

Energie

Richèl Bilderbeek

November 17, 2013

1 Begrippen

1.1 Energie

Energie is een abstract iets waarmee je iets kunt laten gebeuren. Met 'een abstract iets' bedoel ik dat je energie niet kunt zien of aanraken, je kunt het enkel beschrijven aan wat het kan. Met 'iets waarmee je iets kunt laten gebeuren' bedoel ik bijvoorbeeld dat energie voorwerpen kan laten bewegen; algemener bedoel ik dat energie kan omgezet worden in andere vormen van energie: een beweging is bijvoorbeeld een vorm van kinetische energie. De eenheid van energie is Joule.

1.2 Vermogen

Het vermogen van iets, bijvoorbeeld een machine, is de hoeveelheid energie die deze om kan zetten per tijdseenheid. Zo zal een lamp met een hoger vermogen meer licht produceren dan eenzelfde type met een lager vermogen. De eenheid van vermogen is Watt, danwel Joule per seconde.

1.3 Arbeid

Arbeid is de hoeveelheid energie die gebruikt is om een verplaatsing te bewerkstelligen. Dit is het product van een kracht en een afstand. Als er met een constante kracht van 100 Newton een voorwerp 10 meter wordt verplaatst, dan is er een arbeid van 1000 Joule verricht.

1.4 Rendement

Bij elke energie-omzetting, wordt niet alle toegevoerde energie omgezet naar de gewenste vorm van energie. Het rendement van een energie-omzetting is de fractie van de bronenergie die omgezet wordt naar de doelenergie. Een lamp zou je bijvoorbeeld kunnen zien als een omzetter van elektrische energie naar licht energie. Als een lamp 100 Watt aan electriciteit(senergie) verbruikt en dit omzet in 90 Watt in licht(energie), dan is het rendement van de lamp 90%, danwel 0,9. De rest van de electriciteitsenergie is omgezet naar bijvoorbeeld warmte.

1.5 Calorische waarde

De calorische waarde van een stof is de hoeveelheid energie die kan worden gewonnen bij de verbranding ervan. Zo is verbrandingswaarde van een Snickers 1200 Joule. Merk op dat met 'verbranding' zowel de vorm met vuur kan worden bedoeld, maar ook de reactie met zuurstof in de cellen van een organisme.

1.6 Energiesoorten

Een energiesoort is een verschijningsvorm van energie. Er zijn er velen. Voorbeelden zijn kinetische energie (ook wel bewegingsenergie genoemd), elektrische energie, licht energie, potentiële energie (de energie opgeslagen door zwaartekracht te overwinnen), massa (jawel, massa kan omgezet worden naar energie, bijvoorbeeld in kernreactors), thermische energie.

1.7 Potentiële energie

Potentiële energie is de energie die is opgeslagen in een voorwerp door het overwinnen van zwaartekracht. Iets wat opgetild wordt, slaat potentiële energie om en zet deze energie om in bewegingsenergie als deze wordt laten vallen.

1.8 Kinetische energie

Kinetische energie wordt ook wel bewegingsenergie genoemd. Het is de energie die is opgeslagen in de beweging van een voorwerp. Een stilstaand voorwerp heeft geen kinetische energie.

1.9 Wet van behoud van energie

De wet van behoud van energie houdt in dat het zo is dat energie niet verloren kan gaan, enkel kan worden omgezet in een of meerdere vormen. In het universum komt geen energie bij, noch gaat er energie verloren.

1.10 Mechanische energie

Mechanische energie is de som van de kinetische en potentiële energie van een voorwerp. Een voorwerp dat bijvoorbeeld wordt laten vallen in een vacuum, heeft vanaf het moment van loslaten tot het moment van de grond aanraken dezelfde mechanische energie.

2 Som

2.1 a

$$\begin{aligned} m &= 4,6 \text{ kg} \\ x &= 5,0 \text{ m} \end{aligned}$$

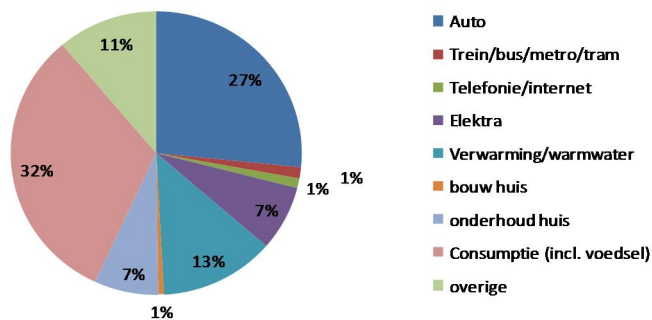


Figure 1: Energiebalans per Nederlander. Bron: http://www.besparenvanenergie.nl/energiebalans_per_Nederlander.php

$$\begin{aligned}
 E_p &= m \cdot g \cdot h = 4,6 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 5,0 \text{ m} = 225,63 \text{ J} \\
 E_k &= 0,5 \cdot m \cdot v^2 \\
 225,63 \text{ J} &= 0,5 \cdot 4,6 \text{ kg} \cdot v^2 \\
 v &= 9,9 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

2.2 b

$$\begin{aligned}
 m &= 4,6 \text{ kg} \\
 x &= 20,0 \text{ m} \\
 E_p &= m \cdot g \cdot h = 4,6 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 20,0 \text{ m} = 902,52 \text{ J} \\
 E_k &= 0,5 \cdot m \cdot v^2 \\
 902,52 \text{ J} &= 0,5 \cdot 4,6 \text{ kg} \cdot v^2 \\
 v &= 20 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

2.3 c

$$\begin{aligned}
 m &= 4,6 \text{ kg} \\
 x &= 25,0 \text{ m} \\
 E_p &= m \cdot g \cdot h = 4,6 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 25,0 \text{ m} = 1128,15 \text{ J} \\
 E_k &= 0,5 \cdot m \cdot v^2 \\
 1128,15 \text{ J} &= 0,5 \cdot 4,6 \text{ kg} \cdot v^2 \\
 v &= 22 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

3 Visiestuk eigen energiegebruik en duurzaamheid

Als ik kijk naar figuur 1 (afgeleid van door het CBS verstrekte jaarcijfers over het totale energieverbruik in Nederland in 2007) dan zie ik dat 27% van het energiegebruik van de gemiddelde Nederlander door zijn/haar auto wordt gebruikt. Dit is de op-een-na grootste energiegebruiker. De op-twee-na grootste energieverbruiker is verwarming en warm water. Daar mijn kamer waarschijnlijk

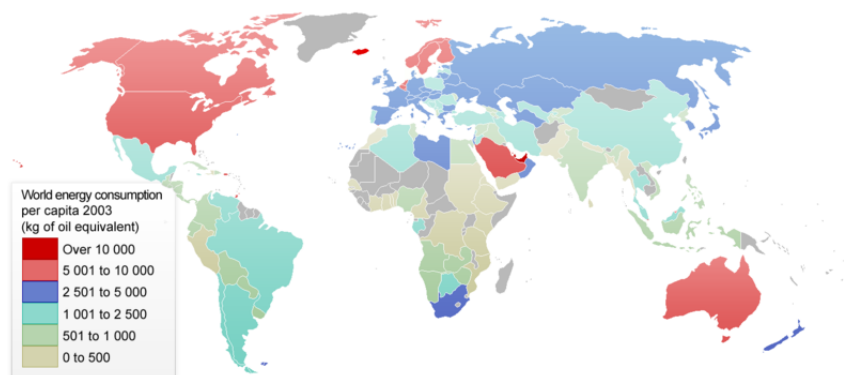


Figure 2: Energiegebruik per capita, bron: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Energy-consumption-per-capita-2003.png>,

kleiner is (16 m^2) dan de gemiddelde Nederlander, verwacht ik ook hier onder het gemiddelde te zitten. Met deze kennis schat ik dat ik ongeveer een kwart minder energie verbruik dan de gemiddelde Nederlander.

Als ik het energiegebruik van de gemiddelde Nederlander vergelijk met die van andere landen, dan blijkt ook ik een relatief grote energieverbruiker te zijn. Zie figuur 2, een kaart gemaakt uit data van de International Energy Agency Statistics Division data uit 2006. Omdat voor de data achter dit figuur betaald moet worden, heb ik helaas niet het percentiel waarin de gemiddelde Nederlander zit uit kunnen rekenen, noch mogelijke verklaringen voor deze waarden.

Op individueel niveau vind ik het geen nut hebben energie te verspillen en daarom probeer ik dit zo weinig mogelijk te doen. Ik ben hier wellicht niet uniek in: ik vermoed dat niemand het nuttig vindt energie te verspillen. Maar bij mij ligt de weging van energiezuinigheid hoger: mocht ik een auto kopen, dan kies ik de energiezuinigste, in plaats van de sportiefste.

Duurzaamheid is een wat lastiger in getallen uit te drukken concept. Een van mijn persoonlijke definities is: 'Duurzaamheid is de tijdsduur waarin een samenleving op dezelfde manier door kan gaan in het gebruik van haar omgeving'. Ik hecht er zelf waarde aan dat de mensheid zich kan ontwikkelen, zonder crises, waardoor ik duurzaamheid belangrijk vind. Een van mijn regels is: 'Leef op zo een manier, dat als elk mens zo zou leven, hun kinderen het minstens net zo goed zouden kunnen hebben'. Dit probeer ik te bereiken door klein te wonen, weinig bezit te hebben en nieuw bezit tweedehands te kopen. Maar misschien mijn procentueel grootste bijdrage is door het geboortecijfer van Nederland te beperken door geen vader te worden: dat is al minstens een energieverbruiker minder.

4 Visiestuk fossiele brandstoffen, kernenergie en alternatieve brandstoffen

Ik geloof dat ontwikkelingslanden fossiele brandstoffen nodig hebben als opstap om geavanceerder te worden: het is gemakkelijker een kolencentrale te bouwen dan een kerncentrale: dankzij de kolencentrales kunnen de fabrieken om kerncentrales te bouwen van stroom worden voorzien. De bijdrage van kolencentrales aan het broeikaseffect zal ik niet ontkennen, maar zie dit meer als een uitdaging dan als een probleem: koolstofdioxide in de lucht kun je ook zien als een gemakkelijk te verkrijgen koolstofbron. Datgeen dat deze koolstofdioxide kan fixeren, levert een complexer eindproduct op, misschien in de vorm van biomassa (bij bijvoorbeeld planten) of koolwaterstoffen (bij chemische reacties). Ik lees regelmatig in de wetenschappelijke tijdschriften dat ontwikkeldere landen methodes onderzoeken om de gevolgen van kolencentrales te verlagen en misschien is dat ook wel onze plicht: ook wij hadden vroeger (en hebben nog steeds) kolencentrales. Het is in mijn ogen onze plicht om op landelijk niveau een negatieve CO₂ uitstoot te hebben, opdat we de gevolgen van zich ontwikkelende landen helpen te verzachten. Natuurlijk zijn er meer manieren om te helpen, maar ik vind het werken vanuit het eigen land het meest elegant: hiermee accepteer je dat landen zich mogen ontwikkelen, maar neem je ook de verantwoordelijkheid als technologisch geavanceerd land om de hele wereld leefbaar te houden.

Bovenstaande redenatie is volgens mij redelijk gangbaar, maar ik ben sterker tegen fossiele brandstoffen van het aldoor geschetste, voor een wat minder gangbare reden, namelijk een van mijn persoonlijke definities van de deugd schoonheid. Ik vind zaken van een hogere complexiteit in de regel een hogere schoonheid bezitten. Het is ook gemakkelijker om iets stuk te maken dan iets op te bouwen. Dus: het is gemakkelijker om schoonheid te verlagen dan haar te verhogen. Dat maakt schoonheid in mijn ogen een kostbaar goed, omdat de dynamiek ervan in het voordeel van de lelijkheid ligt. Als ik dit argument doortrek naar moleculair niveau, dan is een verbranding een reactie zonder schoonheid: de diverse en complexe moleculen van de fossiele brandstof worden kapot gemaakt tot de doorsnee verbrandingsgassen.

Naast de schoonheid ervan, zie ik ook rationeel goede argumenten voor kernenergie. Ik snap de nadelen van kernsplijting met uranium en ben er desondanks een groot voorstander van. Ik denk dat de grootste gevaren van deze vorm van kernenergie vooral liggen bij de sensatiewaarde ervan die de media gebruikt om het gewone volk ermee te prikkelen. Zo zorgt de media ervoor dat er geen nieuwe kerncentrales worden gebouwd, waardoor oude in bedrijf blijven. Terwijl de veiligheid van kerncentrales steeds meer is toegenomen! Hierdoor blijven de gevaarlijke centrales actief (die wellicht het beeld zullen gaan bevestigen dat kernsplijting met uranium gevaarlijk is), terwijl de tegenvoorbeelden (die laten zien dat kernsplijting door uranium veilig is) niet gebouwd zullen worden. Ik ben blijkbaar bezorgd om de effecten van de media op het gewone volk, dan het proces zelf. Ik kan niet ontkennen dat het lang radioactieve plutonium een vervelend afvalproduct is, maar ik zie de wetenschap hier wel met een oplossing

voor komen (mijn -misschien slechte- idee is om het radioactieve plutonium naar het vloeibare magma van de aardkern te sturen: hier kan het zich verdunnen tot onschuldige concentraties, ver van de mensheid af).

Mijn bezorgheid om de effecten van de media is meer dan reeds beschreven, omdat diezelfde media de ontwikkeling van schonere vormen van kernenergie in de weg zouden kunnen staan. De vormen die ik wil beschrijven zijn de splijting van thorium en kernfusie.

Het mooie aan kernsplijting is de grote hoeveelheid energie die ermee wordt gewonnen: massa is een vorm van energie van een erg hoge concentratie. Een gevaar is dat deze grote hoeveelheid energie de controle op het proces ontregeld. Bij kernsplijting van uranium uit zich dit in een meltdown, waar Chernobyl een goed voorbeeld van is. De weg naar de eerste ontregeling naar meltdown toe is bij uranium een zichzelf versterkende: als er een klein beetje meer energie wordt omgezet dan de koeling kan verwerken, neemt vanaf dan de ontregeling sneller toe: het is een autokatalytische catastrofe.

Bij kernsplijting met thorium speelt deze zichzelf versterkende ontregeling niet, omdat de ontregeling gemakkelijk tegen te gaan is: stop de toevoer van thorium en de ontregeling dooft uit. Kernsplijting met thorium lijkt hierdoor inherent veilig te zijn. Daarnaast hebben de eindproducten van de kernsplijting (gewogen) gemiddeld een kortere radioactiviteitsduur.

Kernfusie is niet alleen net zo controleerbaar als kernsplijting van thorium, maar heeft ook nog eens enkel ongevaarlijke eindproducten, namelijk het edelgas helium, de waterstofisotoop tritium, en de kleine atomen lithium en beryllium. Het eindproduct hangt af van de kernfusiereactie, waarbij ik hier enkel de eindproducten noem van reacties met als beginstoffen deuterium, tritium, helium en lithium. Ik focus op deze reacties, omdat dit de kernfusiereacties zijn die we zelf het eerst zullen kunnen uitvoeren: bij zwaardere atomen als grondstof, worden de randvoorwaarden voor een succesvolle kernfusie technologisch moeilijker.

Van alternatieve brandstoffen ben ik persoonlijk niet onder de indruk: in mijn ogen vervelen de voordelen ervan onder de potentie en schoonheid van kernenergie. Dat wil niet zeggen dat ik tegenstander ben van alternatieve energiebronnen: ik zie aardolie liever verwerkt worden in een zonnepaneel, dan verbrand worden.

Van alle vormen van alternatieve energie, zal ik mij beperken tot zonneenergie. Dit doe ik omdat -voor zover ik dit juist kan beoordelen- ik het gevoel heb dat dit de meest geschikte kandidaat is als duurzame alternatieve energiebron. Dit gevoel heb ik, omdat andere vormen van alternatieve energie vooral en/of enkel op Aarde kunnen worden gewonnen, terwijl zonneenergie in het hele universum gewonnen kan worden: dat is dus op oneindig zoveel plaatsen meer!

Een reden dat ik desondanks nog niet onder de indruk ben van zonneenergie is, omdat het rendement ervan in mijn ogen nog te laag is. Dit rendement is in mijn ogen te laag, zo lang er competitie is met aardolie. Oftewel: ik vind het rendement van zonneenergie hoog, als deze de concurrentie (fossiele brandstoffen) ontbetwist verslaat. Een ander nadeel van zonneenergie vind ik dat het nog vooral op onhandige plaatsen wordt gewonnen, namelijk vooral op het aardoppervlak. Dit heeft meerdere nadelen, onder andere dat de helft van

het jaar het donker is, en als het dag is, er onderdelen in de dampkring zijn die de energie van de zon reflecteren danwel absorberen. De plek om zonneenergie te winnen is in mijn ogen buiten de atmosfeer, in de vorm van bijvoorbeeld een Dysonbol: een verzameling zonnepanelen die zwemt rondt de energiebron, de zon. Het concept van de Dysonbol kan zeker op mijn sympathie rekenen, maar helaas kan ik niet ontkennen dat we nog niet technologisch ontwikkeld genoeg zijn om dit werkelijkheid te maken.

Samenvattend is mijn visie dat de meerdere vormen van energiebronnen hun plaats hebben, soms als opstapje naar een efficiëntere vorm. Fossiele brandstoffen zijn in mijn ogen een van de meest ruwe vormen en een opstap naar kernenergie en alternatieve energiebronnen. Kernenergie zie ik als een mogelijk eindstation: de mensheid kan nu redelijk veilig en efficiënt uranium splijten, maar zal hopelijk de stap nemen naar het splijten van thorium en parallel hieraan het fuseren van (steeds grotere) atoomkernen. Parallel aan kernenergie zei ik ook de ontwikkeling gaan van alternatieve energiebronnen, waarvan ik vooral zonneenergie een grote kanshebber zie zijn, vanaf het moment dat haar rendement onomweerlegbaar hoog is en we technologisch geavanceerd genoeg zijn om megastructuren als een Dysonbol te bouwen.

Mijn grootste angst is echter niet de gevaren die al deze vormen van energie met zich meebrengen, maar de effecten van de media op het gewone volk, die de ontwikkeling ervan in de weg staan. Ik gun het de mensheid om van haar fouten te leren, inplaats van risico vermijdend gedrag aan te wenden, dit laatste gesteund door de sensatiedrang van de media. De rol van scholing in kernenergie, klassikaal danwel individueel, is in mijn ogen dan een kans die de geschoolde mens op zich zal kunnen nemen om de mensheid verder te helpen in haar ontwikkeling.