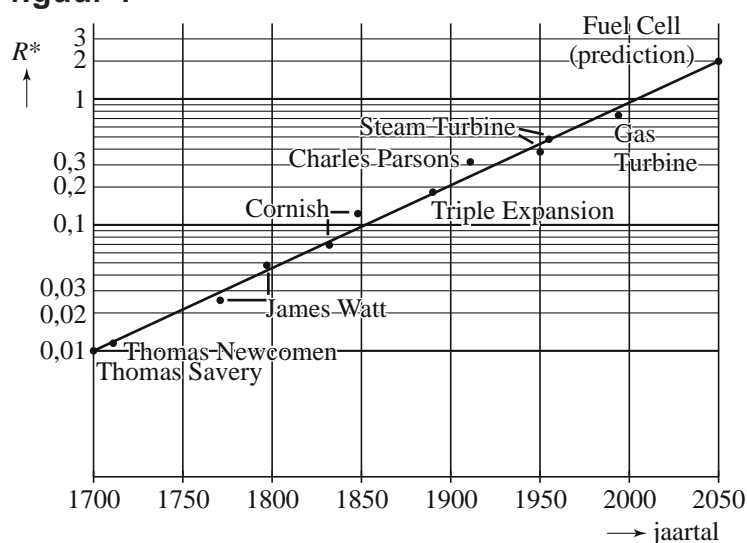


## Energie

Een machine, zoals een automotor, gebruikt energie in de vorm van brandstof. Een machine levert ook energie, maar de hoeveelheid geleverde energie is altijd kleiner dan de hoeveelheid energie die erin wordt gestopt. Wanneer de hoeveelheid energie die een machine levert 30% is van de hoeveelheid energie die erin wordt gestopt, spreken we van een machine met een **rendement**  $R = 0,3$ . De resterende 70% energie gaat verloren, bijvoorbeeld in de vorm van warmte. Het rendement is daarom altijd kleiner dan 1.

Aan het einde van de vorige eeuw schreef de Amerikaanse onderzoeker J. Ausubel een artikel met de titel 'Can technology spare the earth?'. Daarin beschrijft hij de ontwikkeling van nieuwe machines die een hoger rendement hebben en waarmee dus veel brandstof bespaard kan worden. In het artikel van Ausubel komt een grafiek voor die de ontwikkeling van het rendement van een aantal machines weergeeft. Zie figuur 1.

figuur 1



Op de verticale as zie je een logaritmische schaalverdeling. Daarmee wordt  $R^* = \frac{R}{1-R}$  weergegeven. In deze formule is  $R$  het rendement van de machine.

Een van de machines uit figuur 1 heeft een rendement van 0,43.

- 3p 17 Ga met behulp van een berekening na welke machine in figuur 1 hier bedoeld wordt.

De punten in figuur 1 geven een trend aan die met de rechte lijn aangegeven wordt. Het laatste stuk van deze rechte lijn is een voorspelling voor de komende jaren. Zo voorspelt Ausubel een brandstofcel (Fuel Cell) met een hoog rendement. Uit figuur 1 volgt dat hiervoor geldt dat  $R^* = 2$ .

- 3p **18** Bereken hoe groot het rendement van deze brandstofcel volgens Ausubel is.

In figuur 1 is niet  $R$ , maar  $R^*$  weergegeven ten opzichte van de tijd. Dit is gedaan omdat de grafiek dan een rechte lijn wordt als op de verticale as een logaritmische schaalverdeling wordt gebruikt. Het gebruik van  $R^*$  levert geen problemen op omdat bij elke waarde van  $R^*$  precies een waarde van  $R$  hoort.

Op grond van de formule  $R^* = \frac{R}{1-R}$  kunnen we beredeneren dat als  $R$

toeneemt van 0 tot 1,  $R^*$  dan ook steeds toeneemt.

- 4p **19** Geef deze redenering.

In figuur 1 is de grafiek van  $R^*$  een rechte lijn. Dat betekent dat de formule voor  $R^*$  van de vorm  $R^* = b \cdot g^t$  is, met  $t$  de tijd in jaren en  $t = 0$  voor het jaar 1700. Uit figuur 1 lezen we af dat bij 1700 de waarde  $R^* = 0,01$  hoort en bij 2050 de waarde  $R^* = 2$ .

- 3p **20** Bereken de waarden van  $b$  en  $g$ .