

Rapport Øvelse 3

Termoelement

MARTIN SORIA RØVANG

SAMMEN MED: MAGNUS OTTERDAL STØRDAL

Universitetet i Tromsø *

19. februar 2018

Sammendrag

I dette forsøket testet vi termoelektrisk effekt, også kalt seebeckeffekten. I det første forsøket fikk vi et resultat som ser lineær ut, men vi fikk en annengrads regresjonsmodell som gir mindre feilledd enn den lineære. Summen av feilledd for annengrads regresjonen gir 0.5998mV og 0.7431mV for den lineære. I forsøk 2 fikk vi resultatet 0.3540mV for den lineære regresjonen og 0.3642mV for annengrads regresjonen. Hvis vi antar at siste forsøk ble gjort mer presist kan vi konkludere med at termoelektriske effekt virker lineært mellom spenning og temperatur.

Kommentarer:

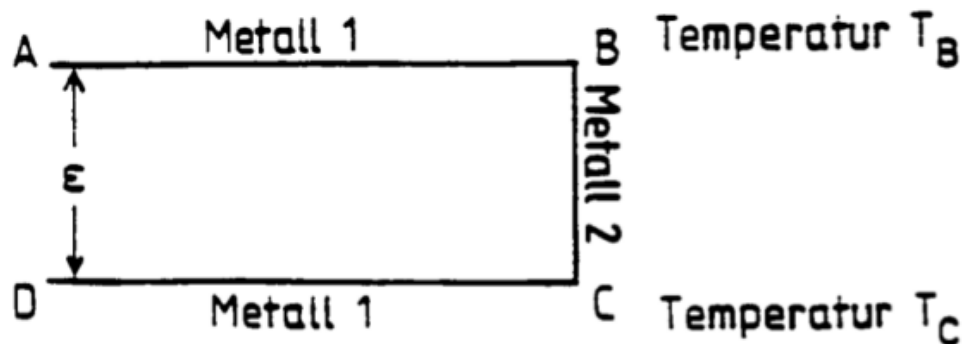
*

1 Formål

Formålet med øvelsen er å lære hvordan et termoelement fungerer og bruke minste kvadraters metode for å se trenden til dataen.

2 Teori og definisjoner

Et termoelement er bygget opp ¹



Figur 1: Termoelement

Først ha et metall koblet til noe som gir opphav til forskjellige temperaturer slik at det blir dannet en temperatur differanse. Tar vi et annet metal kobla til hver ende av det første metallet inn et instrument får vi det som kalles termoelektrisk effekt. Dette er også kjent som seebeckeffekt². Termoelektrisk effekt gir et spenningsforskjell som man kan måle med et veldig sensitivt voltmeter. Seebeckeffekten ved matematisk formulering er gitt ved:

$$J = \sigma(-\nabla V - S\nabla T) \quad (1)$$

Der J er strømtettheten, ∇V er den lokale spenningsgradienten og $-S\nabla T$ er det elektromotoriske E -feltet som da oppstår lokalt der det er en temperaturendring. S er seebeckkoeffisienten og σ er konduktiviteten. E -feltet har enhet $[V/m]$ (Volt/meter), temperatur gradienten har $[K/m]$ (kelvin/meter) og seebeckkoeffisienten har $[V/K]$ (Volt/kelvin), Sist har σ $[S/m]$ (Siemens/meter).

Statistiske formler vi skal bruke under forsøket er minste kvadraters setning som er gitt ved.

$$Y = Ax + B \quad (2)$$

¹Figur 1 er hentet fra oppgaveteksten

²<https://snl.no/seebeckeffekt>, hentet: 15.12.2018

Som i vårt tilfelle blir da $Spennning = AT_B + B$ der T_B er temperaturen i vannbeger som har økende temperatur.

$$A = \frac{N(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\Delta} \quad (3)$$

$$B = \frac{(\sum x_i^2)(\sum y_i) - (\sum x_i)(\sum x_i y_i)}{\Delta} \quad (4)$$

$$\Delta = N(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)^2 \quad (5)$$

Der N er antall datapunkter, x_i og y_i er datapunktene strøm og spenning. Det vil også fremkomme usikkerhet i regresjonslinja som vil bli funnet ved bruk av covariansen til den lineære regresjonen:

$$Cov(X, Y) = \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N} = M \quad (6)$$

Her er M covarians matrisen. Finner usikkerheten ved å ta roten av diagonalen til covarians matrisen

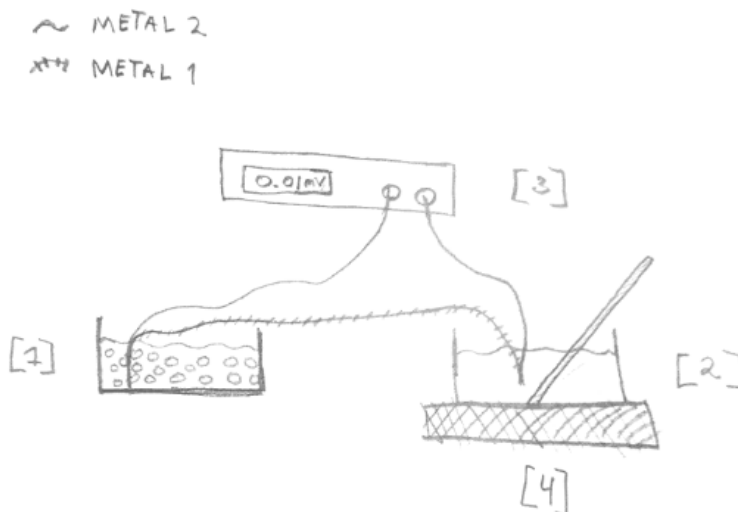
$$\sqrt{DIAG(M)} = \sigma_A, \sigma_B \quad (7)$$

Ved å plotte residualene så finner vi hvor bra regresjonsmodellen passer datapunktene der den beste modellen har ingen residualer. For å finne residualene så gjør vi slik:

$$Residualer = M\ddot{a}lte\ data - Predikterte\ data\ (Y)$$

3 Eksperimentelt oppsett og framgangsmåte

- Termoelement
- Beger med is/vann
- Beger med vann
- Kokeplate
- Voltmeter som måler i mikrovolt-området
- Rørestav



Figur 2: Oppsett av eksperiment, (1) Beger med is, (2) Beger med vann og rørepinne, (3) Voltmeter som måler mikrovolt, (4) Kokeplate.

Vi fylte opp is i det ene begeret og puttet den ene loddet siden ned i isbadet. Fylte opp det andre begeret med vann og is for å kjøle ned vannet ned til rundt 0 grader og puttet den andre loddet siden av lederen ned i begeret. Deretter koblet vi hver ende inn i voltmeteret. Tok måling av temperaturen til isbadet og vannbadet, og deretter satte vi på kokeplaten.

Under oppkoking tok vi temperaturen av vannbadet og fulgte med på verdien vi fikk på voltmeteret. Vi skrev ned spenningen hver 5 grad °C. Når vannet begynte å koke tok vi siste måling ved 100°C, vi stoppet eksperimentet og fylte opp for å foreta forsøket på nytt slik at vi fikk to datasett.

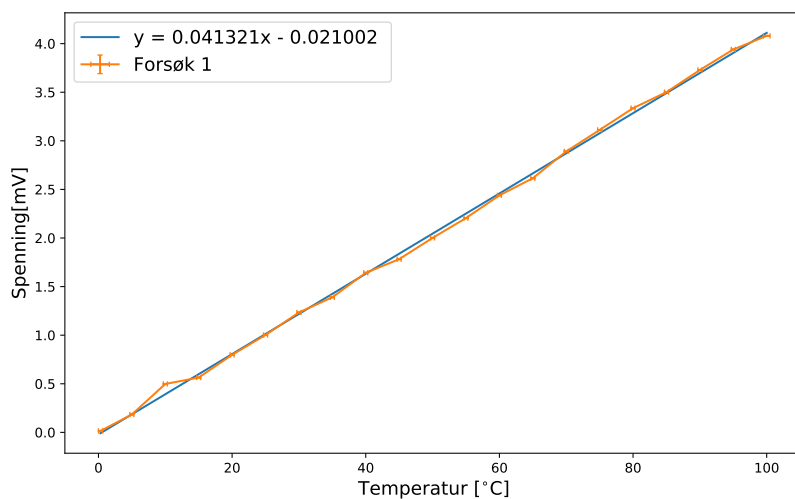
4 Resultater

Ved bruk av ligning(6) og (7) finner vi usikkerheten i regresjonen slik at regresjonen i forsøkene ble. Usikkerhet A: 0.000314 Usikkerhet B: 0.018383

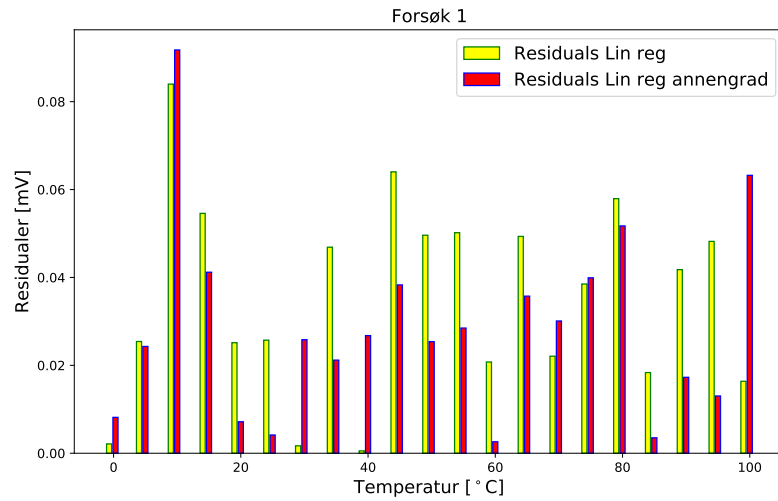
$$y_1 = (0.041321 \pm 0.000314)x - 0.021002 \pm 0.018383$$

$$y_2 = (0.040915 \pm 0.000186)x + 0.0048492 \pm 0.010875$$

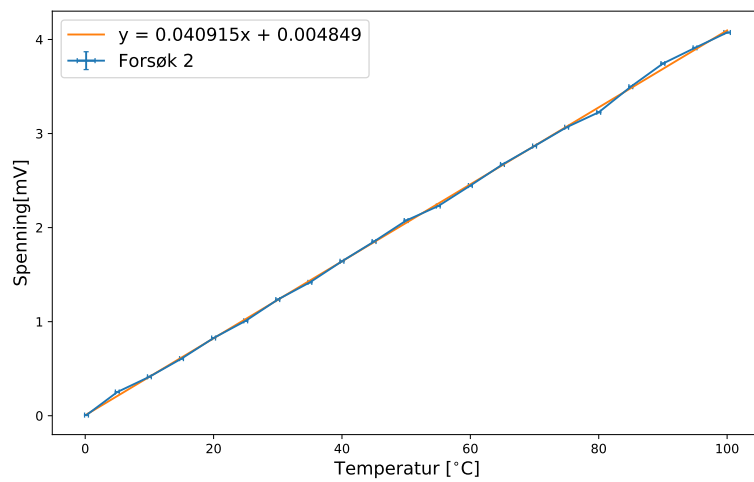
y_1 er den lineære regresjonen for forsøk 1 og y_2 for forsøk 2



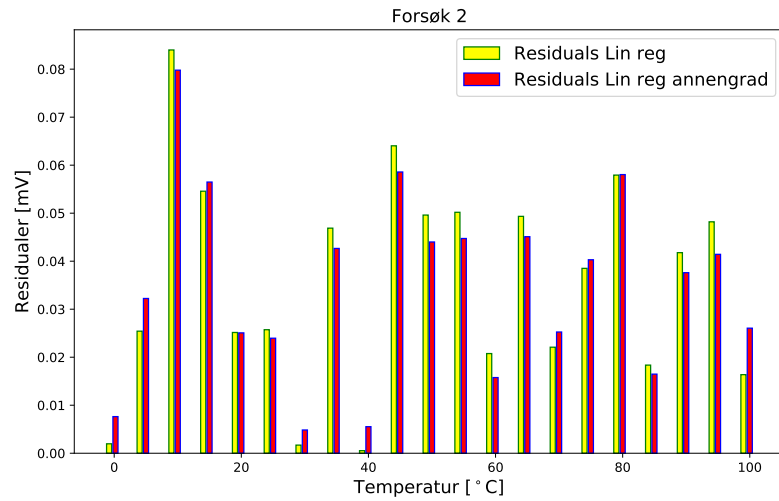
Figur 3: Lineær regresjon av første forsøk



Figur 4: Feilledd/Residualer for første forsøk



Figur 5: Lineær regresjon av siste forsøk



Figur 6: Feilledd for siste forsøk

Temp [°C]	Spenning[mV] #1	Spenning[mV]#2
0,2/0,1	0,015	0,007
5	0,184	0,252
10	0,498	0,414
15	0,564	0,607
20	0,798	0,826
25	1,002	1,009
30	1,234	1,235
35	1,39	1,418
40	1,642	1,642
45	1,782	1,852
50	2,001	2,075
55	2,205	2,229
60	2,439	2,447
65	2,615	2,671
70	2,891	2,867
75	3,112	3,067
80	3,336	3,226
85	3,501	3,498
90	3,729	3,744
95	3,94	3,911
100	4,08	4,074

Tabell 1: Data for øvelsen

5 Diskusjon

Som man ser på grafene(3 og 5) ser dataen til å stige noe lineært. Ser også at det forekommer nesten samme mengde feilledd, men annengrads regresjonen ser ut til å være noe mer presis i første forsøk. Summen av residualene til den lineære regresjonen i forsøk 1 gir 0.7431mV og summen for annengrads regresjonen gir 0.5998mV , vi ser her at annengrads regresjonen gir totalt mindre feil. I forsøk to får vi derimot 0.3540mV for den lineære og 0.3642mV for annengrads. Dermed forekommer det bedre lineær modell for andre forsøk. Dette kommer nok av at vi hadde allerede gjort forsøket og var dermed litt flinkere til å gjøre forsøket mer presist.

I graf 3 og 5 så er det plassert feilflagg for usikkerheten i målingene gitt fra bruksanvisningene til instrumentene. (Se appendix) Usikkerhet fra voltmeteret var ubetydelig lite og syntes ikke på grafen. Usikkerheten i temperatur var på 0.3 grader $^{\circ}\text{C}$. Mengden volt som blir generert er ikke veldig mye, men det er fint målbart. Det var ganske greit å gjennomføre forsøket fordi det ikke var så mange usikkerheter og feilkilder å tenke på. Noe som er verdt å merke er at ledningen man bruker tar opp bakgrunnsstøy veldig lett da ledningene man bruker vil være antenner. Dette vil medføre at man får noe feilmålinger på instrumentet.

6 Konklusjon

I første forsøk ser man at dataen er noe lineær, men annengrads regresjonen gir litt mindre feil. Summen av residualene for den lineære modellen gir 0.7433mV og annengrads modellen 0.5998mV . Her kunne vi dermed konkludert med at termoelektriske effekten ikke har en lineær sammenheng. Men i forsøk 2 får vi resultatet 0.3540mV for den lineære regresjonen og 0.3642mV for annengrads regresjonen. Hvis vi antar at siste forsøk ble gjort mer presist kan vi konkludere med at termoelektriske effekt virker lineært mellom spenning og temperatur. Spenningsmålingene er veldig følsom for bakgrunnsstøy fordi vi måler på veldig lave spenninger noe som da må tas med i betraktning av resultatet.

A Appendix

Usikkerhet $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ for temperatur fra -20°C til 90°C

Usikkerhet $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ for temperatur over 90°C

Usikkerhet voltmeter $\pm 0.0003\%$ av avlest verdi $\pm 0.0003\%$ av området som var 100mV.

B Referanser

<https://snl.no/seebeckeffekt>, hentet: 15.12.2018