



# perpetuum mobile

~per-pee'-tu-um mo'-bi-lee~

*Worden de gebruikte technieken van het perpetuum mobile ook toegepast in de hedendaagse vormen van energieopwekking*

Allard Boer  
IDR / IPD 4  
BKV  
Hogeschool voor de Kunsten Utrecht  
2009

## Voorwoord

In het afstudeerjaar van de opleiding Industrial Design & Robotics (IDR) aan de Hogeschool voor de Kunsten Utrecht (HKU) wordt een scriptie geschreven en een individueel afstudeerproject gerealiseerd. Graag wil ik de HKU en de begeleidend docent Daan Nolen bedanken voor de hulp bij het realiseren van de scriptie. Tevens gaat mijn dank ook uit naar Marieke, Paul, Martijn, Geert en Roeland voor hun inspiratie, discussie en de controle op de laatste spelfouten.

Ter ondersteuning van het individuele afstudeerproject heb ik ervoor gekozen om het onderwerp van de scriptie hierbij aan te laten sluiten. In mijn afstudeerproject wil ik mezelf als vormgever weergeven in een product of visie door gebruik te maken van een specifieke techniek. Mijn voorkeur gaat uit naar bewegende producten waarvan je de techniek kan zien. Daarbij wil ik uit fascinatie de techniek en de gedachte achter het perpetuum mobile toepassen. Rond mijn tiende probeerde ik met een dynamo en daaraan een elektromotor gekoppeld een oneindig draaiend geheel te maken en een paar jaar later met magneten een eeuwig draaiend toestel te bouwen, zonder succes. De gedachte achter het perpetuum mobile, dat je energie om zou kunnen zetten naar oneindige beweging, leek mij een geweldige uitvinding. Er zouden geen stinkende verbrandingsmotoren meer nodig zijn voor auto's of om elektriciteit op te wekken, de zure regen en het broeikaseffect zouden tot het verleden behoren. Pas later realiseerde ik me dat een perpetuum mobile een utopie is en dat de natuurkundige wetten het principe van een perpetuum mobile onmogelijk maken. Het is niet mogelijk om uit een constructie of mechanisme meer energie te halen als dat er in gestopt wordt, een eigenschap van een perpetuum mobile. Dit neemt niet weg dat de zoektocht naar een perpetuum mobile wellicht tot nieuwe of verbeterde oplossingen heeft geleid binnen de mechanica en daarmee de prestaties van bijvoorbeeld windmolens te hebben verbeterd. Duurzame energiebronnen zoals wind, water en de zon worden tegenwoordig steeds meer benut om duurzame energie op te wekken. Duurzame, vrije of eeuwige energie zijn allemaal vormen van energie die het milieu niet belasten en geen nadelige gevolgen hebben voor toekomstige generaties. Juist deze vormen van energie opwekken zijn nodig om het broeikaseffect en de milieuverontreiniging tegen te gaan. Graag draag ik daar een steentje aan bij. Ik ben niet degene die een perpetuum mobile gaat uitvinden, maar hoop wel dat mijn scriptie anderen en mij genoeg inzicht zal geven om iets te veranderen aan de huidige vorm van energieconsumptie. Door de natuurkrachten die we op aarde hebben op een betere manier te benutten moet het mogelijk zijn om onze energiebehoefte te kunnen stillen.

## Inhoudsopgave

|   | pag. |
|---|------|
| <b>1. Inleiding</b> .....                                 | 5    |
| <b>2. Het perpetuum mobile</b> .....                      | 6    |
| 2.1 <u>Geschiedenis</u> .....                             | 6    |
| 2.2 <u>Basisprincipes van het perpetuum mobile</u> .....  | 6    |
| 2.2.1 Het uit balans brengen .....                        | 6    |
| 2.2.2 Het gebruik van vloeistof .....                     | 7    |
| 2.2.2.1 <i>Zelfwerkende pompinstallaties</i> .....        | 7    |
| 2.2.2.2 <i>Capillaire kracht</i> .....                    | 8    |
| 2.2.3 De toepassing van magnetisme .....                  | 8    |
| 2.3 <u>Onmogelijkheden van een perpetuum mobile</u> ..... | 9    |
| 2.4 <u>Patentaanvragen perpetuum mobile</u> .....         | 10   |
| 2.5 <u>Oplichters en fraude</u> .....                     | 10   |
| <b>3. Natuurkunde</b> .....                               | 12   |
| 3.1 <u>Begrippen</u> .....                                | 12   |
| 3.1.1 Wet van de thermodynamica .....                     | 12   |
| 3.1.2 Wrijving .....                                      | 12   |
| 3.1.3 Rendement .....                                     | 12   |
| 3.2 <u>De invloed van Albert Einstein</u> .....           | 13   |
| 3.2.1 Ether .....   | 13   |
| 3.2.2 Relativiteitstheorie .....                          | 13   |
| 3.3 <u>Kwantummechanica</u> .....                         | 14   |
| 3.3.1 Nulpuntsenergie .....                               | 14   |
| 3.3.2 Vacuümenergie .....                                 | 14   |
| 3.3.3 Toepassing van nulpuntsenergie .....                | 14   |
| <b>4. Techniek</b> .....                                  | 15   |
| 4.1 <u>De industriële revolutie</u> .....                 | 15   |
| 4.1.1 Stoommachine .....                                  | 15   |
| 4.1.1.1 <i>Heron van Alexandrië</i> .....                 | 15   |
| 4.1.2 De verbrandingsmotor .....                          | 16   |
| 4.1.3 Elektriciteit .....                                 | 16   |
| 4.2 <u>De Carnotcyclus</u> .....                          | 16   |
| 4.3 <u>Brandstofcellen</u> .....                          | 16   |
| 4.4 <u>Lagers</u> .....                                   | 17   |
| 4.4.1 Supersmering .....                                  | 18   |
| <b>5. Schone energie</b> .....                            | 19   |
| 5.1 <u>Energie op aarde</u> .....                         | 19   |
| 5.1.1 Geothermische energie .....                         | 19   |
| 5.1.2 Zonne-energie .....                                 | 19   |
| 5.1.3 Windenergie .....                                   | 20   |
| 5.1.4 Waterkracht .....                                   | 20   |
| 5.1.4.1 <i>Hydro-elektrische energie</i> .....            | 20   |
| 5.1.4.2 <i>Blauwe energie</i> .....                       | 20   |
| 5.2 <u>Zoektocht naar energie</u> .....                   | 21   |
| 5.3 <u>Ongebruikte energie op aarde</u> .....             | 21   |
| 5.3.1 Draaiing van de aarde .....                         | 21   |
| 5.3.2 Zwaartekracht .....                                 | 22   |
| 5.4 <u>Spierkracht</u> .....                              | 22   |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| <b>6.</b> | <b><u>De toepasbaarheid</u></b>                  | 23 |
| 6.1       | <u>Problemen</u>                                 | 23 |
| 6.2       | <u>Toekomstige ontwikkelingen</u>                | 23 |
| 6.3       | <u>In welke vorm ik denk dat het mogelijk is</u> | 23 |

|           |                         |    |
|-----------|-------------------------|----|
| <b>7.</b> | <b><u>Slotwoord</u></b> | 25 |
|-----------|-------------------------|----|

|  |  |    |
|--|--|----|
|  | <b><u>Verklarende woordenlijst</u></b> | 26 |
|--|--|----|

**Bronnen**

**Bijlagen**

## **1. Inleiding**

De keuze voor het onderwerp van de scriptie komt voort uit een fascinatie voor de techniek en de gedachte achter het perpetuum mobile. De vraag of de gebruikte technieken van het perpetuum mobile ook toegepast worden in de hedendaagse vormen van energieopwekking vraagt om een brede kijk op de verschillende aspecten die daarmee gepaard gaan. Om deze vraag te kunnen beantwoorden doorloop ik per hoofdstuk de nodige onderwerpen om hiertoe te komen. In hoofdstuk 2 leg ik uit wat een perpetuum mobile is, benoem ik de verschillende principes en komen ook de onmogelijkheden aan bod. Deze onmogelijkheden zijn gebaseerd op natuurkundige wetten die in hoofdstuk 3 genoemd zullen worden waar ik ook verder in zal gaan op de relativiteitstheorie en de kwantummechanica.

In hoofdstuk 4 behandel ik het mechaniseren en automatiseren van handelingen en voortbeweging in relatie tot de industriële revolutie. Het broeikas effect komt aan bod en mogelijkheden tot het verbeteren van het rendement. In hoofdstuk 5 ga ik in op de hedendaagse milieuproblematiek en de opkomst van schone energiewinning. Ik laat zien welke vormen van duurzame energie we inzetten voor onze groeiende behoefte aan elektriciteit en welke energiebronnen we nog zouden kunnen gebruiken. Tot slot haal ik ook onze menselijke spierkracht erbij. In hoofdstuk 6 vindt de samenkomst plaats van alle eerder behandelde onderwerpen om zo de problemen, de toekomstige ontwikkelingen en mijn eigen idee over de toepasbaarheid van de gevonden informatie in een duurzaam product.

In het slotwoord zal ik aangeven in hoeverre en of het principe van een perpetuum mobile in de hedendaagse manier van energie opwekken kan worden toegepast. Daarbij wil ik meenemen in welke mate dit relevant is, gezien de huidige technieken, maar ook achterhalen of er andere mogelijkheden zijn om energie op te wekken. Omdat verschillende natuurkundige processen en hun wetten elkaar tegenwerken, lijkt een perpetuum mobile onmogelijk te kunnen werken. Dit neemt niet weg dat, al eeuwen lang, velen een poging hebben gedaan om een perpetuum mobile te bouwen. Ieder ervan overtuigt de, vooralsnog onmogelijke, oneindige energiebron te kunnen maken.

## 2. Het perpetuum mobile

Het perpetuum mobile betekent in het Latijn letterlijk 'perpetuum' *voortdurend (of eeuwig)* en 'mobile' *bewegend*. Het perpetuum mobile is een denkbeeldig apparaat, bestaande als een gesloten constructie, een bouwwerk, een systeem, wat op zichzelf functioneert, zichzelf aandrijft en zo meer energie opwekt dan dat het verbruikt, zonder toevoeging van energie zoals elektriciteit of een brandstof. Er is onderscheid te maken tussen drie soorten perpetuum mobile. Een perpetuum mobile van de eerste soort wekt energie op uit niets, een perpetuum mobile van de tweede soort is een apparaat dat in staat is warmte geheel om te zetten in mechanische arbeid en een perpetuum mobile van de derde soort is een apparaat met een onderdeel wat eeuwig beweegt. Wanneer dit onderdeel eenmaal in beweging is gezet zal het blijven bewegen totdat het wordt gestopt door een externe<sup>1</sup>.

### 2.1 Geschiedenis

In de geschiedenis van de techniek zijn er vele uitvinders die beweren dat ze een perpetuum mobile hebben vervaardigd en dat deze ook echt werkt. De voornaamste relevante gebeurtenissen, uitvindingen en ontdekkingen in de geschiedenis van het perpetuum mobile staan beschreven in Tabel 1. In de 17<sup>e</sup> tot en met de 19<sup>e</sup> eeuw werd de bron van energie meestal van mechanische oorsprong verondersteld. Het doel van een perpetuum mobile lag in het verleden niet zo zeer in het verkrijgen van gratis energie en was al helemaal niet gebaseerd op het voorkomen van milieuverontreiniging. De toepassingen van toen waren bedoeld om een manier te vinden om praktische handelingen te automatiseren. Zo probeerden ze het watergemaal uit zichzelf water omhoog te laten pompen of een manier te bedenken om tarwe te vermalen.

### 2.2 Basisprincipes van het perpetuum mobile

Door de eeuwen heen zijn verschillende pogingen gedaan om een perpetuum mobile te realiseren. Deze pogingen zijn verzameld door Henry Dircks in het boek "Perpetuum mobile; or a history of the search for self-motive power, from the 13<sup>th</sup> to the 19<sup>th</sup> century." Hierin zijn diverse bouwwerken en theorieën naast elkaar gezet, bekeken en bekritiseerd. Een belangrijke conclusie in dit boek is de herhaling van dezelfde theorieën in latere pogingen tot het bouwen van een perpetuum mobile. Henry Dircks stelt dat er een aantal basisprincipes zijn voor een perpetuum mobile en dat alle pogingen tot het realiseren van een perpetuum mobile hiervan zijn afgeleid.

#### 2.2.1 Het uit balans brengen

Het uit balans brengen van een bewegend deel binnen een constructie kan mechanisch met gewichten, met een vloeistof of door gebruik te maken van het veranderlijk drijvend vermogen van een object. Dit principe kom je vaak tegen in een constructie met een wiel:



Wiel van Bhaskara

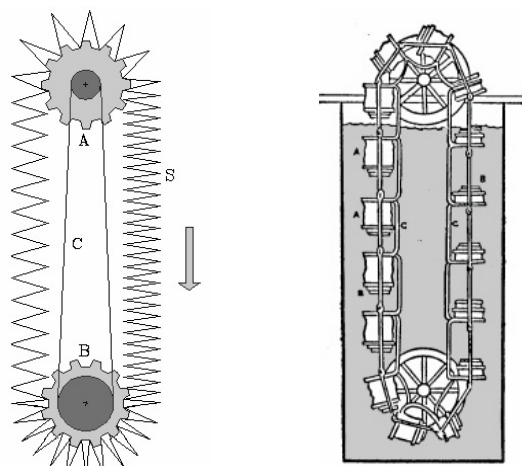


J. Mitz 1658



Blaasbalgwiel voor  
onder water

Een afgeleide hiervan is een constructie met een riem:



Simanek's Silly Slinky Device

Britisch Patent 1330  
Granted in 1857

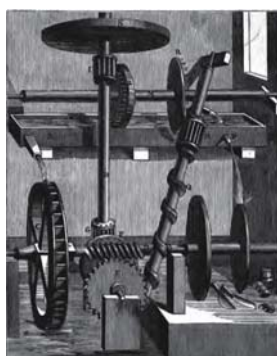
De werking van het uit balans brengen zit in het principe dat een wiel vanuit zijn midden gezien aan één kant continu zwaarder wordt gemaakt waardoor een tuimeleffect ontstaat. De functie van het continu verplaatsen van het gewicht wordt geactiveerd door de draaiing en zo ontstaat een continue rotatie van het wiel.

### 2.2.2 Het gebruik van vloeistof

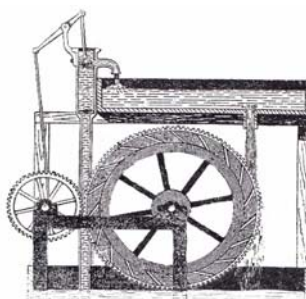
Stromend water is vaak de oorsprong geweest van het idee dat water een eigen kracht zou hebben. Er kon een waterrad mee in beweging worden gezet wat omgezet kon worden in mechanische energie.

#### 2.2.2.1 Zelfwerkende pompinstallaties

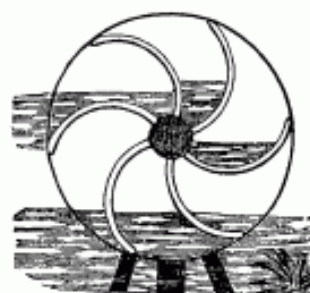
De gedachte dat water genoeg kracht zou hebben om ook zelfwerkende pompinstallaties aan te kunnen drijven is veel toegepast. Voor een deel wordt hier ook een wiel uit balans gebracht waardoor een rotatie ontstaat. Hier wordt de vloeistof alleen weer naar een hoger niveau gebracht via een ander medium, zoals een wormwiel. Het idee is dat enerzijds vallend water een schoepenrad aandrijft, welke weer een wormwiel, of schroef van Archimedes<sup>v1</sup>, aandrijft die het water weer omhoog pompt. Hier zijn ook enkele varianten op gebaseerd.



George A. Bockler  
(1660)



Aandrijfpomp  
(rond 19<sup>e</sup> eeuw)



Persian water wheel

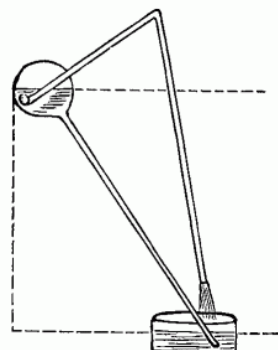
<sup>v1</sup> In de tekst geplaatste noten met een <sup>v</sup> verwijzen naar de verklarende woordenlijst.

### 2.2.2.2 Capillaire kracht

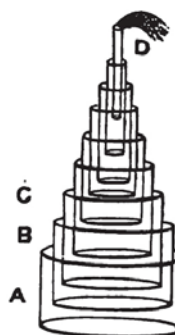
Een ander natuurkundig verschijnsel is capillariteit<sup>4</sup> waarbij een vloeistof in een zeer fijn buisje hoger stijgt dan het omringende vloeistofniveau. Er werd gedacht dat middels deze capillaire kracht het water hoger kon stijgen dan het eigen vloeistofoppervlak. Aan het uiteinde van het fijne buisje valt een druppel weer terug en hiermee zou een capillaire pomp ontstaan.



Zelfschenkende fles van  
Robert Boyle  
(1627-1691)

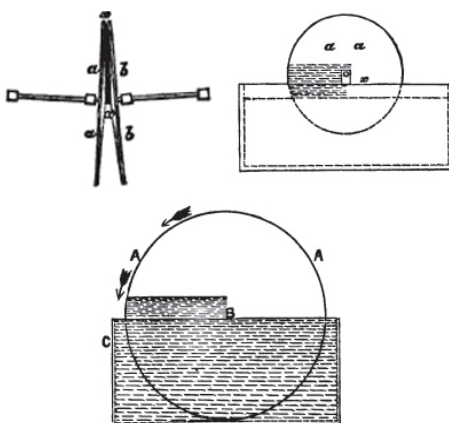


George Sinclair's siphon  
1669



Telescoop piramide  
W. Stephen

Een variant op de capillaire kracht in combinatie met het uit balans brengen van een wiel is de constructie van Johann Ernst Friedrich Lüdeke. Hij maakt gebruik van twee schijven die onder een lichte hoek tegen elkaar en half in een vloeistof zijn geplaatst.

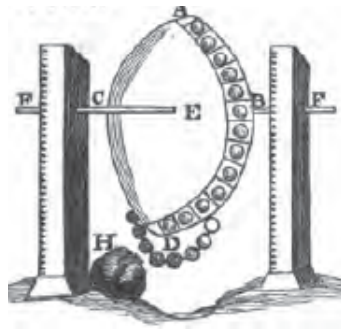


Johann Ernst Friedrich  
Lüdeke 1864 - 1865

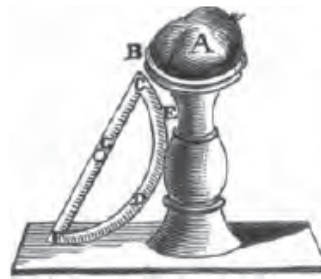
### 2.2.3 De toepassing van magnetisme

Een perpetuum mobile op basis van magnetisme kent prille uitvindingen met een bepaalde mate van knulligheid gezien de geringe kennis. Goed te zien is dat de vroegere creaties nog gebruik maken van magnetiet of een erts met een hoge magnetische waarde.



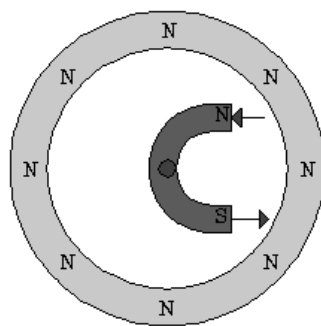


Dr. Jacobus

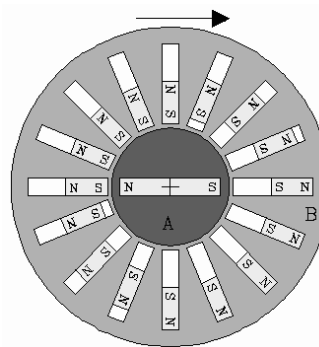


De Hemicyclo van Joannis Theisneri

De kennis van magnetisme en de mogelijkheid om magneten zelf te maken door verschillende metalen met elkaar te legeren is de elegantie van de recentere constructies ten goede gekomen.



Basisprincipe van magnetische motor



Magnetische motor door balansverschuiving

### 2.3 Onmogelijkheden van een perpetuum mobile

Het is niet eenvoudig om aan te tonen waarom de basisprincipes niet werken en waarom ook de complexere afgeleide pogingen niet werkende versies zijn. Zo zijn er bij het uit balans brengen van wielen meer krachten aanwezig die in eerste instantie over het hoofd worden gezien. Bij het continu verschuiven van het gewicht moet onder andere de middelpuntvliegende kracht<sup>v</sup> worden overwonnen wat een verlies van energie betekent. Bij de capillaire pomp zal de druppel nooit ontstaan en vallen. De vloeistof heeft een oppervlaktespanning<sup>v</sup> die meer energie nodig heeft om doorbroken te worden als de capillaire kracht kan opbrengen. Door de verschillende varianten van het perpetuum mobile te bestuderen kan aangetoond worden dat een perpetuum mobile van de eerste soort niet kan bestaan volgens de Eerste wet van de thermodynamica en een perpetuum mobile van de tweede soort niet kan bestaan volgens de Tweede wet van de thermodynamica.

*"He, however, is not exempt for embarrassments. They are mostly of a nature not to be particularly described. But they all terminate in one; his machine won't go." <sup>2</sup>*

Volgens de wet van de thermodynamica, verder uitgelegd in hoofdstuk 3.1.1, is het onmogelijk dat er meer energie ontstaat dan dat het systeem verbruikt. Om deze reden bestaat het perpetuum mobile tot op heden nog niet en wordt vooralsnog aangenomen dat het onmogelijk is om een werkend perpetuum mobile te realiseren. Er wordt ook gesproken van een perpetuum mobile van de nulde soort<sup>v</sup>. In de onderscheiding van de verschillende soorten perpetuum mobile ligt een directe link met de verschillende wetten, in dit geval de nulde wet,

van de thermodynamica. De overeenkomst tussen een perpetuum mobile van de nulde en tweede soort wordt als hetzelfde beschouwd<sup>3</sup>.

Een perpetuum mobile van de derde soort wordt niet als onmogelijk beschouwd, maar wijkt ook af van een perpetuum mobile van de eerste en tweede soort omdat er eerst energie aan wordt toegevoegd. Een voorbeeld van een perpetuum mobile van de derde soort is bijvoorbeeld een spinnende satelliet in een baan rond de aarde.

De zoektocht naar een perpetuum mobile is een oneindig levenswerk. Als je genoeg geld hebt voor materialen, genoeg tijd hebt om te bouwen en nog meer tijd hebt om je bouwwerk te verfijnen en aan te passen, dan is je leven te kort en het resultaat zal een mislukt perpetuum mobile zijn.

*"The pursuit of perpetual motion appears too pleasing a puzzle to some minds for them ever to abandon its tantalizingly impossible solution."*<sup>4</sup>

Wellicht is de zoektocht zelf een perpetuum mobile.

#### 2.4 Patentaanvragen perpetuum mobile

Er worden regelmatig patentaanvragen ingediend van constructies die het tegendeel zouden bewijzen, voor een mogelijk werkend perpetuum mobile. Door een toevoeging in de aanvraagprocedure blijven deze slechts beperkt tot aanvragen. Zo heeft het United States Patent and Trademark Office (USPTO) een specifieke clause toegevoegd aan hun aanvraagvoorwaarden met betrekking tot het perpetuum mobile:

*"With the exception of cases involving perpetual motion, a model is not ordinarily required by the Office to demonstrate the operability of a device. If operability of a device is questioned, the applicant must establish it to the satisfaction of the examiner, but he or she may choose his or her own way of so doing."*

Deze clause verplicht de patentaanvragers een werkend model te kunnen tonen, anders wordt de aanvraag niet verwerkt en zal er geen patent komen.<sup>5</sup> Deze clause is in een zelfde vorm ook opgenomen bij het United Kingdom Intellectual Property Office (UK-IPO) en de European Patent Classification (ECLA). Om de term "perpetuum mobile" te omzeilen worden daarom uitvindingen van een afwijkende naam voorzien zoals "Magnetic propulsion device", "Piston Driven Rotary Engine" of "Spring driven apparatus". Hierdoor kan niet over het hoofd worden gezien dat er door vernieuwingen in de hedendaagse techniek ook steeds kleinere onderdelen beschikbaar zijn. De innovaties in de hedendaagse techniek stimuleren dan ook nog steeds de utopisten die denken dat die onderdelen er nu opeens wel voor zorgen dat hún perpetuum mobile zal werken.

#### 2.5 Oplichters en fraude

Bedenk dat degene die een werkend perpetuum mobile uitvindt misschien wel de machtigste persoon van de hele wereld wordt. De reden dat velen nog steeds op zoek zijn naar een werkend perpetuum mobile zit in de oneindige bron van energie. Dit kan een beweging zijn en dus ook omgezet worden naar elektriciteit. Wellicht dat daarom ook oplichters met trucage apparaten lieten bewegen en zo een vals perpetuum mobile toonden.

*Two thousand years or more ago,  
Philosophers their skill to show,  
The problem sent both far and wide,  
To make machines vie with the tide;  
Their centre lasting as the Sun,  
With weights, like stars, their course to run.*

*This sublime problem with delight,  
Has student pos'd to prove it right,  
And equally to prove it wrong;  
In argument each side's so strong.  
Yet centuries cannot suffice  
Perpetual Motion to surprise.*

*Still, restless minds are much disturb'd  
That Nature's laws will not be curb'd  
By tricks of Art exceeding rare,  
While Nature finds mere tricks they are;  
Whose massy worlds with even poise,  
In endless motion mock man's toys! <sup>6</sup>*

### 3. Natuurkunde

De werking van een perpetuum mobile of een generator die energie levert aan een aandrijver die weer de generator aandrijft wordt betwijfeld. Tot nu toe is in alle gevallen echter altijd de opgewekte energie kleiner dan de benodigde energie om de beweging in stand te houden.

#### 3.1 Begrippen

Door een aantal natuurkundewetten is het onmogelijk om een oneindige bron van energie, in de vorm van een perpetuum mobile, te creëren. Een belangrijke verklaring is te vinden in de Wet van de thermodynamica. Daarbij zal energie verloren gaan bij bewegende onderdelen, door de wrijving tussen de oppervlaktes en de weerstand door lucht en de zwaartekracht. Hierdoor zal een rendement van 100% nooit gehaald worden.

##### 3.1.1 Wet van de thermodynamica

De technieken die gebruikt zijn streven allemaal het doel na om het bouwwerk uiteindelijk meer energie te laten opleveren dan dat erin gestoken moet worden. Dit is juist het principe van een perpetuum mobile, maar zeker in strijd met de Wet van de thermodynamica. De Wet van de thermodynamica of Wet van behoud van energie bestaat uit een Eerste en Tweede Hoofdwet. De Eerste wet van de thermodynamica stelt dat energie niet verloren kan gaan noch uit het niets kan ontstaan. De Tweede wet van de thermodynamica houdt in dat warmte alleen van een voorwerp met hoge temperatuur naar een voorwerp met een lagere temperatuur kan stromen. In andere woorden neemt de entropie van een geïsoleerd systeem dat niet in evenwicht is, in de loop van de tijd toe, tot het maximum voor dat geïsoleerde systeem is bereikt. De toestand met de maximale entropie is de evenwichtstoestand.

##### 3.1.2 Wrijving

Wrijving is het natuurkundige begrip dat de weerstandskracht aanduidt, die ontstaat als twee oppervlakken langs elkaar schuiven, terwijl ze tegen elkaar aan gedrukt worden. De wrijvingskracht leidt zoals elke kracht tot een versnelling. Alleen werkt de wrijvingskracht altijd in tegengestelde richting als de beweging en geeft dit een negatieve versnelling, ofwel vertraging. Een bewegend voorwerp, dat alléén wrijving en verder geen andere krachten ondervindt, gaat dus steeds langzamer bewegen tot het stil staat. Wrijving genereert warmte en wordt als een verlies gezien in een energiekering. Zo zal er van de energie die je in een voorwerp stopt om deze in beweging te zetten altijd energie verloren gaan en zal het voorwerp weer tot stilstand komen<sup>2</sup>.

Wanneer alle krachten en energie worden vergeleken met alle verliezen zoals wrijving of weerstand zal er in theorie en praktijk een evenwicht ontstaan. Als je een bouwwerk niet in beweging zet door middel van een duwtje of een andere externe energie, zal deze niet bewegen. De constructie is in evenwicht, in rust, en staat stil. Dit evenwicht is eveneens de remmende factor wanneer er door middel van een externe kracht eerst energie aan de constructie wordt toegevoegd. Daarbij wordt niet meer gesproken over een perpetuum mobile als er extern een kracht wordt toegevoegd aan de constructie, bijvoorbeeld door middel van een duwtje.

##### 3.1.3 Rendement

Rendement bij energieomzettingen is de verhouding tussen de uitgaande energie en de energie die er in gaat. Als de energie die een constructie oplevert gelijk is aan de energie die erin gestoken wordt dan is het rendement 100% (of 1). Het rendement bij energieomzettingen is de verhouding tussen de uitgaande energie en de energie die er in gaat. Doordat er altijd verliezen zijn zal het rendement

nooit groter zijn dan 100% (of 1). Het streven bij een perpetuum mobile is een rendement wat groter is dan 100% en daarom onmogelijk<sup>8</sup>. In de huidige techniek zijn om deze reden verschillende soorten lagers te vinden die wrijving en weerstand proberen te verlagen en zo een hoger rendement te krijgen.

### 3.2 De invloed van Albert Einstein

Natuurlijk was ook de fascinatie voor de eeuwige beweging een belangrijke motivatie voor een perpetuum mobile. Vanaf de 19<sup>e</sup> eeuw tot nu is er een grote groei in de techniek geweest. Veel van de mechanische ideeën voor het perpetuum mobile werden vervangen door elektriciteit, magnetisme of resonantie.

In 1905 verscheen de publicatie "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" (*Over de elektrodynamica van bewegende lichamen*) van Albert Einstein (1879 - 1955). Hierin ging Einstein van het vastgestelde feit uit, dat elektromagnetische trillingen in vacuüm, in alle richtingen gemeten vanuit ieder object, precies dezelfde snelheid hebben. Dit had zeer vreemde consequenties. De publicatie leidde tot andere denkbeelden over ruimte, tijd en de voortplanting van licht. De noodzaak het bestaan van een ether te postuleren kwam toen eigenlijk te vervallen. Toch is hiermee niet bewezen dat de ether niet zou kunnen bestaan<sup>9</sup>.

#### 3.2.1 Ether

Ether was tot aan het begin van de 20e eeuw de stoffelijke tussenstof die voortplanting van licht en andere elektromagnetische straling mogelijk maakte. In een mechanisch wereldbeeld heeft licht, net als geluid, een veerkrachtig medium nodig om zich te verplaatsen. Men kende aan deze tussenstof eigenschappen toe als veerkracht of elasticiteit en absolute rust of stilstand. De ether drong ook door alle stof heen en vulde de ruimte tussen de atomen. Na de relativiteitstheorieën van Einstein was een ether niet meer nodig. Het vacuüm kan licht geleiden, of kreeg de leegte de functie van de vroegere ether<sup>10</sup>.

#### 3.2.2 Relativiteitstheorie

Met relativiteitstheorie worden in de natuurkunde de speciale en algemene relativiteitstheorieën van Albert Einstein bedoeld. In de natuurkunde bestaan er verschillende beschrijvingen van relativiteit. Dit is het principe dat de wetten van de mechanica, of de natuurkunde in het algemeen, niet afhankelijk zijn van de relatieve snelheid die een waarnemer heeft ten opzichte van andere waarnemers. Op 5 mei 1920 gaf Einstein een lezing aan de universiteit van Leiden waarin hij zei:

*"Recapitulating, we may say that according to the general theory of relativity space is endowed with physical qualities; in this sense, therefore, there exists an ether. According to the general theory of relativity space without ether is unthinkable; for in such space there not only would be no propagation of light, but also no possibility of existence for standards of space and time (measuring-rods and clocks), nor therefore any space-time intervals in the physical sense. But this ether may not be thought of as endowed with the quality characteristic of ponderable media, as consisting of parts which may be tracked through time. The idea of motion may not be applied to it."*

De ether bestaat dus volgens Einstein, maar dan met een zekere aanname van onbeweeglijkheid. Recentelijk zijn er theorieën in de kwantummechanica gepubliceerd die de zogenoemde nulpuntsenergie proberen te verbinden met het vroegere concept van de ether<sup>11</sup>.

### 3.3 Kwantummechanica

Volgens de uitvinders van modernere varianten is de energie tegenwoordig meestal afkomstig van vacuümenergie of nulpuntsenergie. Kwantummechanica is een natuurkundige theorie die het gedrag van materie en energie met interacties van kwanta op zeer kleine afstandsschalen beschrijft. In de kwantumtheorie wordt de werkelijkheid op een fundamenteel andere manier benaderd dan in de klassieke natuurkunde. In de klassieke natuurkunde wordt ervan uitgegaan dat er een onafhankelijke werkelijkheid is die middels zorgvuldige waarnemingen met de gewenste nauwkeurigheid in kaart gebracht wordt<sup>12</sup>.

#### 3.3.1 Nulpuntsenergie

De nulpuntsenergie van een kwantummechanisch systeem is de energie van zijn grondtoestand en is het gevolg van het onzekerheidsprincipe van Heisenberg, dat voorschrijft dat de impuls en de positie van een deeltje niet tegelijkertijd naar believen precies bepaald kunnen worden.

De nulpuntsenergie is daardoor ook de energie van een systeem bij het absolute nulpunt,  $0\text{ K} = -273,15\text{ °C}$ . De aanduiding K staat voor Kelvin. Hoewel het duidelijk lijkt dat bij voortgaande afkoeling de bewegingen van de atomen schijnt te bevriezen, blijft er toch nog een kwantumfysische restbeweging over. Dit is de nulpuntsenergie. Deze nulpuntsenergie is niet direct thermisch te meten, omdat je alleen maar temperatuurverschillen kunt bepalen. Indirect kan de nulpuntsenergie echter aangetoond worden door het vergelijken van bepaalde kenmerken van isotopen. Het directe experimentele bewijs kon in 1928 geleverd worden door het bepalen van de temperatuurafhankelijkheid van de interferentie van röntgenstraling<sup>13</sup>.

#### 3.3.2 Vacuümenergie

In een speciaal geval van de kwantumveldtheorie heet de nulpuntsenergie vacuümenergie, omdat ze de energie van de lege ruimte beschrijft. Volgens de kwantummechanica bestaat er door de onzekerheidsrelatie van Heisenberg zelfs in het absolute vacuüm altijd een kans op het spontaan verschijnen van deeltjesantideeltjes. Bij annihilatie<sup>14</sup>, het proces waarbij een deeltje en zijn antideeltje bij elkaar komen en elkaar wederzijds vernietigen, levert dit zeer veel energie op. Bij dit proces wordt de volledige massa van beide deeltjes in energie omgezet. Door het aantonen van het Casimir-effect is het bestaan van deze deeltjesantideeltjes of fotonen inmiddels bewezen.

Op kosmologische schaal is de vacuümenergie een belangrijke, vormende factor. Vacuümenergie zou de inflatie van het jonge heelal veroorzaakt hebben, een exponentiële uitdijning gedurende een zeer korte tijd. De inflatietheorie loste zowel het horizonprobleem als het vlakheidsprobleem op. Recente waarnemingen aan een bepaalde soort supernova, type Ia die altijd dezelfde lichtkracht heeft, suggereren dat ons heelal niet statisch is en in de toekomst ook niet zal inkrimpen, maar juist steeds sneller zal uitdijen. Ook hier wordt als mogelijke oorzaak weer aan het "valse vacuüm", ofwel de vacuümenergie gedacht<sup>14</sup>.

#### 3.3.3 Toepassing van nulpuntsenergie

Volgens theoretische berekeningen varieert de nulpuntsenergie tussen enkele megajoules per  $\text{m}^3$  tot de onvoorstelbare hoeveelheid van  $10^{116}$  joule per  $\text{m}^3$ . Hiermee zou een kubieke centimeter nulpuntsenergie, in één keer vrijkomend, genoeg zijn om de gehele Melkweg te doen verdampen. Volgens sommige onderzoekers is deze energie in theorie af te tappen, maar door de meerderheid van de natuurkundige gemeenschap wordt dit betwijfeld. Energie kan alleen toegepast worden als het van een hogere naar een lagere toestand stroomt. En, voor zover we nu weten, is nulpuntsenergie de laagste energietoestand die een systeem kan hebben<sup>15</sup>.

## 4. Techniek

Alle mechanica in bewegende constructies zijn aan dezelfde natuurkundige wetten onderhevig. Het mechaniseren en automatiseren van handelingen en voortbeweging zijn een voorbeeld van technische ontwikkeling. Het voornaamste doel is hierbij is het opwekken of omzetten van zo veel mogelijk energie. Hoe hoger het rendement is des te minder energie er verloren gaat. Zo hebben technische ontwikkelingen ervoor gezorgd dat we nu lagers of smeermiddel gebruiken om de wrijving van een draaiende as te verminderen. Het verhogen van het rendement is te zien als een stimulans voor technische ontwikkeling. Helemaal als het gaat om apparaten of instrumenten die we gebruiken voor het omzetten van een energievorm naar een gebruiksklaar product als elektriciteit, zoals generatoren, dynamo's of turbines.

### 4.1 De industriële revolutie

De industriële revolutie begon eind 18e eeuw in Engeland en vervolgde begin 19e eeuw in de rest van Europa. Door de omschakeling van handmatig naar machinaal vervaardigde goederen groeide ambachtelijke en kleinschalige werkplaatsen uit tot grote fabrieken en vormden samen een grootschalige industrie<sup>16</sup>. De grootste oorzaak was de komst van de industriële stoommachine, waardoor er naast menskracht, paardenkracht, watermolens en windmolens opeens een andere vorm van arbeidsvermogen was gekomen. Door de industriële revolutie volgde de ontwikkeling van nieuwe technieken en hun toepassing elkaar snel op.

#### 4.1.1 Stoommachine

De stoommachine kon pas algemeen toegepast worden na de innovaties van de Schot James Watt (1736-1819). In ruim twee eeuwen voorafgaand aan de stoommachine van James Watt voer Blasco de Garay (c. 1500 - c. 1552) in 1543 door de haven van Barcelona met een schip dat werd voortgestuwd met een door hem ontworpen, maar geheim gehouden, stoommachine. In 1690 vond de Fransman Denis Papin (1647-1712) tijdens verdere ontwikkelingen van de stoommachine, het zuigerconcept uit.

Toch was het Thomas Savery (1650 - 1715) die op 2 juli 1698 de eerste stoommachine patenteerde, zonder zuigerconcept. Omstreeks 1712 kreeg Thomas Newcomen (1664 - 1729) toestemming om onder het patent van Thomas Savery het zuigerconcept van Denis Papin verder te ontwikkelen.

Toen James Watt in 1763 de opdracht kreeg om een Newcomen stoommachine te repareren, verhielp hij de structurele gebreken en transformeerde het tot een veelzijdig en economisch rendabel apparaat. In 1777 werd, in een mijngroeve in Cornwall, een eerste machine van hem opgesteld<sup>17</sup>.

##### *4.1.1.1 Heron van Alexandrië*

Een opmerkelijk detail rond de geschiedenis van de stoommachine is dat er ruim 15 eeuwen eerder ook al een werkende stoommachine bestond. Heron van Alexandrië (10 - 70) ontwikkelde als eerste een werkende stoommachine, de aeolipile. Dit apparaat berustte niet op het zuigerprincipe zoals de moderne stoommachine. Hij bestond uit een holle metalen bol gemonteerd op een eveneens holle as. Deze as kwam aan beide zijden uit in een verhit water reservoir. De holle bol had aan weerszijden twee openingen, waaraan een gebogen open pijp gemonteerd was. De stoom die uit het reservoir door de holle as naar de bol liep, kwam door de twee pijpeneinden naar buiten, waardoor de bol ging draaien. Deze stoommachine werd in feite voortgedreven door het principe van een raketmotor. De machine was



De aeolipile van Heron van Alexandrië

echter erg inefficiënt en Heron had er geen praktische toepassing voor<sup>187</sup>. Heron was hoogstwaarschijnlijk docent aan het Mouseion, een onderwijs- en onderzoekinstelling waartoe onder meer de Bibliotheek van Alexandrië behoorde. Hij documenteerde zijn bevindingen in boeken die weer in de vorm van lesmateriaal zijn verschenen. Waarom er in de 15 eeuwen die hierop volgden geen andere vormen van de stoommachine bekend zijn, is me niet duidelijk.

#### 4.1.2 De verbrandingsmotor

Halverwege de 19<sup>e</sup> eeuw verscheen er een kleine commerciële verbrandingsmotor van de Belgische uitvinder Étienne Lenoir. In tegenstelling tot de grote en dure stoommachines vond de verbrandingsmotor ook zijn toepassing buiten grote fabrieken, maar pas toen de Duitser Nikolaus Otto in 1878 verbeteringen aanbracht werd de verbrandingsmotor van Lenoir een commercieel succes. Door de bijdrage van de Duitse Gottlieb Daimler in 1885 en zijn landgenoot Rudolf Diesel in 1892 werd de verbrandingsmotor tegen het einde van de negentiende eeuw de grote concurrent van de stoommachine in industrie en transport. De verbrandingsmotor verenigde alle kennis uit zijn tijd<sup>19</sup>.

#### 4.1.3 Elektriciteit

Aan het einde van de 19e eeuw werden diverse uitvindingen betreffende het gebruik van elektriciteit gedaan, waarvan de gloeilamp van Thomas Edison een van de bekendste is. Deze nieuwe vorm van energie werd algemeen toegankelijk. Het grote voordeel van elektriciteit boven stoom is dat het makkelijk te transporteren is. Met elektriciteit wat het mogelijk om alles te doen wat met stoom ook kon, vaak voor een lagere prijs, op kleinere schaal, veilig, en bijna overal. In 1884 ontwierp de Britse ingenieur Charles Algernon Parsons een stoomturbine waarmee een elektriciteitsgenerator aangedreven kon worden. Hierdoor werd elektriciteit eerst voor kleine bedrijven en later zelfs voor particulieren beschikbaar<sup>20</sup>.

### 4.2 De Carnotcyclus

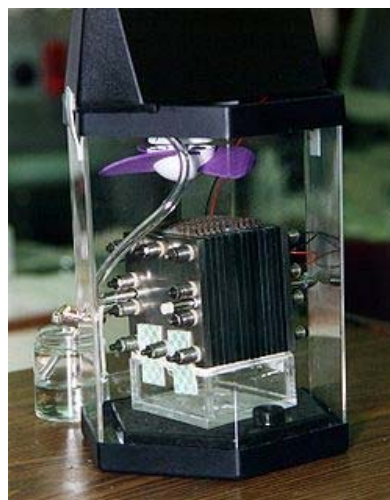
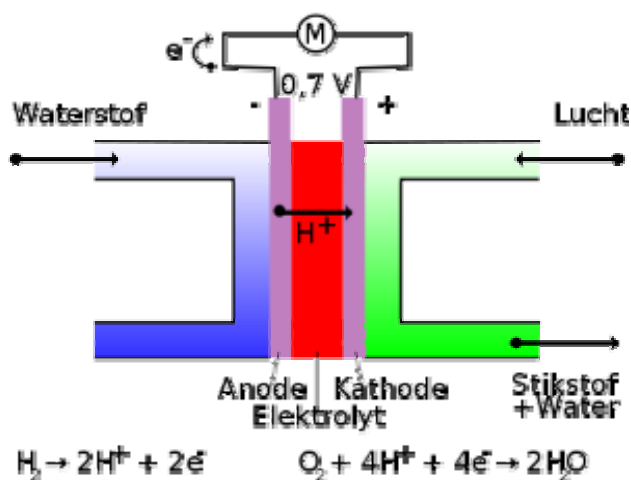
Zowel de stoommachine als de verbrandingsmotor vallen onder een thermodynamische cyclus die doorlopen wordt als een gas in een cilinder, afgesloten door een bewegende zuiger afwisselend verwarmd en afgekoeld wordt, de Carnotcyclus. De thermodynamica vindt zijn oorsprong in de praktische behoefte de efficiëntie van stoommachines en verbrandingsmotoren te verbeteren<sup>21</sup>. In de Carnotcyclus wordt chemische energie eerst in warmte omgezet en pas daarna in bijvoorbeeld mechanische energie. Hierbij gaat energie verloren in de vorm van warmte. Het verbrandingsproces bij verbrandingsmotoren en voor het creëren van de stoom voor stoommachines heeft als nadeel dat er afvalproducten vrijkomen die ons milieu verontreinigen in de vorm van broeikasgassen<sup>2</sup>. Vanwege de toenemende uitstoot van deze broeikasgassen door de industrie en het wegverkeer wordt op kleine schaal geëxperimenteerd met alternatieve brandstoffen die niet van aardolie afkomstig zijn.

### 4.3 Brandstofcellen

Een vorm van energie opwekken die de laatste tijd steeds vaker genoemd wordt, is met het gebruik van de brandstofcellen. Brandstofcellen zijn elektrochemische toestellen die chemische energie van een doorgaande reactie direct omzetten in elektrische energie. Het verschil met een batterij of accu is dat er voortdurend nieuwe reagentia van buiten kunnen worden aangevoerd. De principiële opzet van een brandstofcel bestaat uit een poreuze anode en kathode met daartussen een elektrolytlaag. In een brandstofcel wordt de anode gevoed met een constante, gasvormige brandstofstroom zoals waterstof. Aan de kathode wordt een oxidator, meestal



zuurstofgas uit de lucht, met een constante gasvormige stroom toegevoerd. De oxidatie- en reductiereacties vinden plaats aan verschillende elektroden. Door de scheiding van deze reacties wordt er een negatieve lading opgebouwd in de anode en een positieve lading bij de kathode. Door een stroomkring aan te brengen kan elektrische energie onttrokken worden aan de reacties. Tussen de elektroden bevindt zich een elektrolyt dat de overdracht van ladingen tussen beide elektroden mogelijk maakt en zo de stroomkring sluit.



De eerste brandstofcel werd al ontwikkeld in de 19e eeuw door de Engelsman William Grove. Hoewel een schets van deze techniek al in 1843 gepubliceerd werd, duurde het nog tot de jaren zestig van de 20e eeuw voor de brandstofceltechnologie kon worden ingezet. Brandstofcellen werden vooral door de Verenigde Staten gebruikt in de ruimtevaart om water en elektriciteit uit de beschikbare waterstof te maken. Hier werden echter zeer exotische en dus dure materialen gebruikt, en de brandstofcellen werkten uitsluitend op zeer zuivere waterstof. Verdere technologische ontwikkeling vanaf 1980, zoals het gebruik van Nafion<sup>®</sup> als elektrolyt, en reductie van de hoeveelheid benodigde platina, heeft het toepassingsgebied vergroot<sup>22</sup>.

Ook al worden brandstofcellen niet als duurzame energie gezien, toch is hier een belangrijke ontwikkeling in de technologie te zien die het rendement ten goede komt. Bij brandstofcellen verloopt de omzetting van chemische energie niet volgens een Carnotcyclus, zoals bij verbrandingsmotoren wel het geval is. Brandstofcellen hebben dit probleem niet, hoewel ook die hun eigen, veel kleinere omzettingsverliezen hebben.

#### 4.4 Lagers

Om zuiniger met energie om te gaan kan ook op andere manier het verlies van energie tegengegaan worden. Omdat in een mechanische constructie vaak bewegende onderdelen zitten ontstaat hier wrijving tussen. Een manier om de wrijving te reduceren is met behulp van lagers. Een lager is een hulpmiddel dat er voor zorgt dat verschillende delen van een constructie beter ten opzichte van elkaar kunnen bewegen door het verlagen van de wrijving. Deze beweging is doorgaans een rotatie of een lineaire beweging. Lagers worden onderverdeeld in verschillende soorten op basis van hun vorm of bewegingsrichting<sup>23</sup>. Lagers met een lage wrijving zijn vaak belangrijk voor efficiëntie, om hoge snelheden te halen en om slijtage te verminderen. Een lager kan wrijving verminderen door zijn vorm, materiaal of middels vloeistof. Nieuwe ontwikkelingen op dit gebied tonen ook aan dat dit kan worden bereikt door middel van lucht en geluid. Door een bolvormige of ronde vorm, zoals kogels en rollers te gebruiken vervang je de oppervlakteweerstand met een rolweerstand. Ook hier spreken we nog steeds over een weerstand, maar deze is aanzienlijk minder. Helemaal wanneer een materiaal wordt gebruikt wat minimaal vervormd, zoals gehard staal of keramiek. Zo kunnen lagers ook gemaakt zijn van een materiaal met lage

oppervlaktewrijving. Zo werd en wordt brons toegepast in een speciale legering als lagerbrons, dat als glijlager smerende eigenschappen heeft op een stalen as<sup>24</sup>. Tegenwoordig worden ook kunststoffen voor dat doel gebruikt. Glijlagers worden ook vaak gebruikt in combinatie met een vloeistof als smeermiddel. Vloeistof is tevens ook zelfstandig als lager te gebruiken en maakt gebruik van de lage viscositeit van vloeistoffen zoals een glijmiddel. Door deze vloeistof wrijven de twee vaste onderdelen van de constructie niet tegen elkaar. Andere manieren om twee onderdelen niet tegen elkaar te laten wrijven is door middel van een elektromagnetisch veld, door akoestische smering of met behulp van een luchtlager. In deze toepassingen wordt een smalle spleet gecreëerd tussen de glijvlakken, waardoor er geen contact en wrijving meer is. Hierbij is wel een behoorlijke hoeveelheid energie nodig om dit tot stand te brengen.

#### 4.4.1 Supersmering

Een recent ontdekt verschijnsel is supersmering. Dit is de totale afwezigheid van wrijvingskrachten tussen schuivende objecten. Supersmering is een verschijnsel waarbij op atomaire schaal de wrijving tussen twee objecten bijna volledig verdwijnt. Het verschijnsel is al in 1990 voorspeld, maar werd pas in 2003 experimenteel waargenomen bij grafiet tijdens een onderzoek door Martin Dienwiebel in de groep van Joost Frenken in het Kamerlingh Onnes Laboratorium van de Universiteit Leiden. Dit gebeurde met behulp van een variant op atomic force microscopy, waarbij zijdelingse krachten nauwkeurig worden gemeten terwijl een kleine naald over het oppervlak van grafiet wordt getrokken. Grafiet is een bekend droog smeermiddel. Het bestaat uit lagen waarin koolstofatomen in een plat zeshoekig rooster zijn gerangschikt. In één geval bleek de wrijving vrijwel volledig weg te vallen tenzij de naald onder bepaalde hoeken werd gedraaid, die precies  $60^\circ$  uit elkaar lagen. Aangenomen wordt dat een enkel "vlokje" grafiet aan de naald vast zat en men dus niet de wrijving tussen de naald en het oppervlak mat, maar tussen het vlokje grafiet en de laag grafiet daaronder. Hier is een experimentele realisatie van het verschijnsel "supersmering" waargenomen<sup>25</sup>.

## 5. Schone energie

De gemiddelde temperatuur die op de Aarde wordt waargenomen is sinds het begin van de twintigste eeuw tussen de 0,56°C en 0,92°C gestegen. In Nederland verliep de opwarming sinds 1950 twee keer zo snel. Het is volgens het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), een organisatie van de Verenigde Naties, zeer waarschijnlijk dat deze temperatuurstijging wordt veroorzaakt door menselijke activiteiten. Door het verbranden van fossiele brandstoffen, ontbossing en bepaalde industriële en agrarische activiteiten stijgt de concentratie aan broeikasgassen in de aardatmosfeer. Bij temperatuurstijgingen van meer dan 2°C worden grote veranderingen voor mens en milieu voorspeld, door zeespiegelstijging, toename van droogte- en hitteperioden, extreme neerslag en andere effecten<sup>26</sup>.

Bij het verbranden van fossiele brandstoffen, zoals aardolieproducten, aardgas en steenkool neemt het aandeel van kooldioxide in de atmosfeer sterk toe, wat een versterking van het broeikas effect tot gevolg heeft. Naast de vervuilende auto-industrie neemt ook het vervuilende effect van energiecentrales steeds meer toe. Door alle elektronische apparaten die we tegenwoordig gebruiken groeit de behoefte naar elektriciteit en om de milieuverontreiniging tegen te gaan wordt steeds meer gekozen voor schone of duurzame energiewinning.

### 5.1 Energie op aarde

Om schone of duurzame energie op te wekken worden tegenwoordig aardwarmte of geothermische energie, zonne-energie, windenergie en waterkracht gebruikt. Dit zijn allemaal bronnen van energie waarover de mensheid in de praktijk voor onbeperkte tijd kan beschikken en waarbij, door het gebruik ervan, het leefmilieu en de mogelijkheden voor toekomstige generaties niet worden benadeeld<sup>27</sup>.

#### 5.1.1 Geothermische energie

Onder geothermische energie wordt het winnen van warmte uit de aardbodem verstaan. Hier zijn twee varianten in te onderscheiden. Ten eerste is er de natuurlijke vorm van aardwarmte of geothermie, een energie die ontstaat door het temperatuurverschil tussen de aardoppervlakte en diep in de aarde gelegen warmtereservoirs. Deze aardwarmte kan ingezet worden voor de winning van energie. Vooral in vulkanische streken, zoals IJsland, liggen die op zo'n geringe diepte dat winning economisch lonend is<sup>28</sup>.

Ten tweede is er een vorm van geothermische energie die door manipulatie van de mens ontstaat, koude-warmte-opslag. Koude-warmte-opslag is een methode om energie in de vorm van warmte of koude op te slaan in de bodem. De techniek wordt gebruikt om gebouwen op te warmen of te koelen. Ook in de tuinbouw wordt steeds vaker gebruik gemaakt van deze techniek. Waterhoudende lagen in de bodem laten zich uitstekend gebruiken om warmte en koude in op te slaan. In de zomer gebruikt men het koele grondwater om gebouwen te koelen, het opgewarmde water slaat men op in de bodem totdat het in de winter wordt gebruikt om gebouwen te verwarmen. In de praktijk zijn besparingen van 40 tot 80% bereikt. De energiebesparing die met ondergrondse energieopslag kan worden behaald hangt sterk af van de geologie van het gebied. Bepalend zijn de dikte van watervoerende pakketten en de mate van doorlaatbaarheid van de bodem<sup>29</sup>.

#### 5.1.2 Zonne-energie

Zonne-energie is energie van de zon in de vorm van warmte en licht. De energie die de zon uitstraalt ontstaat door kernfusie. De atmosfeer en de magnetosfeer, het magnetisch veld van de aarde, beschermen het leven op aarde tegen het grootste deel van de schadelijke straling die de zon naast licht en warmte eveneens uitstraalt. De hoeveelheid energie die de aarde bereikt, is ca. 9000 maal groter dan de energiebehoefte van alle 6,5 miljard aardbewoners samen.

Met zonne-energie wordt tegenwoordig meestal de energie bedoeld die mensen zelf met hun technologie opwekken direct vanuit van zonnestraling. De meest gebruikte toepassing is thermische zonne-energie waarbij zonlicht wordt omgezet in warmte. Dit gebeurt door zonneboilers in de vorm van zonnecollectoren en zonnepanelen. Een andere manier om gebruik te maken van zonlicht is door middel van zonnepanelen met fotovoltaïsche cellen. Die zetten het licht direct om in elektriciteit<sup>30</sup>.

### 5.1.3 Windenergie

Windenergie is energie die gewonnen wordt door de bewegingsenergie van lucht om te zetten in een bruikbare vorm, bijvoorbeeld in elektriciteit. Vroeger werd windenergie met windmolens direct omgezet in mechanische arbeid, bijvoorbeeld om graan te malen tot meel of om water te verpompen. Tegenwoordig wordt het woord windenergie vooral gebruikt voor de elektrische energie die met een windturbine uit de wind gewonnen wordt<sup>31</sup>.

### 5.1.4 Waterkracht

Waterkracht is de naam voor energie die wordt ontleend aan water, hetzij door gebruik te maken van een hoogteverschil hetzij door gebruik te maken van de stroomsnelheid van water. Tegenwoordig is vrijwel alle waterkracht elektrisch. In het verleden werd de opgewekte mechanische energie ook wel meteen gebruikt, bijvoorbeeld in een watermolen<sup>32</sup>.

#### 5.1.4.1 Hydro-elektrische energie

De meeste bekende vorm van waterkracht is de hydro-elektrische energie, waar energie gewonnen wordt uit hoogteverschillen van water, meestal door de bouw van een stuwdam of bij een natuurlijke waterval. Dit principe van het verschil in waterhoogte vinden we ook terug bij getijdenenergie en golfslagenergie. Bij getijdenenergie wordt energie gewonnen door gebruik te maken van het verschil in waterhoogte tussen eb en vloed. Op de open oceaan is dit slechts enkele decimeters, maar door de bijzondere vorm van sommige kusten waar grote trechtersvormige inhammen bestaan kan het waterhoogteverschil op zulke plaatsen tot vele meters oplopen. Juist dit hoogteverschil is voldoende om bij vloed het hoge water achter een dam op te vangen en dit bij laag water via turbines gekoppeld aan generatoren terug te laten lopen<sup>33</sup>. Hoewel het theoretisch mogelijk is om energie te winnen is uit de snel wisselende waterhoogte van golven, wordt golfslagenergie niet veel gebruikt omdat de kosten de baten meestal nog overstijgen<sup>34</sup>.

#### 5.1.4.2 Blauwe energie

Een meer recente vorm van energiewinning uit water is blauwe energie. Blauwe energie is de werktitel voor de energie die kan worden gewonnen door het verschil in zoutconcentratie tussen zeewater en zoetwater<sup>35</sup>. Door toepassing van omgekeerde elektrolyse of osmose ontstaat er een stromingsrichting tussen zeewater en zoetwater, van een hoge naar een lage concentratie van, in dit geval, zout. Dit is een proces op basis van diffusie waarbij een vloeistof, waarin stoffen zijn opgelost, door een zogenaamd semipermeabel, ofwel halfdoorlatend, membraan stroomt dat wel de vloeistof doorlaat maar niet de opgeloste stoffen. Bij dit proces komt energie vrij die kan worden gebruikt en heeft als afvalproduct slechts brak water<sup>36</sup>.

## 5.2 Zoektocht naar energie

Een werkend perpetuum mobile zou meer energie moeten leveren als dat er in gestoken wordt en daarmee een bron van duurzame of zelfs vrije energie zijn. Dit zou de oplossing zijn voor milieuvervuiling en het broeikas-effect. Er hoeft geen fossiele brandstof meer verstoekt te worden om de steeds maar groeiende behoefte aan elektriciteit te stillen. De discussie rond kerncentrales en oorlogen in en om olieproducerende landen zou tot het verleden kunnen behoren. Een apparaat wat uit zichzelf beweegt en daarbij ook nog eens energie overhoudt. Die energie kan gebruikt worden om je huis mee te verlichten of je auto mee aan te drijven.

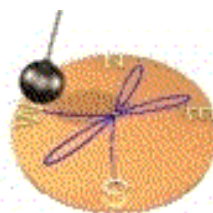
## 5.3 Ongebruikte energie op aarde

Naast de elementaire energiebronnen zijn er nog minstens twee grote energieën op aarde aanwezig die niet vergeten mogen worden, namelijk de draaiing van de aarde en de zwaartekracht.

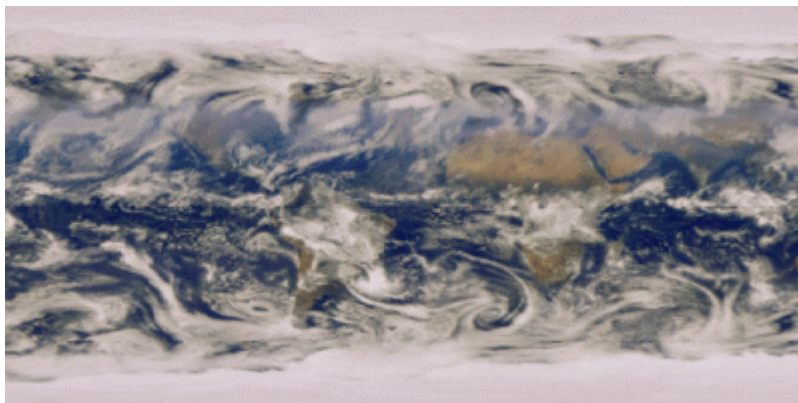
### 5.3.1 Draaiing van de aarde

Het is aantoonbaar dat de draaiing van de aarde een kracht op objecten uitoefent. Kijk naar de slinger van Foucault van de Franse fysicus Léon Foucault<sup>37</sup>.

De slinger van Foucault is een zeer lange slinger met een zwaar gewicht aan de onderzijde, in staat om vele uren in beweging te blijven. De slinger werd voor het eerst tijdens de wereldtentoonstelling van 1851 tentoongesteld vanaf het plafond van het Pantheon in Parijs. De gebruikte slinger bestond uit een 28 kilogram zware bol hangend aan een 67 meter lang touw. Om de beweging van de slinger waar te nemen had Foucault de vloer van het Pantheon met zand bedekt.



De slinger trok een klein streepje door het zand tijdens zijn beweging. Na een uur was het slingervlak al behoorlijk van stand veranderd ten opzichte van de vloer. Niet alleen een heen en weer beweging wordt waargenomen, ook een licht roterende. Op de evenaar is het effect nul, want dan zal het slingervlak met de aarde meedraaien. Wanneer de slinger is geplaatst op één van de geografische polen is het effect maximaal, want dan staat het vlak van slingering stil ten opzichte van de vaste sterren en draait de aarde er onderdoor. De Noordpool draait vanuit de ruimte gezien linksom en de vloer onder de slinger ook. Doordat de waarnemer meedraait, lijkt voor hem dat het slingervlak rechtsom draait. Dit is in overeenstemming met de eerste wet van Newton, de wet van de traagheid. Die stelt dat een voorwerp waarop geen resulterende kracht inwerkt, in rust is of zich rechtlijnig met constante snelheid voortbeweegt<sup>38</sup>. De slinger ondervindt na het loslaten in de uiterste stand telkens een zeer kleine Corioliskracht net zolang tot het slingervlak stil blijft staan ten opzichte van de vaste sterren.



Die Corioliskracht is ook terug te zien in onze atmosfeer, waar de luchtstromen worden beïnvloed door deze draaiing, het Corioliseffect, genoemd naar de Franse ingenieur Gustave-Gaspard Coriolis. Het idee dat we deze kracht zouden kunnen gebruiken wordt niet genoemd in het rijtje van duurzame energie, maar aangezien deze mogelijkheid wel bestaat neem ik deze graag mee als mogelijke alternatieve energiebron<sup>39</sup>.

### 5.3.2 Zwaartekracht

Een andere kracht op onze aarde die constant aanwezig is, is de zwaartekracht. De zwaartekracht of gravitatiekracht is een aantrekkende kracht die twee massa's op elkaar uitoefenen. Op het niveau van atomen is deze kracht zeer klein, maar hij neemt evenredig toe met de massa en is er dus de oorzaak van dat alles op aarde een neerwaartse kracht ondervindt<sup>40</sup>. Het is een kracht die ons met beide benen op de grond laat staan en ook gelijk een grote veroorzaker van de reden dat we geen oneindige energie kunnen genereren uit een bewegend voorwerp. De zwaartekracht zorgt ervoor dat voorwerpen die onafhankelijk van elkaar bewegen op elkaar worden gedrukt en er wrijving tussen deze voorwerpen ontstaat. Zwaartekracht is een complex fenomeen en heeft invloed op een heleboel factoren. Het is onwaarschijnlijk dat we de zwaartekracht zouden kunnen gebruiken alleen om energie op te wekken. Daarvoor zouden we deze negatieve factor als een positieve moeten gaan gebruiken.

### 5.4 Spierkracht

Een vorm van duurzame energie die nog niet benoemd is, maar wel erg dicht bij ons te vinden is, is onze eigen spierkracht. We kunnen ons verplaatsen door te lopen, maar op een fiets gaat het sneller. De energie die een mens met een gemiddelde conditie op een fiets kan leveren ligt rond de 3 Watt per kg en we kunnen dit langer dan een uur volhouden. Voor iemand van 70 kg komt dit overeen met 210 Watt<sup>41</sup>. Natuurlijk hebben ook mensen brandstof nodig in de vorm van eten en drinken om hun beweging om te kunnen zetten in verplaatsing. De efficiëntie van menselijke spieren is gemeten tijdens roeien en fietsen. Hierbij is uitgegaan van de verhouding tussen mechanische arbeid tot de totale energie die vrijkomt bij de stofwisseling. Uit de resultaten is gebleken dat wij hierbij een rendement hebben van 14% tot 27%<sup>42</sup>. Dit lijkt een erg laag rendement, maar de totale energie die vrijkomt uit onze stofwisseling, of metabolisme, wordt voor een groot deel gebruikt voor onze vitale functies en onze warmteproductie. Het metabolisme varieert met de activiteit van een persoon en wordt uitgedrukt in de eenheid *met*, waarbij geldt dat  $1 \text{ met} = 58,2 \text{ Watt}$ . De *met* is gedefinieerd als de geproduceerde warmte per  $\text{m}^2$  gemiddeld persoon in rust. De gemiddelde persoon heeft een oppervlakte van  $1,8 \text{ m}^2$ . De gemiddelde warmteproductie per persoon ligt dus op 105 Watt<sup>43</sup>.

Op eigen kracht en met hulpmiddelen die deze energie omzetten in verplaatsing kunnen we tegenwoordig rijden, varen en zelfs vliegen onder andere op fietsen, in roeiboten en kleine vliegtuigen.

## 6. De toepasbaarheid

Voor de nieuwe, schonere vormen van energieopwekking moeten we ons blijven richten op nieuwe technieken of technieken die we nog kunnen verbeteren. Het combineren van bestaande technieken en de verdere technische ontwikkelingen staan niet stil. Zonnecellen of zonnecollectoren worden steeds efficiënter door constante onderzoeken naar hun rendement. Vergeet niet dat de zon ons aardoppervlak blootstelt aan een grote hoeveelheid energie. Meer dan genoeg om onze totale wereldbevolking van energie te voorzien, zoals eerder genoemd in hoofdstuk 5.1.2. De verschillende vormen van duurzame energiewinning die we tegenwoordig al inzetten geven aan dat er een behoefte is aan een schoner klimaat en een betere toekomst.

### 6.1 Problemen

Helaas zijn onze zonnecellen nog niet overal geïntegreerd én kunnen ze daarentegen ook maar een deel van die grote hoeveelheid energie omzetten in elektriciteit of in warmte bij zonnecollectoren. Een ander probleem is ook nog steeds dat we al die energie nog niet op kunnen slaan. We hebben wel accu's en batterijen, maar de energie die van onze natuurelementen komt is veel meer dan de capaciteit van alle accu's en batterijen van de hele wereld bij elkaar. Er zijn experimenten geweest met het opslaan van energie in water, maar met dat proces gaat veel energie verloren. Bij zonne-energie kunnen wolken een goede opbrengst tegengaan en bij windenergie zijn we afhankelijk van de wind en die is niet altijd even krachtig.

### 6.2 Toekomstige ontwikkelingen

Wanneer het hele wereldwijde elektriciteitsnet met elkaar verbonden zou zijn kan het misschien werken. Als er wereldwijd een netwerk van zonnecellen en windmolenparken zou bestaan, aangesloten op een wereldwijd elektriciteitsnet dan zijn er drie mogelijke situaties te bedenken. Er wordt te weinig elektriciteit opgewekt, het is precies voldoende of er wordt te veel elektriciteit opgewekt. Bij te weinig elektriciteit zouden de huidige energiecentrales elektriciteit aan het net toe kunnen voegen, maar wat als er te veel elektriciteit op het net komt, dan branden alle apparaten door, wereldwijd. Nu zijn er ook methodes om je tegen overspanning te beveiligen, maar we weten gewoon niet hoe groot deze pieken kunnen zijn.

### 6.3 In welke vorm ik denk dat het mogelijk is

Tijdens het schrijven van de scriptie zijn er twee onderwerpen aan het licht gekomen die in mijn ogen een toevoeging zijn op duurzame energie winning. Een van de onderwerpen die mij heeft bezig gehouden tijdens het schrijven en onderzoeken is het Corioliseffect. Het gegeven dat de aarde draait ten opzichte van ons sterrenstelsel en dat objecten op aarde hierdoor beïnvloed worden heeft me aan het denken gezet. Een object op aarde, meegenomen dat op de polen het effect het grootst is, met een grote bewegingsvrijheid en een minimale weerstand zal op den duur zich willen oriënteren op een vast punt uit ons sterrenstelsel. Het object zal ten opzichte van het sterrenstelsel stil willen blijven staan, dus vanaf aarde gezien zal het object gaan draaien.

Denk aan het servies op tafel waar je het tafelkleed onderuit trekt. Het tafelkleed is in dit geval de aarde, het servies is het object en de tafel is het sterrenstelsel. Omdat het servies, het tafelkleed en de tafel ook nog krachten op elkaar uitoefenen, moet in dit geval het tafelkleed met een bepaalde snelheid en kracht er onderuit getrokken worden om de traagheid<sup>v</sup> van de voorwerpen te benutten. Als extra bron van schone energie mag dit verschijnsel zeker niet ontbreken naast zonne-, water- of windenergie. In hoeverre het Corioliseffect voldoende energie op kan leveren om er generatoren mee aan te drijven die elektriciteit op kunnen wekken, is niet bekend. Dit zal moeten worden onderzocht.

Een andere energiebron die in combinatie met bestaande technieken al bewezen heeft dat hier elektriciteit mee opgewekt kan worden, is onze spierkracht. Deze bron van energie hebben we altijd bij de hand en kunnen we daarom ook overal gebruiken. We kennen de zaklamp waar je in moet knijpen om licht te krijgen of de dynamo op je fiets voor de verlichting. Ligt hier het antwoord op de vraag naar eeuwige energie?

Met menselijke spierkracht kan een succesvol, milieuvriendelijk voertuig aangedreven worden, de fiets. De combinatie van techniek en spierkracht biedt mogelijkheden voor de toekomst. Lichamelijke beweging is gezond en omdat we omringd zijn door alle gemakken van apparatuur gaan we sporten om deze beweging te krijgen. Eigenlijk moeten we teruggaan naar de tijd van fysieke arbeid, maar wel in combinatie met hedendaagse technieken.

Er is al een idee in omloop om fitness-toestellen te voorzien van generatoren om tijdens het sporten elektriciteit op te wekken. Een uitgaansgelegenheid in Rotterdam heeft vloerdelen op de dansvloer geplaatst die door erop te dansen ook elektriciteit opwekt. Dit zijn toepassingen die nog niet bij iedereen in huis geplaatst kunnen worden, maar het zijn wel gerealiseerde voorbeelden van de combinatie tussen techniek en menselijke spierkracht.



## **7. Slotwoord**

Met de start van mijn scriptie was de zoektocht naar bronnen voor dit onderwerp moeizaam. Door het vinden van Henry Dircks' (online)boek "Perpetuum mobile; or a history of the search for self-motive power, from the 13<sup>th</sup> to the 19<sup>th</sup> century" was er opeens een houvast om vanuit te werken. Tijdens het lezen ontdekte ik dat zijn bevindingen grotendeels leidde tot het realistisch weergeven van ware perpetuum mobile. Hij herhaalt regelmatig dat een perpetuum mobile gewoonweg niet kán werken. Aangezien ik vanaf mijn tiende al geïnteresseerd ben geweest in de eeuwige beweging en daarmee het perpetuum mobile, was het redelijk confronterend om erachter te komen dat er zoveel tegenargumenten zijn. Om toch de vraag voor mezelf te kunnen beantwoorden of de gebruikte technieken van het perpetuum mobile worden toegepast in de hedendaagse vormen van energieopwekking ben ik verder op zoek gegaan naar informatie. Opnieuw stuitte ik op het probleem dat het misschien niet relevant zou zijn om deze vraag te willen beantwoorden. In de huidige techniek worden verschillende toepassingen gebruikt om wrijving te verminderen en het rendement te verhogen. De mechanische eigenschappen van een perpetuum mobile zijn eigenlijk niet anders als die van de hedendaagse constructies. We zijn vandaag de dag meer bezig met het zoeken naar andere methodes om gebruik te kunnen maken van de andere energiebronnen die we op aarde hebben. De technologische vooruitgang van de afgelopen eeuwen benutten we hiervoor. Het eindresultaat van mijn scriptie is dan ook een verzameling te noemen van de raakvlakken tussen het perpetuum mobile en de hedendaagse vormen van energieopwekking. De bronnen die ik hiervoor gebruikt heb komen niet allemaal rechtstreeks uit boeken, maar veelal van internet. Door mijn technische achtergrond zijn veel begrippen rondom techniek en natuurkunde een onderdeel van mijn kennis. Hierdoor is het voor mij makkelijk om gericht te zoeken naar termen die in het vakjargon worden gebruikt. Gezien het brede spectrum waarin ik mij heb verdiept en de grote hoeveelheid aan verschillende onderwerpen, is internet bij uitstek een geschikt medium om snel specifieke informatie te vinden. De combinatie van verschillende technieken en bestaande vormen van energie opwekken heeft me het meest geïnspireerd om verder te gaan zoeken naar een alternatieve variant van energie winnen. Als we energie willen, moeten we er zelf voor werken en dan hebben we een recept voor een duurzame oplossing voor de toekomst.

De meest rendabele en haalbare vorm van duurzame energie opwekken in de nabije toekomst zal zonne-energie zijn. Energie opwekken door middel van zonnecollectoren en zonnepanelen wordt al toegepast en hoeft alleen nog maar uitgebreid te worden. Door alleen al een deel van de grote hoeveelheid zonlicht die onze aarde beschijnt op te vangen, kunnen we de energiebehoefte op aarde stillen.

## Verklarende woordenlijst

Annihilatie is, in de kwantumfysica, het proces waarbij een deeltje en zijn antideeltje bij elkaar komen en elkaar wederzijds vernietigen. Dit levert zeer veel energie op, want de volledige massa van beide deeltjes wordt in energie omgezet (volgens  $E=mc^2$ ).

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Annihilatie>

Broeikasgassen zijn gassen die in de atmosfeer bijdragen aan het verhogen van de evenwichtstemperatuur van de Aarde. Hierdoor dragen ze bij aan de opwarming van de atmosfeer, wat het broeikaseffect wordt genoemd.

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Broeikasgas>

Capillariteit (of capillaire werking) is een verschijnsel uit de natuurkunde waarbij, bijvoorbeeld, water in een zeer fijn buisje hoger stijgt dan het omringende vloeistofniveau

<http://en.wikipedia.org/wiki/Capillarity>

Middelpuntvliedende kracht of ook centrifugale kracht is een schijnbare kracht die voorwerpen ervaren als ze een bocht maken.

[http://nl.wikipedia.org/wiki/Middelpuntvliedende\\_kracht](http://nl.wikipedia.org/wiki/Middelpuntvliedende_kracht)

Nulde wet van de thermodynamica, ook wel Nulde Hoofdwet genoemd, is een basisprincipe dat al lang impliciet werd aangenomen maar waarvan het belang pas werd ingezien na de expliciete formulering van de eerste, tweede en derde wet, waarna het schertsend de nulde plaats kreeg toebedeeld. De 'nulde wet' stelt dat als A dezelfde temperatuur heeft als B, en B heeft dezelfde temperatuur als C, A ook dezelfde temperatuur heeft als C.

[http://nl.wikipedia.org/wiki/Nulde\\_wet\\_van\\_de\\_thermodynamica](http://nl.wikipedia.org/wiki/Nulde_wet_van_de_thermodynamica)

Oppervlaktespanning is het natuurkundig verschijnsel dat het oppervlak van een vloeistof aan een vloeistofgas overgang zich gedraagt als een veerkrachtige laag. Vanderwaalskrachten tussen moleculen in de vloeistoffase veroorzaken de oppervlaktespanning.

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Oppervlaktespanning>

Schroef van Archimedes (ook wel tonmolen of worm genoemd) is een uitvinding van Archimedes waarmee vloeistoffen, slurries of poeders kunnen worden getransporteerd. In een buis is een spiraalvormige schroef vast aan de buis gemonteerd. Zowel de buis als de schroef draaien dus rond. De verplaatsing is het gevolg van de draaiende beweging van de spiraalvormige schroef in de buis.

[http://nl.wikipedia.org/wiki/Schroef\\_van\\_Archimedes](http://nl.wikipedia.org/wiki/Schroef_van_Archimedes)

Traagheid, ook inertie genoemd, is in de natuurkunde de naam voor het verschijnsel dat er een kracht nodig is om een voorwerp een andere snelheid of richting te geven.

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Traagheid>

## **Bronnen**

<sup>1</sup> PERPETUAL MOTION: Perpetuum mobile van de eerste, tweede en derde soort.  
by Milton Rothman  
posted by Eric Krieg  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://www.phact.org/e/z/miltperp.htm>

<sup>2</sup> Perpetuum mobile; or a history of the search for self-motive power, from the 13<sup>th</sup> to the 19<sup>th</sup> century  
Henry Dircks  
E. & F. N. Spon, London, 1870  
pagina 187

<sup>3</sup> Perpetual Motion: Perpetuum mobile van de nulde soort.  
Kevin T. Kilty  
Machines of the zeroth kind.  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://www.kilty.com/pmotion.htm#Section7>

<sup>4</sup> Perpetuum mobile; or a history of the search for self-motive power, from the 13<sup>th</sup> to the 19<sup>th</sup> century  
Henry Dircks  
E. & F. N. Spon, London, 1870  
Introductory essay - pagina xiii – punt 6

<sup>5</sup> United States Patent and Trademark Office (USPTO)  
Manual of Patent Examining Procedure (MPEP)  
600 Parts, Form, and Content of Application  
608.03 Models, Exhibits, Specimens [R-3]  
Laatst gewijzigd: 12/18/2008 12:43:21  
Bezocht op: 13-3-2009  
[http://www.uspto.gov/web/offices/pac/mpep/documents/0600\\_608\\_03.htm](http://www.uspto.gov/web/offices/pac/mpep/documents/0600_608_03.htm)

<sup>6</sup> Perpetuum mobile; or a history of the search for self-motive power, from the 13<sup>th</sup> to the 19<sup>th</sup> century  
Henry Dircks  
E. & F. N. Spon, London, 1870  
Preface - pagina vii

<sup>7</sup> Wikipedia: Wrijving of friction  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Wrijving>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Friction>

<sup>8</sup> Wikipedia: Rendement of efficiency  
Bezocht op: 13-3-2009  
[http://nl.wikipedia.org/wiki/Rendement\\_\(energie\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Rendement_(energie))  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Mechanical\\_efficiency](http://en.wikipedia.org/wiki/Mechanical_efficiency)

<sup>9.10</sup> Natuurkunde voor technisch hoger onderwijs  
ir. B. van Buuren en ir. J. A. de Jong  
zevende druk, tweede oplage, 1992  
Uitgeverij Educaboek BV.  
en Wikipedia: Ether het medium  
Bezocht op: 13-3-2009  
[http://nl.wikipedia.org/wiki/Ether\\_\(medium\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Ether_(medium))

<sup>11</sup> Natuurkunde voor technisch hoger onderwijs  
ir. B. van Buuren en ir. J. A. de Jong  
Zevende druk, tweede oplage, 1992  
Uitgeverij Educaboek BV.  
en Wikipedia: Relativiteitstheorie  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Relativiteitstheorie>

<sup>12</sup> Wikipedia: Kwantummechanica  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Kwantummechanica>

<sup>13, 14, 15</sup> Wikipedia: Nulpuntsenergie  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Nulpuntsenergie>

<sup>16</sup> Industriële Vormgeving  
John Heskett  
Derde druk, mei 1997  
Uitgeverij SUN, Nijmegen  
en Wikipedia: De industriële revolutie  
Bezocht op: 13-3-2009  
[http://nl.wikipedia.org/wiki/Industriële\\_revolutie](http://nl.wikipedia.org/wiki/Industriële_revolutie)

<sup>17</sup> Wikipedia: Stoommachine  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Stoommachine>

<sup>18</sup> Wikipedia: Heron van Alexandrië  
Bezocht op: 13-3-2009  
[http://nl.wikipedia.org/wiki/Heron\\_van\\_Alexandrië](http://nl.wikipedia.org/wiki/Heron_van_Alexandrië)

<sup>19</sup> Wikipedia: Verbrandingsmotor  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Verbrandingsmotor>

<sup>20, 21</sup> Wikipedia: Carnotcyclus en Thermodynamica  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Carnotcyclus> en  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Thermodynamica>

<sup>22</sup> Wikipedia: Brandstofcel  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Brandstofcel>

<sup>23</sup> Wikipedia: Lager (mechanica)  
Bezocht op: 13-3-2009  
[http://nl.wikipedia.org/wiki/Lager\\_\(mechanica\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Lager_(mechanica))

<sup>24</sup> Wikipedia: Glijlager  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Glijlager>

<sup>25</sup> Wikipedia: Supersmering  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Supersmering>

- <sup>26</sup> Het IPCC-rapport en de betekenis voor Nederland  
Publicatiedatum: Mei 2007  
Hoofdstuk 1.4 Directe waarnemingen van recente klimaatveranderingen  
[http://www.klimaatportaal.nl/pro1/general/show\\_document\\_general.asp?documentid=387&GUID=%7B66088B00%2D42D9%2D4C30%2D9D45%2D1217D8E14973%7D](http://www.klimaatportaal.nl/pro1/general/show_document_general.asp?documentid=387&GUID=%7B66088B00%2D42D9%2D4C30%2D9D45%2D1217D8E14973%7D)
- <sup>27</sup> Duurzame energie  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://www.duurzame-energie.nl/pagina?onderwerp=DE-Duurzame%20energie>
- <sup>28</sup> Duurzame energie: Aardwarmte  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://www.duurzame-energie.nl/pagina?onderwerp=DE-Aarde%20en%20bodem>
- <sup>29</sup> Wikipedia: Koude-Warmte-opslag  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Koude-Warmte-opslag>
- <sup>30</sup> Duurzame energie en Wikipedia: Zonne-energie  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://www.duurzame-energie.nl/pagina?onderwerp=DE-Zonne-energie> en  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Zonne-energie>
- <sup>31</sup> Duurzame energie: Windenergie  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://www.duurzame-energie.nl/pagina?onderwerp=DE-Windenergie>
- <sup>32</sup> Duurzame energie: Waterkracht  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://www.duurzame-energie.nl/pagina?onderwerp=DE-Waterkracht>
- <sup>33</sup> Wikipedia: Getijden-energie  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Getijden-energie>
- <sup>34</sup> Wikipedia: Golfslagenergie  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Golfslagenergie>
- <sup>35</sup> Wikipedia: Blauwe energie  
Bezocht op: 13-3-2009  
[http://nl.wikipedia.org/wiki/Blauwe\\_energie](http://nl.wikipedia.org/wiki/Blauwe_energie)
- <sup>36</sup> Wikipedia: Osmose  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Osmose>
- <sup>37</sup> Technopolis: Slinger van Foucault  
Bezocht op: 13-03-2009  
<http://www.wasda.be/nl/watkunjedoen/indekijker/exhibits%20vd%20week/slinger%20van%20foucault.htm>
- <sup>38</sup> Wikipedia: Wetten van Newton  
Bezocht op: 13-3-2009  
[http://nl.wikipedia.org/wiki/Wetten\\_van\\_Newton](http://nl.wikipedia.org/wiki/Wetten_van_Newton)
- <sup>39</sup> Wikipedia: Corioliseffect  
Bezocht op: 13-3-2009  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Corioliseffect>

<sup>40</sup> Wikipedia: Zwaartekracht

Bezocht op: 13-3-2009

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Zwaartekracht>

<sup>41</sup> Wikipedia: Spierkracht

Bezocht op: 13-3-2009

[http://en.wikipedia.org/wiki/Human-powered\\_transport](http://en.wikipedia.org/wiki/Human-powered_transport)

<sup>42</sup> Wikipedia: Menselijk rendement

Bezocht op: 13-3-2009

<http://en.wikipedia.org/wiki/Muscle>

<sup>43</sup> Wikipedia: Warmteafgifte van de mens in "met"

Bezocht op: 13-3-2009

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Stofwisseling>

## Bijlagen

Tabel 1: A time table of important events, inventions and discoveries around the history of perpetual motion.

|                |  |
|----------------|--|
| 500 v.Chr.     | The greek philosopher Anaxagoras states "nothing can emerge from nothing and nothing can be annihilated."  |
| ca.300 v.C hr. | Aristoteles lays the foundation of the <i>horror vacui</i> and thus (unintendedly) prepares scientific stagnation and ignorance for 2000 years.  |
| ca. 1100       | The indian astronomer and mathematician Bhaskara describes a perpetuum mobile made of a wheel with containers attached to its rim, partly filled with mercury.   |
| ca.1250        | Thoma Aquino proves the Pope's infallibility and thus finishes the effort to make the aristotelian philosophy a dogma.   |
| 1235           | The french master-builder Villard de Honnecourt describes an overbalanced wheel with 7 hammers attached to its rim.  |
| 1269           | Pierre de Maricourt describes a hypothetic perpetual motion machine which uses the powers of the magnetic lodestone.   |
| ca.1325        | William Ockam states the principle: <i>Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem</i> "We don't make more hypothesis and assumptions than absolutely necessary." This principle became known as <i>Ockham's Razor</i> .                       |
| ca.1480        | Francisco di Giorgio describes in his <i>Trattato I &amp; II</i> several dry water mills, also being called <i>recirculation mills</i> .   |
| ca.1490(?)     | Leonardo da Vinci draws a plan of the momentums acting on a classical overbalanced whell und thus proves the impossibility of the arabian perpetual motion machine.  |
| 1480           | Leonardo da Vinci makes several sketches of PMMs bases on archimedian screws and overbalanced wheels. At the same time, he notes that the seeker for perpetual motion shall join the gold-makers.  |
| 1562           | The Jesuit Johannes Taisnierus (Johann Tausner) describes a magnetic PMM which consits of a ramp, a magnetic lodestone and an iron ball.   |
| 1586           | Simon Stevin proves by the aid of a diagram the impossibility of a PMM based on a ramp and an endless chain.   |
| ca.1595        | Galileo Galilei opposes the predominant aristotelian dogma and introduces a combination of mathematical theory and experiment as scientific method.  |
| 1601           | H. Holtzhamer describes in his manuscript many versions of perpetual motiuon machines.   |
| 1607           | In his book <i>Novo teatro di machine et edificii</i> Vittorio Zonca depicts a PMM based on the siphon principle. Supposedly he borrowed the idea from Giovanni Battista della Porta.  |
| 1608           | Ramelli describes a water wheel which contains an inner arabian wheel to amplify the power. Ramelli adds in the description that he was urged to do so. Obviously he thought this was a bad idea.  |
| 1610           | The polish Jesuit Stanislaus Solski invents a complicated oscillating PMM to lift water.   |
| 1616           | The Jesuit Christoph Scheiner suggests a <i>Gnomon Scheineriani</i> for which he earns derisive comments only.   |
| 1618           | The english physicist and mystic Robert Fludd describes a recirculation mill based on an archimedian screw and a water wheel.  |
| 1619           | Johannes Kepler publishes in his book <i>Harmonices Mundi</i> the three famous laws about the motion of planets.   |
| 1638           | William Somersset, Marquis of Worcester, constructs a large PMM and demonstrates it to the english court.  |
| ca.1640        | René Descartes, mathematician and philosopher states that "the sum of all products of the quantitas materiae and their speed is constant in the world." The separation between power and energy still is not clear and leads to a scholarly dispute. |
| 1642           | The teacher and philosopher Johann Amos Comenius publishes a theory about the possibility of perpetual motion.   |
| 1645           | A. Martin invents a <i>Horarium hydraulicum</i> , a water clock being driven by capillary action.  |
| 1648           | John Wilkins describes in his book <i>Mathematical Magick or the wonders that may be performed by mechanical geometry</i> Taisnierus' magnetical perpetuum mobile and gives an explanation why it won't work.  |
| ca.1660        | Christian Huygens describes the forces which act on rotating masses and formulates the laws about centifugal force and the conservation of angular momentum.   |
| 1660           | Johann Joachim Becher invents a complex perpetual machine that shall power a clockwork. After ten years' work he comes to the conclusion that he failed.   |
| 1661           | G. A. Böckler depicts in his <i>Theatrum machinarum novum</i> several types of perpetual dry water-mills (recirculation mills).  |
| 1664           | The Jesuit Caspar Schott publishes in his <i>Technica Curiosa</i> numerous illustrations of perpetua mobilia.  |
| ca.1630        | The Jesuit Christoph Grünberger invents a perpetuum mobile, which utilizes spirals which were calculated in a complex way.   |
| ca.1680        | Isaac Newton formulates the gravitational law and can derive the formulae for the motion of planets in a concludent way.   |
| 1685           | The scientist Robert Boyle describes a chemical liquid PMM(?) in an article in den Philosophical transactions, vol.15 Nr.176, p.1188. Saw Boyle an oscillating chemical reaction?  |
| 1685           | Denis Papin suggests a hydraulic PMM which violates the law of the hydrostatic equilibrium in connected tubes.   |
| 1692           | Abbé Jean d'Hautefeuille describes a hydraulic-chemical PMM based on two different liquids.  |
| 1686           | In his treatise <i>Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii</i> ("a short demonstration of Cartesius' remarkable errors") Gottfried Wilhelm Leibniz formulates the definition of potential energy as product of force by height.             |
| 1712           | Johann Ernst Elias Bessler AKA <i>Orffyreus</i> displays his first perpetually moving machine at Gera/Germany.   |
| 1717           | Bessler succeeds in making business with his PMM.  |
| 1718           | Johann Georg Borlach writes fly-leaves entitled <i>Sophistische Strickzüge</i> in order to discredit Bessler's wheel   |
| 1719           | Bessler publishes his book <i>Perpetuum Mobile Triumphans</i> .  |
| 1721           | Willem Jacobus 's Gravesande inspects Bessler's machines and writes an expert's statement about it. Later he sends a letter containing a detailed description to Isaac Newton. It seems that the letter had never been answered.                     |
| 1727           | Bessler is uncovered as fraud by the confession of a maid-servant.   |
| 1742           | Johann Bernoulli sen. describes in his <i>Opera omnia</i> two-liquid PMM based on osmosis.   |
| 1750           | Pierre Jaquet Droz invents a bi-metal winding mechanism for a perpetual clockwork. The mechanism is moved by changes of the ambient temperature.   |
| 1751           | Louis Antoine LePlat invents a clock whose mechanism is driven by air draught.   |
| 1763           | Andrew Doswill makes the concept of a magnetic PMM which consists of an iron rotor inside a permanent magnetic field.  |
| 1770           | James Ferguson constructs a PMM, just to prove its impossibility. By this he wanted to rid himself of the inventors  |

|            |  |
|------------|--|
|            | who frequently suggested him their designs.  |
| 1775       | The French academy of sciences publishes in their annals a text starting with the words "La construction d'un mouvement perpetuel est absolument impossible". From this time on, inspection of machines which are said to be perpetual is refused.   |
| 1775       | The Englishman Coxe makes a perpetual barometric clock, which needs 200kg mercury for its operation.   |
| 1800       | Johann Friedrich Heine constructs a PMM which he planned as power plant for his paper mill.  |
| 1801       | Joseph Tiville gets a patent for a perpetual machine.  |
| 1812       | A shoemaker named Spence claims that he can arbitrarily weaken a magnetic lodestone's power by a "certain black substance". The device is mentioned by David Brewster in an article.   |
| ca.1815    | In Switzerland, in la Chaux-de Fonds, David Robert Geiser presents a perpetual clock which is inspected several times, but no suspicious traces are found. After Geiser's death, the fraud is revealed.  |
| 1815       | A certain Ramis in Munic/Germany invents an electrostatic PMM, whose power source are concealed Zamboni elements (a sort of galvanic battery).   |
| 1827       | William Congreve, an English officer, clockmaker and scientist, suggests a PMM which shall use capillary effects of water acting on immersed sponges.  |
| 1842       | The mediacal doctor Julius Robert Mayer describes the mechanical equivalent of heat.   |
| 1848       | Hermann Helmholtz formulates the principle of conservation of energy.  |
| 1843       | James Prescott Joule determines not only the mechanical equivalent of heat, but also the equivalents of other forms of energy.   |
| 1870       | Charles Batchellor gets a patent for a machines based on eccentric guided masses.  |
| 1872       | John Worell Keely presents his idea, to tap the ether by mechanical oscillations and thus being able to generate energy. In the following 26 years he collects more than 1 million dollars from his shareholders, but is not able to construct a single machine that can be commercially used. |
| ca.1880    | Ludwig Boltzmann interpretes heat as a mechanical phenomen which can be described by statistical methods.  |
| 1880       | James Clerk Maxwell describes a thermodynamic Gedankenexperiment which later will become famous as the <i>Maxwellian Demon</i> . By this name it became part of the history of physics.  |
| 1888       | Rudolf Clausius formulates the first two laws of thermodynamics in their final way, as they are still cited today.   |
| 1898       | After John Keely's death the fraud is uncovered. Keely used concealed pipework for compressed air to run his machines.   |
| 1900       | The German patent office refuses 320 suggestions for perpetual motion machine patents.   |
| 1903       | John William Strutt, 3rd Lord Rayleigh invents a perpetual radium clock and rises a sensation. Later the function of the device can be satisfactorily explained by experimental proof and Einstein's theory of relativity.   |
| ca.1910    | Walther Nernst formulates the third law of thermodynamics.   |
| 1922       | The Czech inventor Prachar publishes a book on own cost in which he describes many PMMs of based on different principles.  |
| 19xx       | Max Planck can re-formulate and restrict the third law of thermodynamics.  |
| ca.1950    | Viktor Schauburger describes the principle of a <i>vortex turbine</i> (or <i>trout turbine</i> ) whose coefficient of performance shall be over 1.   |
| 1955       | Belousov discovers an oscillating chemical reaction which seems to violate the second law of thermodynamics. He is treated as fraud and crackpot and has no success in his attempts to publish his results.  |
| 1968       | Zhabotinsky learns about Belousov's results on oscillating chemical reactions. He succeeds in getting attention to the affair.   |
| 1985       | Invention of the SMOT (=simple magnetic overunity toy) by Greg Watson.   |
| 1998       | Foundation of the Felix Würth company. Their business is construction, manufacturing and sales of machines which use free energy. Some devices contain elements of classical overbalanced wheels.  |
| 1999       | Sanjay Amin publishes his Entropy Engine, which proved to violate the second law of thermodynamics. The machine and the business case did not work in the way the inventor had in mind.  |
| 2000       | Reports about Don Martin's corner ring generator. Prof. Evert writes a large article about this machine.   |
| April 2003 | Mikhail Smeretchanski gets a French patent for a buoyancy machine that shows all typical construction elements of a rotary PMM. The physics section describes, why particular types of buoyancy machines, though cleverly designed, won't work.  |

#### Unknown and Uncertain Dates

|         |   |
|---------|---|
| 1650(?) | Dr. Jacobus describes a perpetual machine made of a magnet, a wheel and an iron chain running of the wheel. The chain is asymmetrically attracted by the magnet in order to rotate the wheel. |
| 1800(?) | The englishman Baddley invents a PMM with pendulums and turnable magnets, which shall cause attraction and repelling forces to keep the device swinging.                                      |
| 16xx(?) | Wilhelm Schröter suggests a perpetual rolling-ball clock.   |