

Vooraf: vanuit een zekere historische bespiegeling wordt uitgegaan van de behoeften van mensen tot beheersing van hun omgeving. In dit artikel wordt het thema mechanica meer vanuit een technische insteek benaderd i.p.v. de meer gangbare natuurkundige benadering. Bedoeld als een bron van inspiratie maar ook een beetje een terug naar de "roots" van de techniek.

Six simple machines

Door Theo Last

Om je heen kijkend vind je waarschijnlijk een aantal machines, die je niet als zodanig herkent. Doorgaans denk je aan een machine als complex apparaat zoals een benzinemotor, wasmachine of een graafmachine. Eenvoudige machines zijn overal om ons heen! En toch staan de meeste mensen, die spaghetti met een vork eten of een deur openen, er zelden bij stil belangrijk apparaten zoals bijvoorbeeld deze hefboomen werkelijk zijn!

Probeer na het lezen van dit artikel een lijst te maken van 10 "simple machines" in en rond uw huis. Beantwoord voor iedere machine de vraag of u zonder kunt.

DE EERSTE MACHINES

De geschiedenis van de machine begint met het gebruik van de vuistbijl samen met de schraper en de speerpunt. Dit is het begin van de eerste eenvoudige werktuigen en gereedschappen en niet de industriële revolutie, zoals vaak wordt gedacht. Nood, oorlog en honger, maakt vindingrijk en al vanaf het oude steentijdperk, het Paleolithicum, is de mens bezig geweest zijn natuurlijke omgeving steeds beter te beheersen. Het gebruik van steeds complexere werktuigen en gereedschappen (machines) speelde daarbij een vooraanstaande rol en greep diep op de samenleving in. De geschiedenis van de mens is dan ook niet los te zien van de geschiedenis van dergelijke enkelvoudige werktuigen.

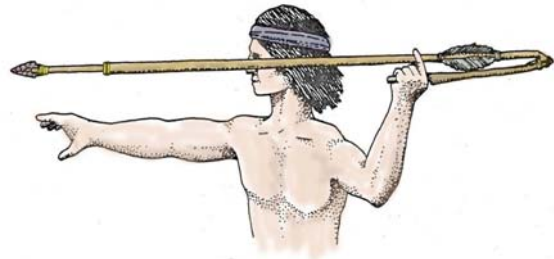
Zo wordt het wiel gezien als een van de oudste en belangrijkste uitvindingen in de geschiedenis van de mensheid, het staat samen met het vuur – 1,5 miljoen jaar eerder –, als de grootste technische prestatie van het stenen tijdperk te boek.

Welke eenvoudige machines werden door de mensen uit het oude steentijdperk gebruikt? Het vroegste stenen gereedschap is een vorm van een **wig**, zoals bijna al het stenen gereedschap. De steel van een bijl of een hamer (zie afb. 2) is een

vorm van een **hefboom** en kan worden beschouwd als een eenvoudige machine.

Ander bewijs van bewust gebruik van eenvoudige machines van voor het Neolithisch tijdperk is niet voorhanden. Het is wel aannemelijk, maar niet te bewijzen, dat de vroege mens hefboomen gebruikten om zware voorwerpen te draaien of op te tillen.

Een belangrijke toepassing van de hefboom dateert van ongeveer 15.000 jaar geleden; de speerwerper of atlatl, een verlenging van de menselijke arm die gebruik maakt van de omzetting van een kleine beweging vanuit de schouder in een grote snelheid van de speer. Omdat de tijdsduur van de beweging niet verandert terwijl de lengte toeneemt, resulteert dit in een hogere snelheid van de worp. Deze hogere snelheid geeft de speer een grotere impuls waardoor de toe te richten schade groter wordt.



Afbeelding 1 Atlatl

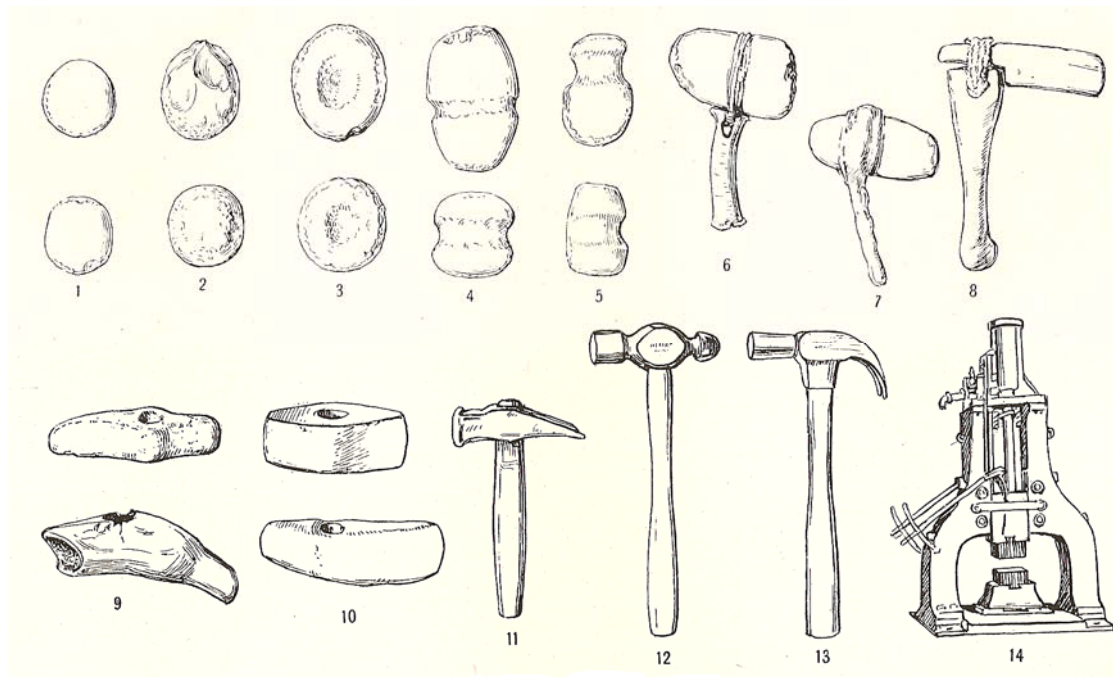
Misschien is de meest verfijnde eenvoudige machine de meervoudige **katrol**, waarin het mechanische voordeel zonder zichtbare hefboomen wordt verkregen. De meervoudige katrol schijnt in de Hellenistische periode, ongeveer 200 jaar voor onze jaartelling, te zijn uitgevonden.

Meer weten!

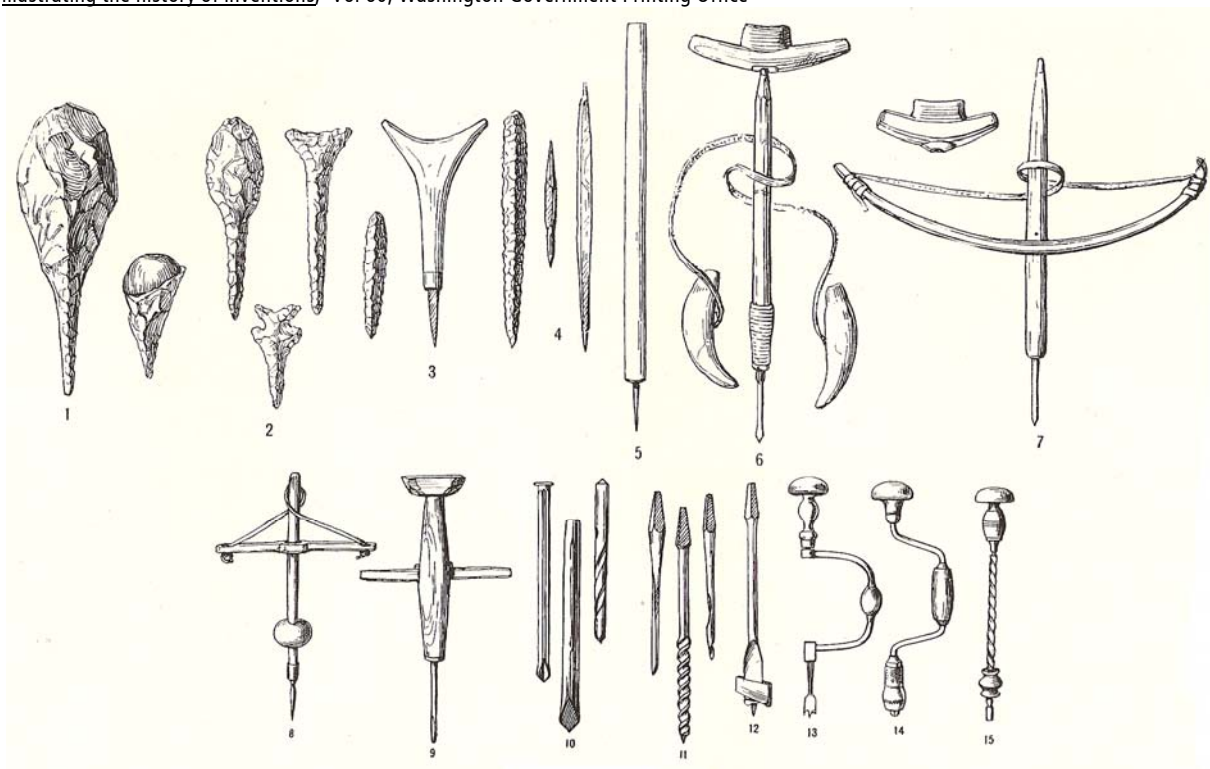
Marie-Louise Ten Horn - Van Nispen; [400.000 jaar maatschappij en techniek](#); 176 pagina's, geïllustreerd; uitgeverij Lemma, Utrecht 1996; ISBN 90 5189 582 8

Carroll Pursell; [Ontdek de technologie](#); 224 pagina's, geïllustreerd; Teleac, Utrecht, ism Kosmos-Z&K Uitgevers, Utrecht 1994; ISBN 90 6533 369X (Teleac)

Voorwerpen zoals robots, bulldozers, fietsen et cetera nemen een centrale plaats in binnen onze hoog technische wereld, maar feit is dat de eenvoudige machines – al duizenden jaren in gebruik - veel belangrijker zijn in ons dagelijks leven. Reden te meer om inzicht te verwerven in de wereld van deze prachtige en eenvoudige machines.



Afbeelding 2 De geschiedenis van de hamer. Walter Hough, (1922), *Synoptic series of objects in the united states national museum illustrating the history of inventions*, Vol 60, Washington Government Printing Office



Afbeelding 3 De geschiedenis van de boor. Walter Hough, (1922), *Synoptic series of objects in the united states national museum illustrating the history of inventions*, Vol 60, Washington Government Printing Office

WAT IS EEN MACHINE?

Machines kunnen op verschillende manieren worden gedefinieerd. Eén van deze **definities** luidt: *Een machine is een mechanisme dat een vorm van beweging of energie in een andere vorm van beweging of energie kan omzetten.* **Werktuigen en gereedschap kunnen hiermee ook onder de (eenvoudige) machines geplaatst worden.**

"Simple Machine": *een eenvoudige of enkelvoudige machine is een mechanisme dat een kracht vermenigvuldigt en/of een kracht van richting verandert en door spierkracht wordt bewogen.*

Eenvoudige machines zijn „eenvoudig” omdat de meesten slechts één bewegend deel hebben en door spierkracht worden bewogen, maar ook om ze van complexe machines te scheiden. Een **complexe** machine is niets meer dan een samengestelde machine waarin twee of meer enkelvoudige machines samen werken. Door begrip van de basisprincipes van deze eenvoudige machines, kan je de werking van complexe machines gemakkelijker begrijpen.

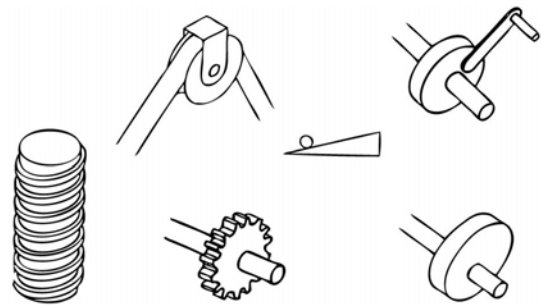
Wanneer wij zeggen dat een machine het voor ons gemakkelijker maakt om het werk (de arbeid) te doen, bedoelen wij dat het minder kracht vereist om de zelfde hoeveelheid werk te doen. Eenvoudige machines verminderen dan ook de hoeveelheid arbeid niet voor ons, maar zij kunnen het ons wel veel gemakkelijker maken. Een eenvoudige machine vermindert de hoeveelheid kracht die nodig is om iets te verplaatsen, maar je verplaatst het over een grotere afstand en verricht daarbij dezelfde hoeveelheid arbeid.

Het begrip „Arbeid” heeft een speciale betekenis in de wetenschap. „Arbeid” wordt slechts gedaan wanneer iets wordt verplaatst. Bijvoorbeeld, wanneer je op een muur duwt, verricht je echt geen arbeid, omdat je deze niet kunt verplaatsen. Arbeid bestaat uit twee delen. De kracht (duw of trekkracht) nodig om het werk te doen. De andere is de afstand waarover de kracht wordt toegepast. De formule voor arbeid (W) is: $W = F \times s$. De kracht (F) is de trekkracht of de duwkracht op een voorwerp. De afstand (s) is de ruimte waarover de objecten zijn verplaatst. De geleverde arbeid is de uitgeoefende kracht die met afgelegde weg wordt vermenigvuldigd.

| |
|--------------|
| Hefboom |
| Katrol |
| Wiel en as |
| Hellend vlak |
| Schroef |
| Wig |

Volgens de eerder genoemde definitie zijn een hamer, een schroevendraaier, een boor (zie afb.3) en een kruiwagen dus ook machines. Als voorbeeld: je kunt een klauwhamer gebruiken om een grote kracht voor het trekken van een spijker te creëren. Een vrij kleine trekkracht op het handvat veroorzaakt een veel grotere kracht bij de klauwen. Wij gebruiken machines om energie om te zetten of van één plaats naar een andere over te brengen. Bijvoorbeeld om de energie van de aandrijving via de koppeling, de trapas, naar de wielen over te brengen. Een ander gebruik van machines moet de resulterende kracht vergroten. Wij gebruiken een systeem van katrollen, bijvoorbeeld een kettingshijsstoestel, om een zware lading op te hijsen. Het katrolsysteem staat ons toe om de lading op te heffen met een kracht die veel kleiner is dan het gewicht van de lading. Wel moeten we deze kracht over een grotere afstand verplaatsen dan de hoogte waarlangs de lading wordt opgetild; en zal de lading dus langzamer dan de ketting bewegen waaraan wij trekken. Deze machine staat ons toe om grote kracht uit te oefenen maar altijd ten koste van snelheid. Machines kunnen ook worden gebruikt om snelheid te vergroten. Het beste voorbeeld hiervan is de fiets. Machines worden ook gebruikt om de richting van een kracht te veranderen.

Er zijn slechts zes eenvoudige (enkelvoudige) machines. Hiertoe behoren *de hefboomen, wiel en as, katrollen, het hellend vlak, de keg en de schroef.*



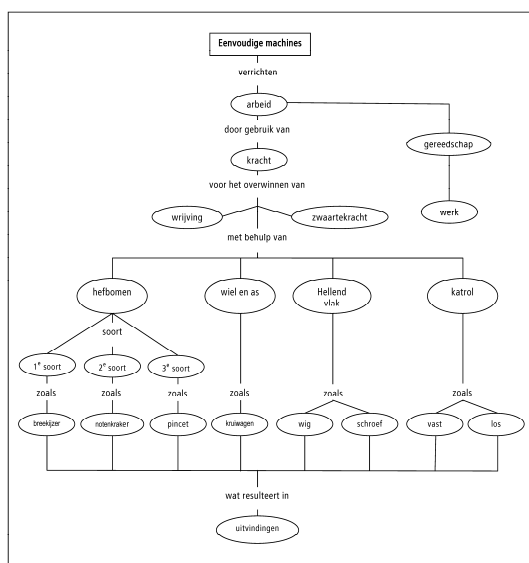
Afbeelding 4 De oude Grieken pasten het hefboomprincipe toe en ontwikkelde de krank, katrol, het hellend vlak en schroef, wiel en as, en de wig.

Geef mij een plaats om te staan en ik til de aarde op. (δοξ ϙ οι που στω και κινω την γην, dos moi pou sto kai kino tèn gèn).

Archimedes van Syracuse (287-212 v.Chr.)

De fysici echter, erkennen slechts twee basisprincipes in machines: die van de hefboom en het hellend vlak. Deze eenvoudige machines vallen onder te verdelen in twee algemene klassen; degene die afhankelijk zijn van de kracht (hellend vlak, wig, schroef) en diegene in welke er een mechanisch evenwicht of torsie is (hefboom, katrol, wiel).

De enkele vaste katrol is wel de "saaiste" eenvoudige machine en verandert slechts de richting. De meeste andere eenvoudige machines zijn variaties op de hefboom of het hellend vlak. Zo is bijvoorbeeld het wiel en de as een roterende hefboom en is de schroef een spiraalvorming hellend vlak.

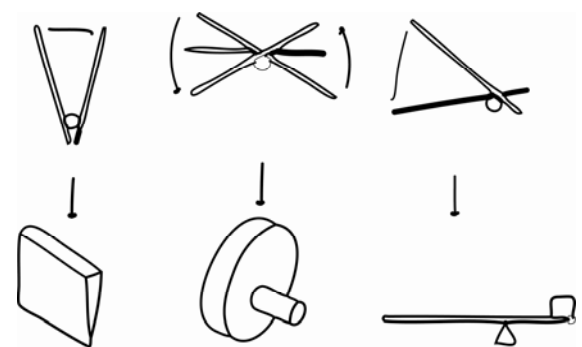


Afbeelding 5 Een voorbeeld van een schematische weergave van het concept "simple machines"

De eenvoudige machines zijn apparaten die wij gebruiken om het werk gemakkelijker te maken. De groep van eenvoudige machines omvat dingen zoals deurenklinken, scharen, blikopeners, wasknijpers en flesdoppen.

Variaties op de lijst van eenvoudige machines: sommigen zeggen dat er slechts vijf eenvoudige machines zijn, redenerende dat de wig een bewegend hellend vlak is. Anderen reduceren de lijst tot vier zeggende dat de schroef een spiraalvormig hellend vlak is. (Afbeelding 6) Deze stelling is minder geaccepteerd omdat een schroef gelijktijdig een draaiende kracht (torsie) overbrengt op een lineaire kracht. Sommigen gaan zelfs nog verder en gaan ervan uit dat er slechts twee eenvoudige machines bestaan, de hefboom en het hellend vlak, omdat een katrol en een wiel en as gezien kunnen worden als unieke vormen van hefbomen.

Begrip van de werking van hefbomen is de sleutel tot een goed begrip van werktuigen. De oude Grieken, in het bijzonder in de persoon van Archimedes, waren zich bewust van het belang van de hefboom en hebben ons laten zien hoe dit principe gebruik kan worden binnen andere werktuigen. Het is hierbij interessant om op te merken dat de Grieken al hun gereedschappen baseerden op het gebruik van de hefboom. Dit impliceert dat alle machines een gemeenschappelijke voorouder hebben. Een hefboom kan als hefboom, als wiel en as en als wig worden gebruikt. (Fig. 6) Volgens deze redenering komen de andere eenvoudige machines dan ook voort uit één van deze drie principes.



Afbeelding 6 Door het, naar verschillende posities, verplaatsen van een hefboom rond het steunpunt ben je in staat om een wiel en as of een wig te vormen

Het is zeer moeilijk om door de dag te gaan zonder een eenvoudige machine te gebruiken. In feite, zijn de machines zo alledaags geworden dat je zelfs moeite zult hebben om ze te herkennen wanneer je ze ziet. Dit artikel is geschreven om je te helpen de verschillende soorten eenvoudige machines te begrijpen, hoe zij werken en om ze te herkennen, en hopelijk, om ze te waarderen en te zien hoe waardevol zij in ons dagelijkse leven zijn. En wat voor ons waarschijnlijk nog belangrijker is, is om dit inzicht overbrengen op je leerlingen. **Waardevol voor de rest van hun leven.**

WELKE PRINCIPES HERKEN JE?



Afbeelding 7 Zoek de principes!



Afbeelding 8 En in deze?

WAT KAN IK ERMEE IN DE KLAS!

Om u een idee te geven wat je met dit onderwerp kunt en hoe leerlingen hier zelf mee aan de slag kunnen, zijn in dit artikel ideeën en middelen verzameld om de eenvoudige machines bij uw leerlingen onder de aandacht te brengen. Als u andere ideeën of suggesties hebt kunt u deze bijvoorbeeld via de community voor techniek of de leermiddelendatabase met uw collega's delen.

Kerdoelen techniek en mens en natuur

Techniek is onderdeel van het leergebied Mens en natuur en levert een bijdrage aan de kerndoelen voor dit leergebied. Specifiek voor de "simple machines" geldt dat het een bijdrage kan leveren aan de kerndoelen:

35. De leerling leert kennis te verwerven over en inzicht te verkrijgen in sleutelbegrippen uit het gebied van de levende en niet-levende natuur, en leert deze sleutelbegrippen te verbinden met situaties in het dagelijks leven.

37. De leerling leert o.a. door praktisch werk kennis te verwerven over en inzicht te verkrijgen in processen uit de levende en niet-levende natuur en hun relatie met omgeving en milieu.

38. De leerling leert te werken met theorieën en modellen door onderzoek te doen naar natuurkundige en scheikundige verschijnselen als elektriciteit, geluid, licht, beweging, energie en materie.

39. De leerling leert door onderzoek kennis te verwerven over voor hem relevante technische producten en systemen, leert deze kennis naar waarde te schatten en op planmatige wijze een technisch product te ontwerpen en te maken. Bron:SLO

Het gebruik van relatief eenvoudige en gemakkelijke projecten kan behulpzaam zijn bij het inzichtelijk maken – begrijpen en verklaren – van natuurkundige principes en concepten. Dit wordt veelal aanzienlijk eenvoudiger door de leerlingen en studenten te laten werken aan schoolactiviteiten waarbij experimenten en het **spelelement** een rol spelen.

"Spelen is leren, dat weet een kind. Al ben je tachtig, in het spel leer je bij. En als leren belangrijker wordt, dan wordt spelen dat dus ook. Het onderscheid tussen werken, spelen en leren zal steeds vager worden."

Hugo Brandt Corstius

INTERMEZZO

Gereedschapsmuseum

In de prachtige binnenstad van Delft ligt aan de Drie Akersstraat, op nummer 9, het gereedschapsmuseum Mensert. Iedere eerste zaterdag in de maand kun je een bezoek brengen aan dit gereedschapsmuseum. Het museum beschikt over een duizelingwekkende collectie handgereedschappen en machines van ondermeer de metselaar, de loodgieter, de schilder en de kuiper. Ik heb al talloze musea bezocht maar dit museum is op dit gebied wel heel bijzonder en indrukwekkend. En mijn opdracht aan u: genieten en het herken de zes werkingsprincipes in deze topcollectie.



Afbeelding 9 Verstelbare Amerikaanse houtboormachine

Ideeën en bronnen

De pagina biedt u geen kant en klaar lesplan maar is "slechts" een verzameling van ideeën en bronnen om u en uw leerlingen te interesseren voor het onderwerp "eenvoudige machines".

Project #1: Rube Goldberg apparaten

Rube Goldberg was een ingenieur en cartoonist die zijn wetenschappelijke kennis en artistieke capaciteiten combineerde in komische stripverhalen. De Rube Goldbergmachines zijn machines die mooie, nutteloze en absurde onnodig gecompliceerde technische oplossingen hanteren voor een doorgaans simpel en alledaagse probleem zoals een ei pellen of een appel door snijden.

Voor leerlingen en studenten is dit zeer uitdagend. Het zorgt voor creativiteit en vergt heel wat inzicht. Voor analytisch denken en toepassingen van fysica is het nuttig. Bovendien is het leuk.

An Automatic Back Scratcher



Afbeelding 10 een Rube Goldberg oplossing.

Flame from lamp (A) catches on curtain (B) and fire department sends stream of water (C) through window. Dwarf (D) thinks it is raining and reaches for umbrella (E), pulling string (F) and lifting end of platform (G). Iron ball (H) falls and pulls string (I), causing hammer (J) to hit plate of glass (K). Crash of glass wakes up pup (L) and mother dog (M) rocks him to sleep in cradle (N), causing attached wooden hand (O) to move up and down along your back.

Er zijn verschillende manieren om dit in uw onderwijs te gebruiken. Natuurlijk kunt u met u klas meedoen aan wedstrijden, een echt werkend Goldberg apparaat laten maken enzovoort. Maar wat ook kan is alleen het laten ontwerpen van een dergelijke machine waarbij leerlingen een affiche maken of een 2d animatie (met behulp van het programma Phun) en aan de hand hiervan laten zien hoe de machine werkt.

Websites:

<http://www.rubegoldberg.com/> De projectwebsite
http://www.break.com/index/best_rube_goldberg_ever.html Een filmpje zoals er talloze op bijvoorbeeld you tube staan.
<http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/projects/q2/rgrub.html> Een rubric voor het beoordelen van een Rube Goldberg project.
<http://www.phunland.com/wiki/Home>

Project #2: Muizevalauto

Leerlingen en student passen hier hun kennis van hefboomen, katrollen en de andere "simple machines" toe om een door een standaard muizenval aangedreven voertuig te maken en te verbeteren. Je kunt ze het hele voertuig laten ontwerpen en maken maar je kan ook een bouw pakket van bijvoorbeeld Opitec (art.nr.: 101.063) aanschaffen, ze dit laten maken en laten verbeteren. Er is op het Internet veel te vinden over muizenvalvoertuigen. Wil je zoeken op het Internet; dan kun je gebruik maken van onder meer de volgende trefwoorden: mousetrapp cars, mousetrapp boats, racers en mouse trap vehicles.

Websites:

<http://www.docfizzix.com/>
<http://users.bigpond.net.au/mechtoys/mouse.html>
<http://www.mousetrap-cars.com/>

Project #3: Hydrauliek in de klas

In de werkstukken van onze collega Huib Visser zijn de principes van de eenvoudige machines veelal goed herkenbaar. Op de website staan veel verschillende modellen. Kijk en geniet!

Website:

<http://home.hccnet.nl/hvisser.5/index.html>

Project #4: Automata

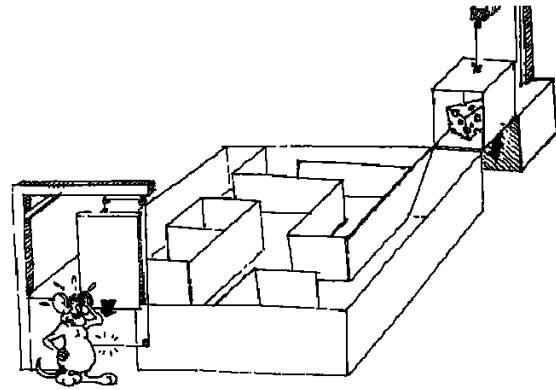
Een automata is speelgoed met een eenvoudige handmatige machine. Het is veelal een combinatie van techniek en creativiteit.

Websites:

Mooie lesbrieven van Monique Noorbergen
www.freewebs.com/lorus14u/werkblad%20automata.doc
<http://automata.co.uk/mainpage.html>
<http://automata.co.uk/>
<http://www.dugnorth.com/automata.aspx>
<http://www.flying-pig.co.uk>
<http://www.cabaret.co.uk/blog/index.php>

Project #5: Muisvriendelijke muizenval

Een ontwerp opdracht waarbij gebruik gemaakt wordt van hefboomen en katrollen. Desgewenst uit te breiden met elektronica.



Afbeelding 11 een muisvriendelijke oplossing?

Website:

<http://www.digischool.nl/tk/constructie/muizenval.html>

Project #6: Domino

Een stukje tekst uit de opdracht voor leerlingen "Opdracht: Bouw een domino project waarbij een overbrenging een reclamebord onthult."

De bedoeling is als volgt: In groepjes van 4 of 5 personen maak je je eigen domino project. Kleine steentjes vormen het startpunt. Van kleine steentjes kunnen steeds grotere stenen aan het vallen gebracht worden. Op een gegeven moment wordt er een overbrenging in werking gezet waardoor er een reclamebord wordt onthuld."

Op 13 juni 2009 was de grootste kettingreactie van de wereld op televisie zien. Tijdens dit evenement werd een indrukwekkende kettingreactie in gang gezet van allerlei voorwerpen behalve dominostenen. De meer dan 10.000 verschillende voorwerpen in een parcours van 33 kilometer. Strategisch denkwerk en een handige opstelling zorgden voor het domino-effect. Dit leverde prachtige beelden op waarmee u het onderwerp hefboomen bij uw leerlingen kunt introduceren.

Websites:

<http://proto5.thinkquest.nl/~kle0006/constructie/domino.html>

<http://www.youtube.com/watch?v=KW18GGGKJQM>

TOT SLOT

Eenvoudige machines; toch niet zo eenvoudig!

Hoewel ik heb geprobeerd om eenvoudige voorbeelden van eenvoudige machines in dit artikel te gebruiken, is het een feit dat veel van de gebruikte voorbeelden samengestelde machines zijn. Kijk bijvoorbeeld eens naar een kurkentrekker. De schroef is snel duidelijk, maar herkende je ook het wiel en de as als een eenvoudig werktuig? Voor wat betreft de ontwikkeling van verdere kennis, vooral met betrekking tot het gebruiken eenvoudige werktuigen in wat meer gecompliceerde machines, probeer dan eens een dergelijke machine te analyseren. Het zal je verbazen hoeveel eenvoudige machines in één apparaat aanwezig zijn.

Kinderen worden van nature gefascineerd door mechanische bewegingen en "simple machines" kunnen dan ook worden gebruikt om te illustreren hoe dingen werken en hoe complexere apparaten zijn opgebouwd uit eenvoudige werktuigen.

Ik hoop dat je van dit korte artikel over eenvoudige machines hebt genoten en hierin aanleiding ziet om deze concepten aan leerlingen te onderwijzen.

| SIMPLE MACHINES | Wat is het? | Hoe ze ons helpen arbeid te verrichten? | Enkele voorbeelden |
|------------------------|---|--|--|
| Hefboom | Een stijve balk die rust op een steunpunt. 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. | Vergroten afstand of vergroten kracht (primaire, secundaire en tertiaire hefbomen) | Nagelknipper, shovel, notenkraak, koevoet, elleboog, pincet, flesopener, schaar, buigtang, ijstang, honkbalknuppel, hockeysticks, bezem, fietsrem, wasknipper, lichtschakelaar, pen, potlood, tennisracket, nietmachine. |
| Hellend vlak | Een hellend oppervlakte die een lager niveau verbind met een hoger niveau | Kracht vergroten en/of afstand | Helling, roltrap, loopplank, glijbaan. |
| Wiel en as | Een wiel met een staaf (as) die in het centrum zijn verbonden en samen bewegen. | Vergroten kracht en/of afstand | Deurkruk, fiets, kraanknop. |
| Katrol / takel | Een gegroefd wiel met een kabel rond het wiel. | Veranderen afstand, vergroot kracht of vergroot afstand | Vlaggemast, kranen, fietsketting |
| Schroef | Cilindrisch hellendvlak | Kracht vergroten | Flesdop, schroef |
| Wig | Bewegend hellend vlak | kracht vergroten | Bijl, schaar, deurstopper. |

INTERNETBRONNEN

Geraadpleegd mei 2009

- www.mos.org/sln/Leonardo/InventorsToolbox.html
- www.mechanismen.be/
- 42explore.com/smplmac.htm
- <http://staff.harrisonburg.k12.va.us/~mwampole/1-resources/simple-machines/index.html>
- www.cosi.org/files/Flash/simpMach/sm1.swf
- www.cdli.ca/CITE/machinessimple.htm
- edheads.org/activities/simple-machines/
- edtech.kennesaw.edu/web/simmach.html
- www.microsoft.com/education/machines.mspix
- www.galaxy.net/~k12/machines/
- www.utm.edu/departments/cece/old_site/third/3A1.shtml
- school.discoveryeducation.com/lessonplans/programs/invention-leonardoslegacy/
- msteacher.org/epubs/science/science10/background.aspx
- www.pbs.org/teachers/sciencetech/inventory/simplemachines-912.html
- <http://www.alexdenouden.nl/artikelen2/hefbomen.htm>

BIBLIOGRAFIE

George Basalla (1993) Geschiedenis van de technologie, isbn 90 5189 582 8

Marie-Louise Ten Horn - Van Nispen; 400.000 jaar maatschappij en techniek; 176 pagina's, geïllustreerd; uitgeverij Lemma, Utrecht 1996; ISBN 90 5189 582 8

Carroll Pursell; Ontdek de technologie; 224 pagina's, geïllustreerd; Teleac, Utrecht, ism Kosmos-Z&K Uitgevers, Utrecht 1994; ISBN 90 6533 369X (Teleac)

Sigvard Strandh (1981) , A history of the machine. ISBN-10: 0880293918