormt de willekeurige spieren, dat wil zeggen de spieren die een beweging uitoefenen in directe opdracht van de hersenen. (bijvoorbeeld de spieren die we gebruiken tijdens de ademhaling en de vertering).

## De besturing van spieren

Spieren komen niet zomaar in actie, de hersenen zenden signalen uit waardoor de spieren een bepaalde beweging maken. De spieren staan dus in verbinding met de hersenen en de spiervezels worden geactiveerd door de bewegingszenuwen. Eén bewegingszenuw kan ervoor zorgen dat meerdere spiervezels activeren.

Een zenuwcel en een spiervezel samen wordt een motoreenheid genoemd. Wanneer een zenuwcel geactiveerd wordt, zorgt deze ervoor dat alle spiervezels, die met die zenuwcel in contact staan, geactiveerd worden. Het aantal motoreenheden dat ingeschakeld wordt bij het samentrekken van een spier, is afhankelijk van de belasting die op die bepaalde spier wordt uitgeoefend. Als je een licht gewicht opheft, zullen slechts een paar motoreenheden in actie komen. Als het gewicht verzwaard wordt, komen er meer motoreenheden aan te pas en als je een erg zwaar gewicht tilt, zullen (bijna) alle motoreenheden worden ingeschakeld zodat je een maximale kracht kan ontwikkelen. Dus: om de spier zo optimaal mogelijk te trainen, moet de spier onder een zo groot mogelijke druk gezet worden.

Het aantal spiervezels is ook een bepalende factor bij de groei van kracht en spiermassa. Personen die gemakkelijk aan kracht en spiermassa winnen, hebben een groter aantal spiervezels in elke motoreenheid. Het aantal vezels in een motoreenheid is genetisch bepaald en ligt tussen 20 en 500. Een gemiddeld persoon heeft ongeveer 200 spiervezels per motoreenheid. Een groter aantal vezels zorgt voor meer kracht, dit stimuleert een grotere spiergroei.

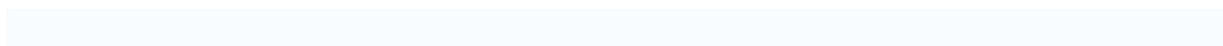
## Samentrekken van spieren

Het samentrekken van de spieren gebeurt voornamelijk met behulp van de proteïnen myosine en actine, dat in de myofilamenten opgeslagen zitten.

Wanneer een impuls van een bewegingszenuw de spier bereikt, ontstaat er een chemische verandering in de spiervezels. De actine-filamenten glijden naar binnen, over de myosine-filamenten. De myosine-filamenten bevatten kleine uitsteeksels die zich uitstrekken naar de actine-filamenten. Op die manier komt myosine in contact met actine. De uitsteeksels draaien en trekken de myosine-filamenten over de actine-filamenten heen. Deze glijbeweging zorgt dat de spier korter en dikker wordt, waardoor ze samentrekt. Als de stimulatie eindigt, gaan de myosine- en actine-filamenten opnieuw uit elkaar en keert de spier terug naar de normale dikte en lengte, die ze in rust heeft.

De kracht die een spier genereert, is afhankelijk van het gewicht dat opgetild wordt en de lengte van de spier. Als de spier zich in rusttoestand bevindt, of iets uitgerekt is, kunnen alle uitsteeksels van de myosine-filamenten contact maken met de actine-filamenten en kan er dus een grotere kracht ontwikkeld worden. Hoe langer de spier is, des te meer uitsteeksels contact kunnen maken tussen myosine- en actine-filamenten, hoe meer kracht de spier kan ontwikkelen.

Wanneer je bijvoorbeeld de biceps traint en je begint met een uitgestrekte arm, zal je meer kracht kunnen ontwikkelen dan als je je arm licht gebogen houdt. De oefening doen met een uitgestrekte arm als beginsituatie zal het trainingsresultaat dus positief beïnvloeden.



# Katrol

Uit Wikipedia, de vrije encyclopedie

Wat achtergrondinformatie over de werking van een katrol.

Een **katrol** is een werktuig waarin de trekrichting van een [touw](#) wordt omgekeerd.

Katrollen worden vaak in sets toegepast. Ze vormen dan een **takel** of blokkenstel, dat het mogelijk maakt een zware last met een beperkte kracht te verplaatsen. Vergelijkbaar met een [hefboom](#), wordt een kleine kracht over een grote afstand omgezet in een grote kracht over een kleine afstand.

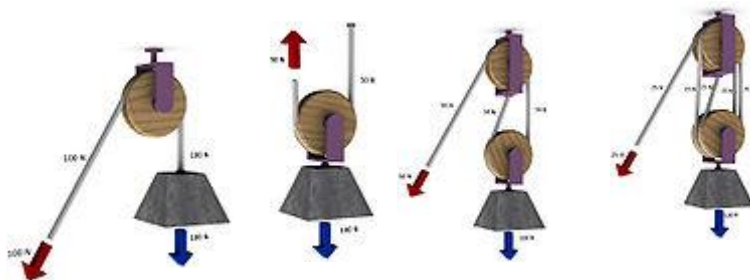
## 4 Opbouw van een katrol

Een katrol bestaat uit een schijf, met een groef op de omtrek, waar het touw in ligt. De schijf draait om een [as](#). De schijf is eventueel voorzien van een [lager](#) om de wrijving met de as te beperken. De katrol is meestal bevestigd aan een vast punt of aan de hijslast. In een katrol kunnen meerdere schijven zijn verwerkt: samen op één as, of verdeeld over meerdere assen.

## 5 Soorten katrollen

Binnen een takel kunnen twee typen katrol voorkomen:

- vaste katrol, of bovenblok
- losse katrol, of onderblok



Een vaste katrol.

Een losse katrol.

Eén losse en één vaste katrol.

Dezelfde assen voor de losse en vaste katrol zijn nu tweemaal gebruikt (de schijven kunnen onafhankelijk van elkaar draaien op dezelfde as).

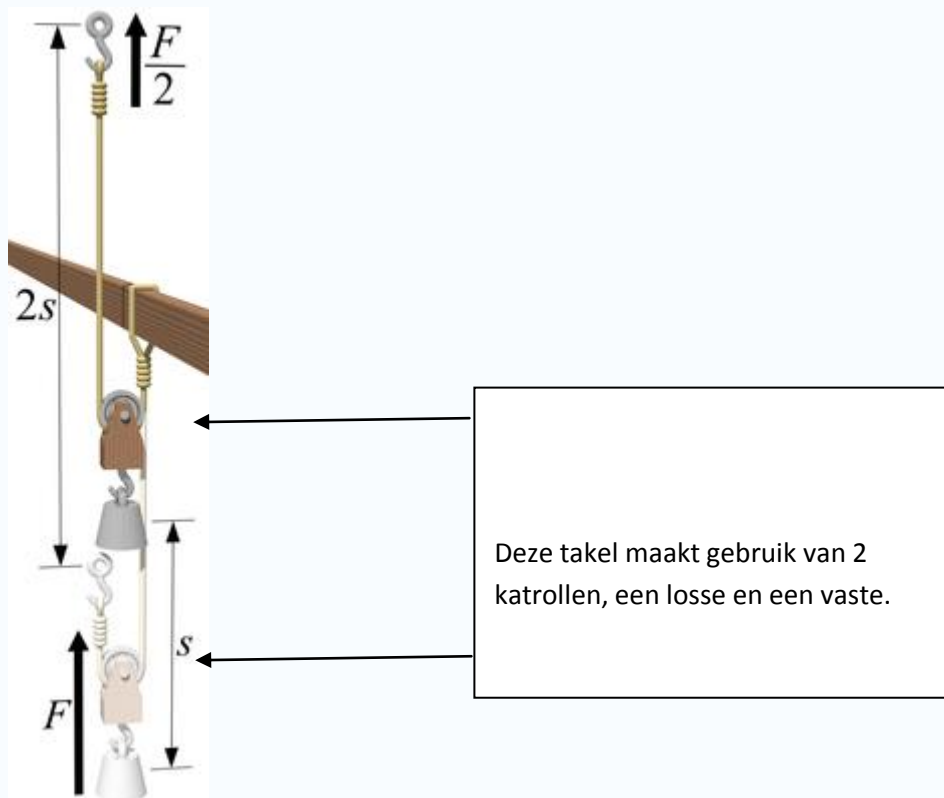
### 3.1 Vaste katrol

De vaste katrol is bevestigd aan een vast punt; bijvoorbeeld de top van een hijskraan. De vaste katrol wordt gebruikt om de richting van de kracht op het touw te veranderen. Er is geen krachtsvermindering door gebruik van een vast katrol.

## 5.2 Losse katrol

De losse katrol wordt bevestigd aan de last, die verplaatst moet worden. Ze zal dus meebewegen met de last. Een losse katrol wordt gebruikt om kracht te verminderen, wanneer er aan het touw wordt getrokken met een bepaalde kracht, zal de last met 2 keer zoveel kracht worden opgetild. Er bestaan ook combinaties van een vaste en een of meerdere losse katrollen, het doel van de combinatie is dan het verder verminderen van de benodigde kracht.

## 6 Krachtsoverbrenging in een takel



### Krachtsoverbrenging in een takel

Wanneer binnen één takel het touw over meerdere schijven heen en weer loopt, verdeel je de benodigde kracht over meerdere lengtes touw. De kracht, die nodig is om de last te hijsen, wordt bepaald door het aantal touwlengtes, dat zich bevindt tussen de hijslast en het vaste katrol. Dit wordt weer bepaald door het aantal schijven, dat in de takel is verwerkt.

Wanneer er 3 lengtes touw heen en weer lopen dan is een derde van de kracht nodig, vergeleken met een enkel touw. Bij 4 lengtes is dit een vierde, enzovoort. Daar staat tegenover, dat de touwlengte die je moet binnenhalen toeneemt. Ook neemt de wrijvingskracht toe met elke extra schijf die in de takel is verwerkt. Om de wrijving klein te houden, worden hiervoor verschillende vormen van mechanische [lagers](#) ingezet.



## 7 Katrollen tegenwoordig

Katrollen worden nog steeds gebruikt:

- Verhuizers gebruiken soms katrollen om zware objecten naar boven te tillen ("touw en blok" in de volksmond).
- Hijskranen hebben bovenin een meeschrijf vaste katrol en onderin een meeschrijf takelblok met daaraan de haak waaraan de last komt te hangen.
- In [garages](#) beschikt men over takels om de [motor](#) uit een auto te kunnen tillen. Vaak worden kettingen gebruikt in plaats van touw.
- Zeilschepen gebruiken takels om grote [zeilen](#) met menskracht te kunnen bedienen, en eenvoudige katrollen om de trekrichting van lijnen te veranderen.

# Hefbomen

## Hefboomwet

Een hefboom is een voorwerp dat draait om een vast punt, het draaipunt. Een bekend voorbeeld is de wip in een speeltuin. De afstand van een kracht op de hefboom tot het draaipunt wordt de arm genoemd. Een hefboom is in evenwicht als de kracht x de arm aan de ene kant, even groot is als de kracht x de arm aan de andere kant. Of in formulevorm:

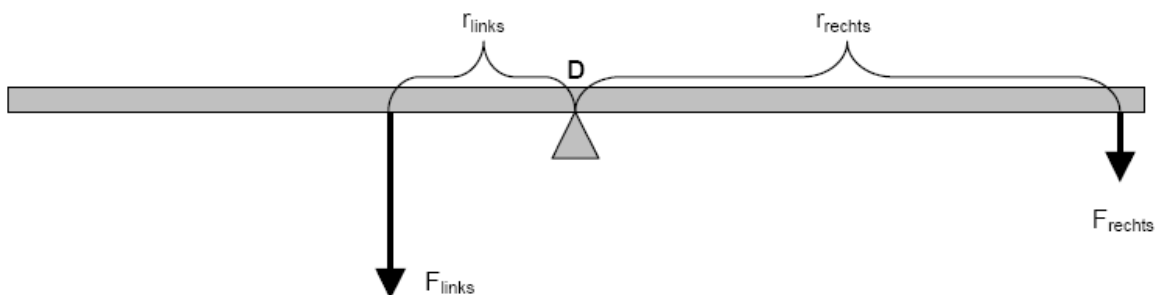
$$F_{\text{links}} \times r_{\text{links}} = F_{\text{rechts}} \times r_{\text{rechts}}$$

## hef·boom (de ~ (m.))

**1** om een as of steunpunt draaibaar lichaam, waarmee het mogelijk is een kleine kracht ver van het draaipunt om te zetten in een grote kracht dicht bij het draaipunt => *lichter, trede*

**2** schakel tussen een kleine oorzaak en een groot gevolg

bron: [www.vandale.nl](http://www.vandale.nl)



Voorbeeldopgave:

Aan de linkerkant van een hefboom werkt een kracht van 10 N met een arm van 0,5 m. Aan de rechterkant van de hefboom wordt op 0,75 m van het draaipunt een kracht op de hefboom uitgeoefend

om de hefboom in evenwicht te houden. Bereken hoe groot deze kracht is.

$$F_{\text{links}} \times r_{\text{links}} = F_{\text{rechts}} \times r_{\text{rechts}}$$

$$10 \times 0,5 = F_{\text{rechts}} \times 0,75$$

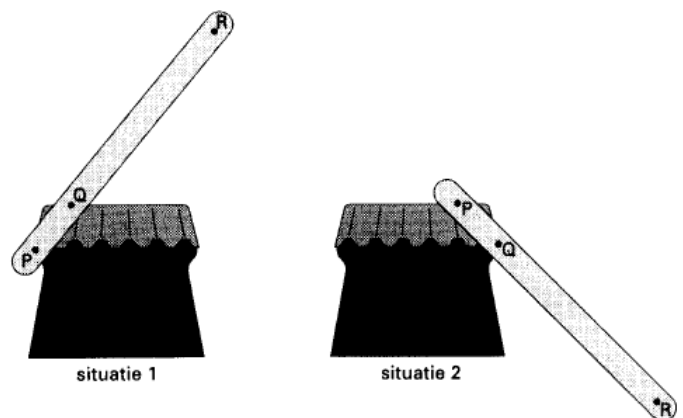
$$F_{\text{rechts}} = 10 \times 0,5 / 0,75 = 6,7 \text{ N}$$

## De hefboom als gereedschap

Bij veel gereedschappen wordt gebruik gemaakt van hefboomwerking om de spierkracht te vergroten.

Denk daarbij aan een breekijzer, een nijptang en een krik. Een enkele keer, bijvoorbeeld bij een pincet, wordt de hefboomwerking juist gebruikt om de spierkracht te verkleinen. Dat het draaipunt niet

altijd tussen de krachten in hoeft te liggen blijkt uit het volgende voorbeeld:



FizX: kracht en beweging klas 3

[www.FizX.jborsboom.nl](http://www.FizX.jborsboom.nl)

In situatie 1 bevindt het draaipunt zich in punt Q. In situatie 2 bevindt het draaipunt zich in punt P. In situatie 2 heeft de spierkracht een grotere arm en zal de kracht op de dop bij een gelijke spierkracht groter zijn.

Bij gereedschappen geldt dat als de benodigde spierkracht kleiner wordt, de afstand waarover deze kracht werkt groter wordt.

## Hefboom

Uit Wikipedia, de vrije encyclopedie

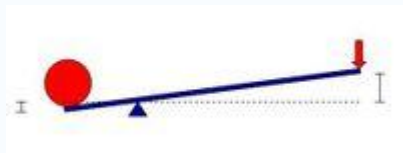
Een **hefboom** is een mechanisme waarmee een kleine [kracht](#) in combinatie met een grote beweging wordt omgezet in een kleine [beweging](#) die een grote last verplaatst, waarvoor een grote kracht nodig is. Dit principe was geformuleerd door de Griekse wis- en natuurkundige [Archimedes](#), die berekende hoe hij met een hefboom de aarde zou kunnen optillen. Van hen is de stoutmoedige uitspraak overgeleverd:

*Geef mij een plaats om te staan en ik beweeg de aarde*

### 7.0 Inhoud

- [1 Algemeen principe](#)
- [2 Formule](#)
- [3 Praktische toepassingen](#)
- [4 Varianten](#)
- [5 Overdrachtelijke betekenis](#)

### 7.1 Algemeen principe



#### Principe van de hefboomwerking

Het natuurkundige principe dat aan de hefboomwerking ten grondslag ligt is de [arbeid](#): kracht maal weg. De kleine kracht grijpt aan op het uiteinde van de lange arm van de hefboom. De verrichte arbeid is het product van de uitgeoefende kracht en de verplaatsing. De last bevindt zich aan het korte uiteinde van de korte arm van de hefboom en ondergaat een kleinere verplaatsing dan de uitgeoefende kracht. De last kan daarmee (veel) groter zijn dan de uitgeoefende kracht. Kracht en arm kunnen elkaar compenseren in hun product, maar de arbeid blijft gelijk. De [katrol](#) werkt volgens hetzelfde principe.

### 7.2 Formule

De klassieke formule luidt

$$L_a \times L = M_a \times M$$

met

- $L_a$  de Lastarm in [meter](#)
- $L$  de Last in [Newton](#) of [kg](#)
- $M_a$  de Machtarm in meter
- $M$  de Macht in Newton of kg

Dit is een bijzonder geval van de [momentenwet](#) die hier als volgt luidt:

- $(\text{kracht} \times \text{arm})_{\text{links}} = (\text{kracht} \times \text{arm})_{\text{rechts}}$

Oftewel

$$F_{\text{links}} \times \text{arm}_{\text{links}} = F_{\text{rechts}} \times \text{arm}_{\text{rechts}}$$

### 7.3 Praktische toepassingen

- [Breekijzer](#)
- [Cantilever](#)
- [Katro](#)
- [Kelniersmes](#)
- [Koevoet \(gereedschap\)](#)
- [Kruiwagen](#)
- [Notenkraker \(gereedschap\)](#)
- [Nijptang](#)
- [Ophaalbrug](#)
- [Patella](#) (knie-schijf)
- [Schaar](#)
- [Steeksleutel](#)
- [Wipwap](#) of [wip](#)

### 7.4 Varianten

Het zelfde principe is ook van toepassing bij sommige [tandwieloverbrengingen](#) voor een draaiende beweging en in weer een andere vorm bij [takels](#). En niet te vergeten in de [speeltuinen](#): de [wipwap](#).

### 7.5 Overdrachtelijke betekenis

Men spreekt in andere vakgebieden ook van *hefboomwerking* wanneer een kleine invloed wordt aangewend om een groot effect te bereiken, bijvoorbeeld in de [economie](#) en de handel in [derivaten](#). Winsten worden relatief groter, maar verliezen ook. Er is meer kans dat zelfs de gehele netto investering verloren gaat, en afhankelijk van het geval kan er ook nog een restschuld overblijven, waarbij er dus aan het eind nog geld toe moet worden betaald.

Voorbeelden:

- Een bedrijf leent geld voor investeringen in kapitaalgoederen, de waarde van de bedrijfsmiddelen is groter dan het [eigen vermogen](#). Bij een [N.V.](#) of [B.V.](#) is de schade beperkt tot de inleg, behalve voor bestuurders, bij grove schuld.

- De aankoopsom van aandelen wordt deels geleend: de waardeverandering van de aandelen is extra groot in verhouding tot het per saldo geïnvesteerde kapitaal. Zie ook [aandelenlease](#).
- Het kopen van [opties](#): de waardeverandering van de onderliggende aandelen is extra groot in verhouding tot de betaalde optiepremie; schade is beperkt tot deze inleg, de kans om die geheel te verliezen is groot.

# ***Pneumatische en hydraulische druk***

## **Pneumatiek**

Uit Wikipedia, de vrije encyclopedie

**Pneumatiek** is de studie van samengeperste [gassen](#) (in de praktijk meestal [lucht](#)), de daarmee mogelijke [schakeltechnieken](#) (ventielen) en de studie van door lucht aangedreven apparaten zoals pompen en cilinders. Pneumatiek valt onder het [vakgebied werktuigbouwkunde](#).

Pneumatiek werd vroeger veel toegepast in de [regeltechniek](#) onder meer voor de uitvoering van [PID-regelaars](#). Tegenwoordig wordt pneumatiek nog veel gebruikt in [klepstandstellers](#) om [kleppen](#) in een productieproces te besturen. Daarnaast wordt het op grote schaal toegepast in de machinebouw, waarbij pneumatische cilinders bewegingen en rotaties verzorgen. De grote voordelen van deze [aandrijftechniek](#) zijn de lage kostprijs, de betrouwbaarheid, de veiligheid en de eenvoudige aansturing.

### 7.6 Toepassingen

- Pneumatische boren (voordeel: overbelasting onmogelijk)
- Pneumatische cilinders (inklemming stukken en dergelijke)
- Lineaire of roterende beweging (pick & place)
- Blaasapparatuur om machines te ontdoen van spanen
- De tractuur in [orgels](#)
- [Compressoren](#)
- Met [zuignappen](#) objecten verplaatsen
- Pneumatische schuurmachines
- Spuiten van verf
- Pneumatisch handgereedschap als slijptollen, hakhamers en zaagmachines

#### 7.6.1 Voordelen

- eenvoudig op te slaan
- Brand- en explosieveilig, bij het verdampen van de smeerolie in de lucht ontstaat een explosief mengsel
- grote bedrijfszekerheid (ook bij lekkages zal de machine blijven doorlopen)
- flexibel
- licht gereedschap
- lage installatie kosten
- besturing is eenvoudig

#### 7.6.2 Nadelen

- Geluidshinder (verbetering door geluidsdempers)
- Hoge energiekosten
- Persluchtsmering, dit is niet gewenst o.a. in de voedingsindustrie. Tegenwoordig is bij nieuwe pneumatiek dit niet meer noodzakelijk aangezien de pneumatische componenten voorzien zijn van vet dat kwalitatief goed genoeg is in vergelijking met de levensduur van het apparaat. Ook mag dit vet in de voedingsmiddelenindustrie gebruikt worden, wat natuurlijk een groot voordeel is.

- Kans op lekke slangen
- relatief lage aanschafprijs (voor lineaire bewegingen veel goedkoper dan met elektriciteit), maar in gebruik duurder vanwege het gebruik van perslucht
- samendrukbaarheid van lucht (moeilijk om te positioneren)

## 8 Hydrauliek

Uit Wikipedia, de vrije encyclopedie



Hydrauliek ([pluniers](#)) op een graafmachine

**Hydrauliek** is een [aandrijftechniek](#) die gebruik maakt van [vloeistof](#) onder (hoge) [druk](#). Het is een onderdeel van de [werktuigbouwkunde](#).

### 8.0 Inhoud

- [1 Types](#)
- [2 Hydraulische onderdelen](#)
  - [2.1 Pompen](#)
  - [2.2 Motoren](#)
  - [2.3 Kleppen, ventielen en schuiven](#)
  - [2.4 Voordelen](#)
  - [2.5 Milieu](#)
  - [2.6 Toepassingen](#)
- [3 Externe links](#)

### 8.1 Types

Er zijn verschillende mogelijkheden om hydraulieksystemen in te delen; de hier gehanteerde indeling is voor discussie open:

- Simpele systemen, zoals die bijvoorbeeld op vuilniswagens worden gebruikt.
- Mobiele systemen zoals deze op graafmachines en dergelijke worden gebruikt.
- Industriële systemen die een hoog rendement en een lange levensduur vragen.
- Speciale systemen

In simpele systemen worden simpele, goedkope componenten gebruikt, zoals tandwielpompen, schottenpompen en schottenmotoren: simpele cilinders die ook niet meer te repareren zijn. Deze systemen werken meestal op lage vermogens van enkele kilowatts en worden gebruikt bij bijvoorbeeld vuilniswagens en betonmixers. De werkdruk blijft meestal onder de 120 bar en de levensduur is beperkt.

Hydraulische systemen worden het meeste toegepast in mobiele systemen als graafmachines, bulldozers en vorkheftrucks. Hier wordt hoge kwaliteit gebruikt. Werkdrukken tot 350 bar zijn geen uitzondering. Er wordt erg veel aandacht aan de rendementen besteed. Lekkages zijn uit den boze en ook geluid is een belangrijke factor. Vaak gaat het bij deze aandrijvingen over grotere series.

Industriële systemen zijn aandrijvingen bij bijvoorbeeld hoogovens, windturbines en aandrijvingen van grote lieren. Bagger- en offshore schepen bevatten ook veel met hydraulische aandrijvingen. Ook bruggen en sluizen worden vaak hydraulisch aangedreven. Het gaat hier vaak om grote vermogens. Dat betekent grote en dus dure componenten. Vaak gaat het hier om [volcontinu](#) aandrijvingen, zodat het rendement, maar ook de levensduurverwachting van de componenten erg belangrijk zijn. Als de levensduurverwachting hoog moet zijn, worden meestal werkdrukken gebruikt die niet hoger zijn dan ongeveer 250 bar.

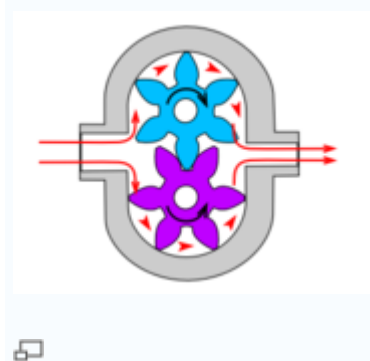
Speciale systemen kunnen bijvoorbeeld (passieve) deiningscompensatiesystemen zijn, waar een aantal cilinders verbonden is met een hydropneumatisch mediumscheider en een gasvolume, waardoor een enorme veer wordt gecreëerd. Deze systemen worden vaak speciaal voor de toepassing ontworpen en er worden kwalitatief gezien de beste componenten ingezet.

## 8.2 Hydraulische onderdelen

Een hydraulisch systeem bestaat in principe uit:

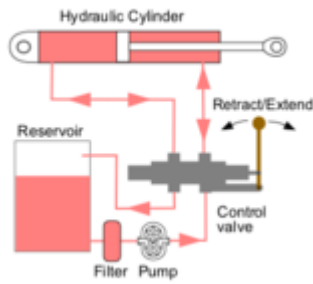
- Generatorisch deel (de pomp, aangedreven door elektromotor of verbrandingsmotor)
- Besturing met leidingwerk
- Motorisch deel (hydraulische cilinder(s) en/of motor(en))
- Hydraulische vloeistof, meestal een [olie](#)

In het generatorisch deel wordt het aandrijfvermogen (toerental en koppel) omgezet in hydraulisch vermogen (debiet en druk). Het hydraulisch vermogen wordt in het motorisch deel van de aandrijving dan weer omgezet in kracht en snelheid (hydraulische cilinder) of toerental en koppel (hydromotor).

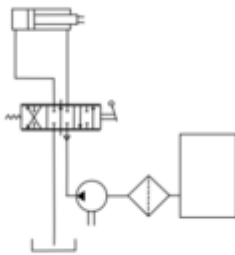


Tandradpomp





Hydraulisch circuit...



...en bijhorend schema

### 8.2.1 Pompen

In de hydrauliek worden uitsluitend verdringerpompen toegepast. Daarbij is het debiet (opbrengst in  $\text{m}^3/\text{sec}$ ) van de pompen min of meer onafhankelijk van de druk. De meeste pompen hebben een constante opbrengst, duurdere typen zijn soms zo uitgevoerd dat het slagvolume kan worden versteld.

Typen pompen:

- [Schroefpompen](#);
- [tandrad- of tandwielpompe](#);
- [schottenpompe](#);
- Axiale [Plunjerpompe](#);
- Radiale [Plunjerpompe](#).

Schroefpompen worden in de regel gebruikt om grote hoeveelheden hydraulische [olie](#) met relatief lage druk te verpompen. Aan boord van schepen had men vaak een constant druk systeem, waarop over het hele schip componenten werden aangesloten; hiervoor werden vaak schroefpompen, die weinig geluid maken ingezet. Tandwielpompen zijn vrij goedkope hydraulische pompen, maar geven een slecht rendement en kunnen ook geen erg hoge drukken aan over een langere tijd. Schottenpompen zijn kwalitatief weer beter dan tandwielpompen en worden ook toegepast vanwege het lage geluid. Voor hogedruk kwalitatief goede hydraulische systemen worden echter meestal (al dan niet verstelbare) axiale plunjerpompen gebruikt. Radiale plunjerpompen worden meestal gebruikt voor drukken van (tot ver boven) 250 bar en voor relatief kleine opbrengsten.

### 8.2.2 Motoren

Men onderscheidt :

- Hydraulische cilinders (lineaire motoren)
- Hydromotoren

Hydraulische cilinders kan men op veel manieren indelen. Allereerst zijn er eentrapscilinders en meertraps (telescoop) cilinders. Er zijn enkelwerkende cilinders, die kunnen worden uitgebracht, of ingetrokken door de hydraulische vloeistof, maar de andere beweging vindt plaats door uitwendige krachten en er zijn dubbelwerkende cilinders die worden ingeschoven en uitgeschoven door de hydraulische vloeistof. Men kan de cilinders indelen in werkdrukranges, bv 0-60 bar, 0-160 bar, 0-220 bar, 0-360 bar enzovoort. Er zijn gestandaardiseerde cilinders waar koppen, bodems, zuigers etc. voor een bepaalde diameter klaar liggen en waar men de buis en de stang nog moet afkorten op de gewenste slaglengte; er zijn echter ook cilinders die geheel opnieuw ontworpen worden. Bij relatief goedkope cilinders ziet men dat de bodem aan het huis gelast is en de kop meestal met een speciale simpele verbinding aan de mantel kan worden bevestigd. Bij iets duurdere cilinders is de kop geschroefd op de buis. Bij de allerduurste cilinders is er aan beide zijden van de cilinderbuis een soort flens gelast, zodat zowel bodem als kop gebout worden aan de cilinderbuis. De zuiger wordt meestal aan de stang geschroefd en dan nog eens geborgd.

Afdichtingen vind je in de zuiger. Dit kunnen zijn speciale afdichtingen voor dit doel ontworpen, of standaard pakketten. Ook tussen cilinderkop en stang vindt men een afdichtingset.

Belangrijk voor de kwaliteit van de cilinder is ook de bescherming van de zuigerstang. Probleem met de zuigerstang is eventuele corrosie en erosie. Om dit te voorkomen wordt de zuigerstang minimaal voorzien van een chroomlaag. Indien er problemen met corrosie te verwachten zijn, voldoet een chroomlaag niet meer zo goed en gaat men over op een Nikkel laag, gevolgd door een chroomlaag. Om de kwaliteit te verbeteren kan men de laagdiktes vergroten, ook is het mogelijk om een roestvast staal als basismateriaal te nemen. Omdat vernikkelen en verchromen meestal erg belastend zijn voor het milieu, zijn er de laatste 10 jaar ook andere systemen voorgesteld, soms gebaseerd op het opdampen van ceramische lagen of het oplossen van inerte materialen.

Hydromotoren worden gebruikt om een roterende aandrijving te verkrijgen. Naar het principe onderscheidt men hier ook weer:

- [tandradmotor](#)
- [Schottenmotor](#)
- [Axiale Plunjermotor](#)
- [Radiale Plunjermotor](#)

Verreweg de meeste hydromotoren hebben een constant slagvolume. Er zijn echter ook verstelbare axiale plunjermotoren, waarbij het slagvolume tot zeg maar 0 kan worden teruggebracht, waardoor de motoren in theorie een oneindig grote draaisnelheid krijgen. Bij verstelbare radiale plunjermotoren kan men een aantal plunjers uitschakelen, waardoor het slagvolume in stapjes kan worden versteld. Ook geldt hier weer dezelfde indeling als bij de pompen. De tandradmotoren en de schottenmotoren zijn relatief goedkoop en hebben een matige kwaliteit. Axiale plunjermotoren zijn kwalitatief erg goed, maar hebben het nadeel dat de toerentallen meestal te hoog zijn voor het apparaat wat moet worden aangedreven. Zo zijn er ook radiale plunjermotoren, die een erg groot slagvolume kunnen hebben en zodoende een lagere snelheid bij een hoog koppel kunnen leveren. Er

zijn superhoogkoppelmotoren, waar de plunjers per omwenteling meerdere bewegingen maken en men slagvolumes van zeg 20 liter kan bereiken.

### 8.2.3 Kleppen, ventielen en schuiven

Tussen de pompen en de motoren (lineair en roterend) worden stuur- en regelementen gebruikt om het hydraulisch systeem te regelen. Kleppen noemt men in het algemeen die componenten die in hun oorspronkelijke vorm een klep op een zitting hebben (terugslagkleppen, veiligheidskleppen, reduceerkleppen, balanceerkleppen etc.). Richtingschuiven/ventielen noemt men die componenten die zorgen voor het sturen en regelen van vloeistofstromen. De laatste componenten zijn vaak elektrisch bediend, soms aan/uit, soms regelbaar. "Stroomregelkleppen" zijn wat dat betreft eigenlijk geen kleppen, maar zijn al dan niet drukgecompenseerde smoringen.

### 8.2.4 Voordelen

- Hydraulische installaties hebben een hogere energiedichtheid dan elektrische machines (met kleinere machines kan een groter vermogen geleverd worden);
- Grote flexibiliteit in plaatsing van de motoren ten opzichte van de pompen;
- De machine kan eventueel onbelast aanlopen.

Nadelen zijn echter het slechte [rendement](#) (vergeleken met een elektrische aandrijving), het vaak erg doordringend geluid en de lekproblemen.

### 8.2.5 Milieu

Veel hydraulische oliën zijn gebaseerd op [minerale oliën](#). Bij lekkage van hydraudraulische olie ontstaat [bodemverontreiniging](#) en daarmee schade aan het milieu doordat minerale oliën [toxisch](#) zijn voor bodemorganismen. Tegenwoordig zijn er goede bio-hydraulische oliën verkrijgbaar, deze zijn gemaakt op basis van plantaardige [oliën](#) en [vetten](#). Ze zijn biologisch goed afbreekbaar en niet toxisch en zijn daarmee goed voor het [milieu](#). Ze worden daarom veel toegepast in de bosbouw, de landbouw, weg- en waterbouw en de scheepvaart.

### 8.2.6 Toepassingen

Hydraulische systemen worden vooral toegepast daar waar grote krachten nodig zijn, met een relatief lage snelheid. Voorbeelden van toepassingen van hydraulische systemen zijn:

- Aandrijving van persen;
- Aandrijvingen en regelingen van walsen bij bijvoorbeeld Hoogovens.
- Aandrijven van mobiele werktuigen als graafmachines, grijpers, vuilniswagens etc.
- Regelen van diverse systemen, zoals turbineregelingen.
- Aandrijving van gereedschapswerktuigen.
- Aandrijvingen aan boord van bagger- en offshore vaartuigen.

## 8.3 Externe links

- [Vereniging Platform Hydrauliek](#)
- [wat is pneumatiek en ook een beetje hydrauliek](#)
- [Platform Milieuvriendelijkere Hydraulische Olie](#)

*Voor de tak van de natuurkunde, die stromende vloeistoffen beschrijft, zie [Hydraulica](#).*

## Extra sites met filmpjes, doe-bladen, experimentjes, etc.:

- 1) [http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20051031\\_hefbomen01](http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20051031_hefbomen01)
- 2) <http://www.e-nemo.nl/>
- 3) <http://www.fi.uu.nl/rekenweb/techplek/> van het Freudenthal Instituut waar je leuke simulaties van onder andere tandwielen, overbrengingen, constructies en een aantal leuke knutselingen kunt vinden.
- 4) <http://www.technika10.nl/>
- 5) <http://www.techna.nl/>
- 6) <http://techniekonderwijs.startpagina.nl/>
- 7) <http://www.proefjes.nl/>
- 8) <http://www.techniekinjeklas.nl/>
- 9) <http://www.hetklokhuis.nl/lees/dossiers/index.cfm>
- 10) <http://www.encyclopedoe.nl/>