

---

# Verslag Seebeck-effect

Arthur Adriaens — Tweede bachelor fysica en sterrenkunde — 01702104

---

## 1 Abstract

In dit verslag wordt het Seebeck-effect geanalyseerd. Het Seebeck-effect is de benaming voor het spanningsverschil die ontstaat bij het aanleggen van een temperatuurverschil over twee metaalovergangen. Ze is vernoemd naar Thomas Johann Seebeck en wordt onder andere gebruikt in ruimtesondes en satellieten. In het algemeen wordt de spanning gegeven door:  $\mathbf{E}_{emf} = -S\nabla T$  waarbij  $S$  het Seebeck-coëfficiënt is en  $\nabla T$  de temperatuurgradiënt. Als het systeem een ruststadium bereikt, waar de stroomdichtheid  $\mathbf{J} = 0$  bedraagt, wordt dit  $\Delta V = S\Delta T$  [1] en zo kan dus uit metingen van het spanningsverschil in functie van de temperatuur het Seebeck-coëfficiënt bepaald worden. Dit wordt uitgevoerd door een temperatuurverschil te verwezenlijken tussen afkoelend kokend water en ijswater waarbij er zo voor een chroom-aluminiumpaar een Seebeck-coëfficiënt  $S = 0.0445381 \frac{V}{K} \pm 0.0001958 \frac{V}{K}$  ( $V = \text{volt}$ ,  $K = \text{kelvin}$ ) gevonden wordt.

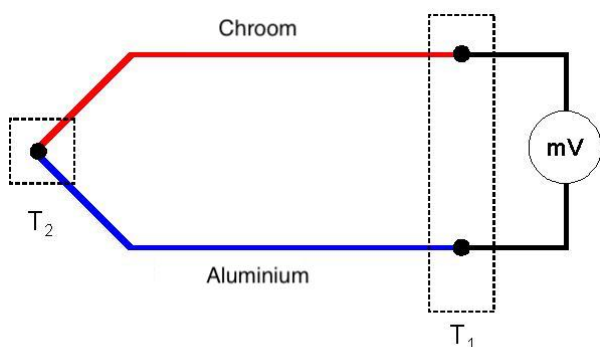
## 2 Inleiding

Het Seebeck-effect, vernoemd naar Thomas Johann Seebeck en ook het thermo-elektrisch effect genoemd, beschrijft het spanningsverschil dat ontstaat bij het aanleggen van een temperatuurverschil over twee metaalovergangen. Deze wordt algemeen gegeven door  $\mathbf{E}_{emf} = -S\nabla T$  met  $S$  het Seebeck-coëfficiënt en  $\nabla T$  de temperatuurgradiënt als de stroomdichtheid  $\mathbf{J} = \sigma(-\nabla V + \mathbf{E}_{emf})$  niet 0 bedraagt, maar wordt bij  $\mathbf{J} = 0$  gegeven door  $\Delta V = S\Delta T$ . Het doel van dit verslag is het achterhalen van dit Seebeck-coëfficiënt  $S$  door spanningsmetingen uit te voeren bij stabiele ( $\mathbf{J} = 0$ ) systemen.

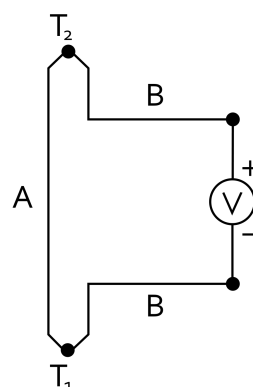
## 3 Methode

We hebben een Arduino uno, een Adafruit\_ADS1115 (een analoog naar digital converter waarmee het voltage kan gemeten worden), een digitale temperatuursensor en 2 thermokoppels van chroom-aluminium ter beschikking. Het spanningsverschil ontstaan door het Seebeck-effect zou kunnen gemeten worden door een opstelling te maken als in figuur 1, maar eenvoudiger was de opstelling weergegeven in figuur 2 waarbij A de 2 groene kabels zijn, verbonden via de breadboard en B de witte aangesloten op poort 2 en 3 van de Adafruit\_ADS1115 zodat het spanningsverschil met een nauwkeurigheid van 1 bit overeenkomend (maximale gain) met 0.1875mV kan gemeten worden.

Hierbij werd het uiteinde  $T_1$  in een ijswaterbad gelegd en  $T_2$  samen met een temperatuursensor in een bad die geleidelijk aan opgewarmd zou worden, dit bleek niet te werken op de stoof aangezien ik enkel over een inductiekookplaat beschik die dus de spanning en de gemeten temperatuur zeer sterk in de war brengt met het aangelegd magnetisch veld, vervolgens werd overgeschakeld op geleidelijke toevoeging van kokend water maar aangezien de temperatuursensor niet snel genoeg mee opwarmde met de stijgende



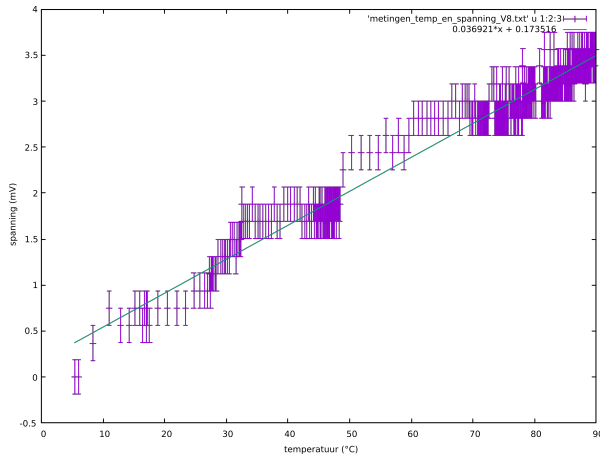
Figuur 1: Mogelijke opstelling



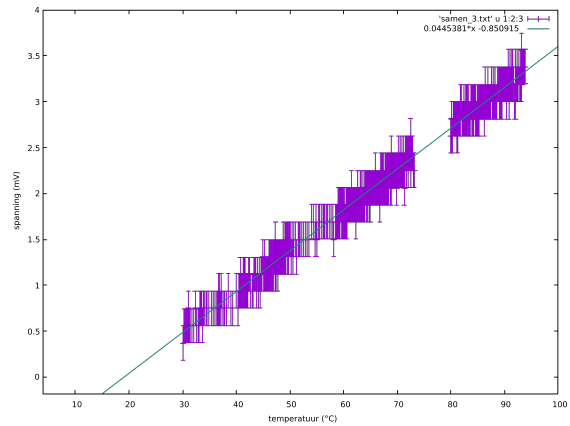
Figuur 2: Gebruikte opstelling

gemeten spanning gaf dit inconsistenties. Tenslotte werd er gebruik gemaakt van een continue meting van afkoelend kokend water waarbij er ijsblokjes werden toegevoegd en water verwijderd, dit bleek het beste resultaat te geven.

## 4 Resultaten en bespreking



Figuur 3: Geleidelijke opwarming



Figuur 4: Geleidelijke afkoeling

Bij het opwarmen door geleidelijke toevoeging van kokend water beschreven in sectie 3 werd het resultaat in figuur 3 bekomen, dit is duidelijk niet consistent met de gezochte rechte. Dit is hoogstwaarschijnlijk doordat de temperatuur van het water te snel steeg voor de thermometer waardoor deze niet meer synchroon was met de waargenomen spanningsstijging, dit is te zien aan de plotse stijgingen zoals bijvoorbeeld bij 50°C. Bij deze metingen was de temperatuur van het ijsbad ongeveer 5°C wat ook te zien valt aan de spanningsstijging vanuit 0mV vanaf deze temperatuur. Bij de afkoelmethode zichtbaar in figuur 4 is een duidelijk lineair verband, het ijsbad was redelijk opgewarmd tegen dan en had een temperatuur van 15°C bereikt. Door een vergissing was het niet mogelijk om de spanning tussen 80- en 70°C te meten, ongeacht deze tekortkoming is een duidelijke rechte zichtbaar. De foutenvlaggen op beide metingen zijn de least significant byte van het meegeleverde Adafruit\_ADS1115 die 0.1875mV bedraagt, hierbij vergeleken is de fout op de gain verwaarloosbaar en deze wordt dus buiten beschouwing gelaten. Na een rechte gefit te hebben aan de hand van gnuplot aan de metingen zichtbaar in figuur 4 wordt een helling, en dus een Seebeck-coëfficiënt, van  $0.0445381 \frac{V}{K} \pm 0.0001958 \frac{V}{K}$  gevonden waarbij de fout de standaard deviatie is gegeven door gnuplot (68.27% significantie).

## 5 Conclusie

Er kan besloten worden uit bovenstaande metingen dat de Seebeck-coëfficiënt overeenkomend met de bijgeleverde thermokoppel bestaande uit Chroom en Aluminium  $0.0445381 \frac{V}{K} \pm 0.0001958 \frac{V}{K}$  bedraagt.

## Referenties

- [1] Wikipedia contributors. Thermoelectric effect — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Thermoelectric\\_effect&oldid=950314668](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Thermoelectric_effect&oldid=950314668).