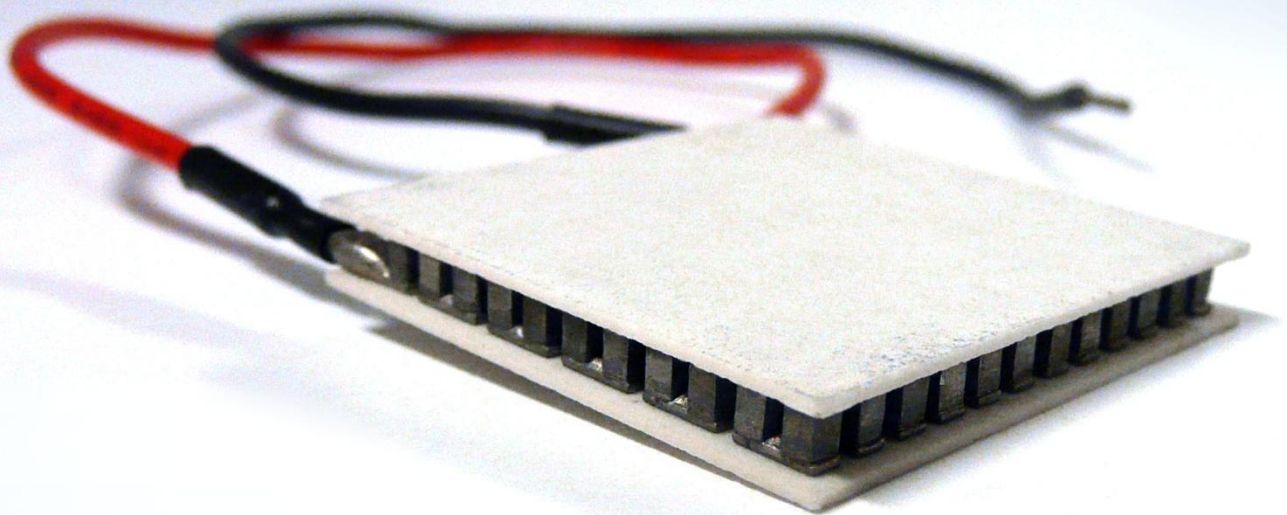


# *Peltier*

## *—Effekten—*



Studieretningsprojekt  
af Jacob Østergaard

## Indholdsfortegnelse

English résumé of the project.....	3
Indledning.....	4
Halvleder.....	4
Termoelektrisk effekt .....	5
Peltier effekt .....	5
Teori.....	5
Forsøg .....	7
Opsætning .....	7
Selve forsøget .....	7
Sammenligning af forsøg og teori .....	9
Beregning af effektfaktor .....	9
Varm .....	9
Kold.....	10
Konklusion .....	10
Kilde- og litteraturliste.....	11
Halvleder.....	11
Termoelektricitet og Peltier effekt.....	11
Bilag 1 (Opgaveformulering).....	12
Bilag 2 (Datablad til Peltier element) .....	13

## English résumé of the project

This project describes how the Peltier effect works both theoretically and practically.

The theoretical part of this project touches the main topics around the theories of the thermoelectric effect, though it's mainly focused around the Peltier effect. We will also get around the history of the Peltier effect and element and its inventor.

The practical part will show you how a Peltier element works in praxis and what might limit the use of it when used in long durations. It's also described where the Peltier element is used the most in today's technology and what the future might hold for the use of Peltier elements in our everyday.

The data extracted from the practical test I have performed will be compared to the actual theories of the Peltier effect and show you that Jean Charles Athanase Peltier was indeed correct when he discovered the Peltier effect.

You will also get to know why the actual Peltier element works like it does and you will also learn about the semiconductors used in the element which is a crucial part to make the Peltier element work.

After the practical test results have been compared the theory I will calculate the power factor which was achieved using the Peltier element.

All in all the project went very well and it was indeed great to see the practical results fit the theories spot on.

## Indledning

Køling er et stort krav når store computere skal arbejde hårdt eller når man transporterer fødevarer over lange afstande. Indtil nu har man for det meste brugt metal klodser og blæsere til at flytte varmen væk fra en computers processor, men da varmen selv skal vandre fra CPU'en til kølerklodsen og derefter til luften omkring den kan der hurtigt ophobe sig megen varme som ikke kan nå at komme væk.

Et Peltier element kan dog flytte varme lydløst ved blot en smule strøm og smart brug af halvleder teknologi. Producenter af køling til Pc'er og større servere er begyndt at se den store fordel ved at benytte et Peltier element til at flytte varmen. Peltier elementet sørger derved for at varmen hurtigt bliver flyttet væk fra processor kernen og kan derved ophobe sig i et kølelement frem for i selve processoren som førhen.

## Halvleder

En halvleder er en elektrisk leder som har en speciel høj modstand i forhold til en almindelig elektrisk leder.

En halvleder kendetegnes ved at den elektriske modstand falder når temperaturen stiger.

Materialer brugt til at fremstille halvledere har den specielle egenskab at næsten alle atomer i stoffet har de elektroner de ønsker i alle deres skaller, en elektronstrøm udefra vil derved få svært ved at vandre gennem stoffet fra atomskal til atomskal da mange af atomerne ikke kan optage flere elektroner. Man fremstiller derfor stoffet med en vis procentdel "forurening" det vil sige at man tilføjer andre atomer fra et andet stof som har næsten samme antal elektroner i dens skaller dog har den ikke alle de elektroner den ønsker eller også har det tilførte stof for mange. Elektroner kan derved strømme langsomt gennem stoffet ved at bytte plads med elektronerne i de atomer som ellers havde de elektroner som det ønskede.

Et stof som er yderst populært inden for fremstilling af halvledere er Silicium<sup>1</sup>.

Silicium har 4 elektroner i yderste skal og ønsker at have 8. Når man de derved er sat sammen i et gitter vil de kunne låne elektroner fra hinanden og derved præcist have 8 hver. I denne form er silicium fuldstændig isoleret for en elektronstrøm og derved komplet ubrugelig indenfor elektronik. Tilføje man dog for eksempel Arsen som har 5 elektroner i yderste skal og ønsker at have 4 for at passe ind vil der straks ske

---

<sup>1</sup> Kilde: Ref#1

noget i gitteret da der nu er et frit elektron som kan bytte plads med andre elektroner i gitteret, stoffet er derved blevet godt til at lede en negativ strøm og kaldes derved et N-krystal.<sup>II</sup>

Silicium kan også forurenes med Indium som kun har 3 elektroner i yderste skal og ligeledes ønsker 4 for at passe ind i gitteret. Der vil derved opstå frie pladser til elektroner i gitteret som ønsker at blive fyldt ud af elektroner udefra. En positiv elektronstrøm vil derved løbe godt dette stof, det kaldes derved for et P-krystal.

## Termoelektrisk effekt

Den termoelektriske effekt er en effekt der opstår når man omdanner varme direkte til elektricitet som fysikeren Thomas Johann Seebeck<sup>III</sup> har beskrevet i sin teori. Den danske fysiker H.C. Ørsted fik dog Seebeck på rette spor efter at han begyndte at forske i elektromagnetisme. Da denne teori blot var det omvendte af hvad Peltier senere opdagede bliver Seebeck effekten i dag kaldet Seebeck-Peltier effekten.<sup>IV</sup>

Termoelektricitet er dog også en effekt som opstår, når man omdanne strøm direkte til varme og kulde. Dette har fysikeren Jean Charles Athanase Peltier beskrevet i hans teori.

## Peltier effekt

Den franske fysiker Jean Charles Athanase Peltier født i 1785<sup>V</sup> opdagede i 1834 en usædvanlig effekt som opstår, når en elektrisk strøm pacere fra et stykke positivt ladet metal til et stykke negativt ladet metal, elementet blev varm på den ene side og kølig på den anden side. Han opdagede derved at man kan absorbere varme med et sådant element.

## Teori

Når en strøm,  $I$ , løber gennem et Peltier element vil der danne sig varme på den ene side og kulde på den anden. Man kan også sige at den kølige side absorbere varme og flytter det til den varme side for at forstå det korrekt.

---

<sup>II</sup> Kilde: Ref#2

<sup>III</sup> Kilde: Ref#6

<sup>IV</sup> Kilde: Ref#3

<sup>V</sup> Kilde: Ref#5

Mængden af varme absorberet til tiden betegnes som  $\dot{Q}$ :

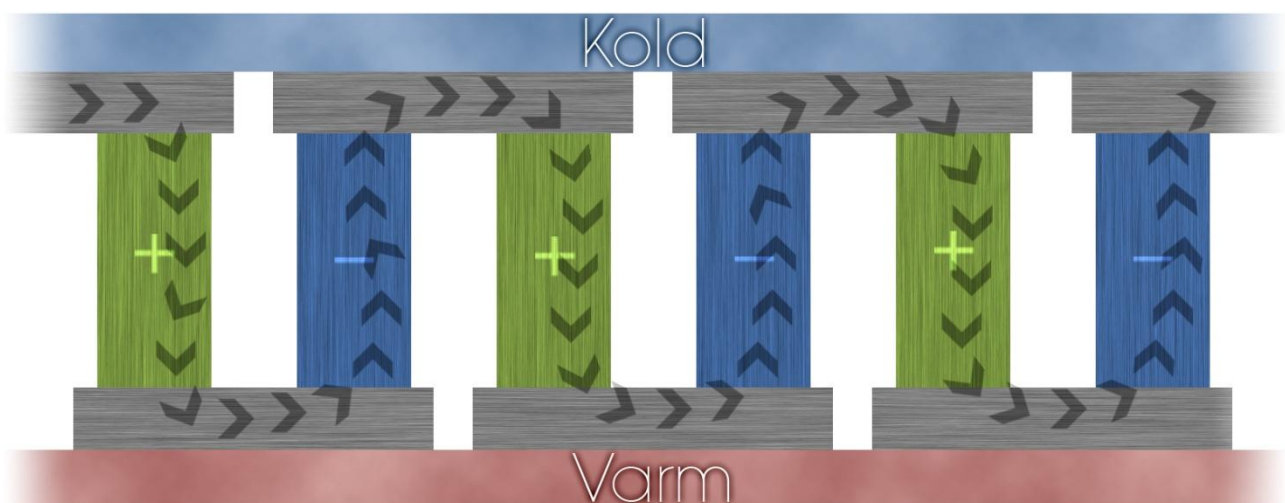
$$\dot{Q} = \Pi_{AB}I = (\Pi_B - \Pi_A)I^{VI}$$

$\Pi_{AB}$  er den samlede varme koefficient for hele Peltier elementet og  $\Pi_A$  og  $\Pi_B$  er henholdsvis varme koefficienter for de enkelte metaller. Som jeg nævnte i forbindelse med halvledere er en P-krystal positiv og en N-krystal negativ, det betyder dermed at de har positive og negative fortegn, det skal man huske når man indsætter dem i denne formel.

$\Pi_A$  og  $\Pi_B$  skal derfor være forskellige for at effekten vil ske.

Når en strøm af elektroner så løber gennem et sådant Peltier element kredsløb vil elektronerne forårsage varme når de går fra et metal med lav densitet af elektroner til et metal med høj densitet af elektroner da det er sværere at komme gennem metallet. Elektronerne vil så løbe videre med det næste metal som så har en lav densitet og derved gå fra et metal med høj densitet til et metal med lav densitet, derved vil elektronerne ekspandere og derved afkøle, præcis som vi kender det når man bruger en deodorant eller lukker luft ud af en iltflaske.

Et Peltier element er derfor opbygget at sammenkædede metaller hvor hver anden er høj densitet og hver anden igen er med lav densitet. Strømmen vil derved konstant gå fra høj densitet til lav densitet til høj densitet til lav densitet og så videre. Samler man så disse kredsløb så hver anden samling er på hver sin side af elementet vil den ene side blive kold og den anden blive varm.



Det sjove er så at elementet virker uanset hvilken retning strømmen har i kredsløbet.

<sup>VI</sup> Kilde: Ref#4

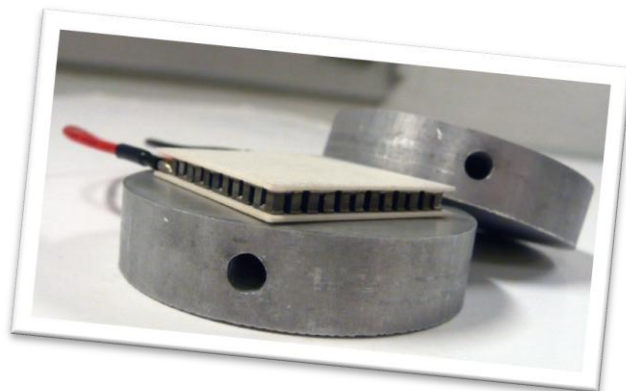
## Forsøg

Jeg udførte et forsøg med et Peltier element for at eftervise teorien bag Peltier effekten.

## Opsætning

Til mit forsøg benyttede jeg følgende apparatur:

- PC med LoggerPro
- DataLogger
- 2 Temperatur sensorer
- Spændings sensor
- 2 Aluminiums klodser med huller til temp. sens.
- Peltier element (30x30x4 (mm) | max. 8,5 V og max 4,6 A)<sup>vii</sup>



## Selve forsøget

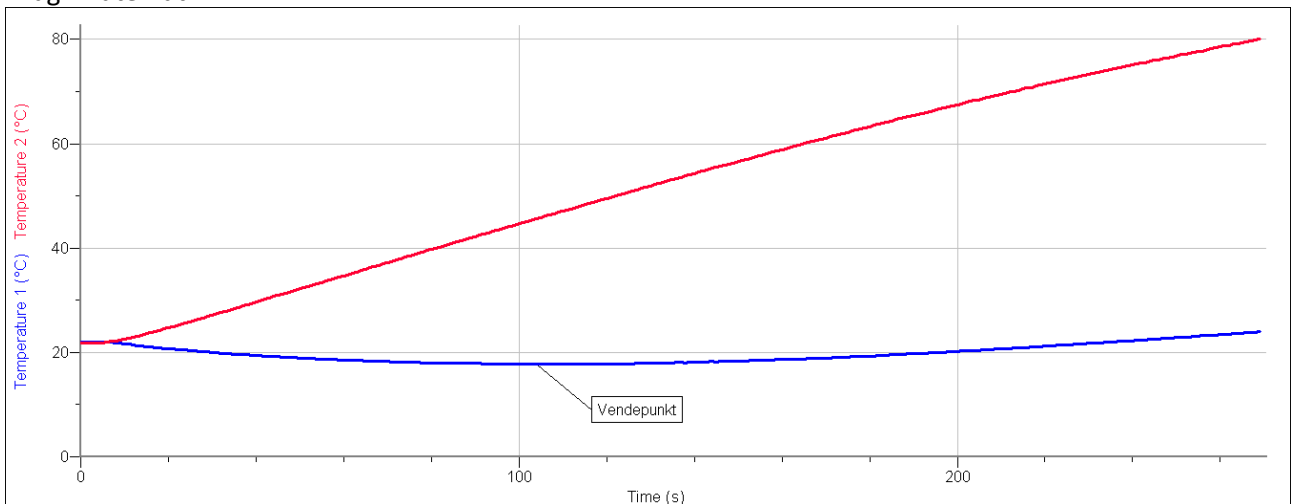
Jeg indstillede strømforsyningen til 8 V og max. 4 A hvorefter jeg startede dataopsamlingen i LoggerPro og tændte derefter straks for strømforsyningen.

Målingerne fra forsøget så helt perfekte ud. Den ene side blev tydeligt varm mens den anden side blev hurtigt afkølet. Da forsøget blev startet optog Peltier elementet en spænding på ca. 3,5 V som derefter steg langsomt gennem forsøget.

Efter 104 sekunder stødte jeg dog på et problem som var forudsigeligt, den varme aluminiumsklods kunne ikke længere komme hurtigt nok af med varmen og den kolde klods begyndte derfor at optage noget af dens varme.

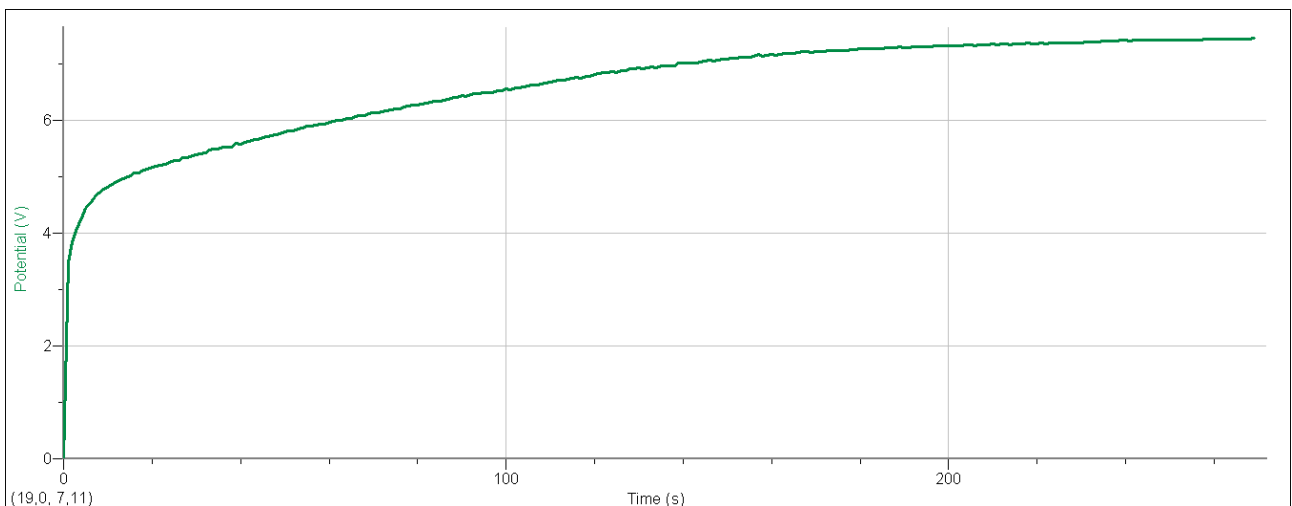


<sup>vii</sup> Se bilag 2



I almindelig praksis løses dette problem ved at benytte køleribber i stedet for en solid klods. En blæser monteres så for at blæse køligere luft gennem køleribberne som varme så kan flytte over i. Derved vil den kolde side af Peltier elementet ikke blive forstyrret og temperaturen vil derfor fortsat falde indtil et nyt vende punkt opstår når luften ikke vil kunne nå at optage varmen.

Vi kan se på grafen herunder at spænding stiger fra forsøgets start til slut. Hvis forsøget varede længere ville strømmen fortsætte med at stige indtil Peltier elementets maksimum spænding på 8,5 V blev nået, dog havde jeg indstillet strømforsyningen til 8 V for at være sikker på ikke at skade Peltier elementet.



Da Peltier elementet består af en masse små halvledere betyder det at strømmen har svært ved at passere i elementet ved en lav temperatur, derfor benytter Peltier elementet kun en spænding på 3,465 V ved forsøgets start.

## Sammenligning af forsøg og teori

Meget tidligt i forsøget var det ganske tydeligt at Peltiers teori var helt korrekt.

Teorien passer også når den ene side blev varm og den anden kold.

Inden den egentlig dataopsamling i forsøget prøvede jeg også at vende strøm retningen i elementet hvilket også passede præcist med teorien, den varme og kolde side byttede plads som de skulle.

I teorien vidste jeg også på forhånd at Peltier elementet var opbygget af halvledere så på det plan kan man godt sige at teorien også passede da halvledere bliver mindre resistente ved høje temperatur mere resistente ved lave temperatur. Denne effekt ville man faktisk kunne udnytte til at bruge Peltier elementet som temperatur måler ved hjælp af en smule ekstra elektronik, lidt ligesom en almindelig diode.

## Beregning af effektfaktor

For at finde effekten,  $P$ , for Peltier elementet vil jeg benytte formlen for effekt i Watt:

$$P = \frac{Q}{t}$$

### Varm

Jeg finder den først for den varme side:

Først finder jeg  $Q$ :

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

$c$  for aluminium er  $0,896 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

$m$  for en af klodserne er  $60\text{g}$

$\Delta t$  har jeg valgt fra start til 104 sekunder inde i forsøget:  $(45,4^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) = 23,4^\circ\text{C}$

$$Q = 0,896 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 60\text{g} \cdot 23,4^\circ\text{C}$$

$$Q = 1263,6\text{J}$$

Som nævnt tager jeg tiden,  $t$ , fra forsøgets start til 104 sekunder inde i forsøget, altså:

$$P = \frac{1263,6J}{104s}$$

$$P = 12,15W$$

## Kold

Nu finder jeg den så for den kolde side:

Jeg finder  $Q$ :

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

$c$  for aluminium er  $0,896 \frac{kJ}{kg \cdot K}$

$m$  for en af klodserne er  $60g$

$\Delta t$  har jeg valgt fra start til 104 sekunder inde i forsøget:  $(17,8^{\circ}C - 22^{\circ}C) = -4,2^{\circ}C$

$$Q = 0,896 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 60g \cdot -4,2^{\circ}C$$

$$Q = 225,7J$$

Som nævnt tager jeg tiden,  $t$ , fra forsøgets start til 104 sekunder inde i forsøget, altså:

$$t = 104s$$

$$P = \frac{225,7J}{104s}$$

$$P = 2,17W$$

## Konklusion

Projektet om Peltier effekten gik som forventet. Der var tilpas meget information til rådighed om både halvledere, termoelektricitet og Peltier effekten, det gjorde hele forståelsen af teorien og forsøgets udførelse og funktion meget nemmere at håndtere.

Forventningerne til forsøget var som opnået og selvom temperaturen på den kolde side begyndte at stige efter nogen tid var det kun med til at bekræfte at massive køleklodser ikke er tilstrækkelig over længere brug, selvom jeg havde lavet klodserne så de passede bedst mulig.

Beregningerne gik også godt, da Peltier elementet anvendt i forsøget ikke er ret stort er effektfaktorerne ganske realistiske og sågar mindre end jeg havde forventet.

## Kilde- og litteraturliste

### Halvleder

Ref#1 - Wikipedia - <http://da.wikipedia.org/wiki/Halvleder>

Ref#2 - EMU - <http://www.emu.dk/gsk/fag/fys/ckf/fase1/1aafok/elektronik/dioder/halvledere/index.html>

### Termoelektricitet og Peltier effekt

Ref#3 - Wikipedia - [http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_effect)

Ref#4 - Wikipedia - [http://en.wikipedia.org/wiki/Peltier\\_effect#Peltier\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Peltier_effect#Peltier_effect)

Ref#5 - Wikipedia - [http://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Charles\\_Peltier](http://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Charles_Peltier)

Ref#6 - Wikipedia - [http://en.wikipedia.org/wiki/Seebeck\\_effect#Seebeck\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Seebeck_effect#Seebeck_effect)

AccessScience - <http://accessscience.com/content.aspx?a=691000s008&id=691000>

## Bilag 1 (Opgaveformulering)

### Studieretningsprojekt Holstebro Tekniske Gymnasium

---

Elevens navn: Jacob Østergaard  
Klasse: h07hxg3a  
Studieretningsprojektets hovedfag: Fysik A  
Studieretningsprojektets bifag: Matematik A  
Studieretningsprojektets område: Peltier-effekten

Tidsperiode: Fra den 12/12-08 kl. 14.00 Til den 19/12-08 kl. 9.00

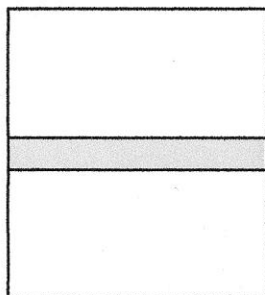
---

Det er almindeligt kendt, at sendes en elektrisk strøm gennem en leder, vil denne blive varm (el-pære, varmeovn). Det er nok mindre kendt, at visse halvledermaterialer reagerer på den måde, at sendes en strøm gennem dem, bliver den ene side af materialet kold og den anden varm – strømmen gør det altså muligt at sende varme eller kulde gennem materialet. Det kaldes Peltier-effekten. Den er en del af den såkaldte termoelektriske effekt.

#### Opgaveformulering:

- Gør rede for, hvad en halvleder er.
- Gør rede for den termoelektriske effekt, herunder Peltier-effekten.
- Udfør et eksperiment med det udleverede Peltier-element, hvor sammenhængen mellem tilført strøm og opnået temperaturforskul måles. Se bilag.
- Passer de opnåede resultater med det, teorien siger?
- Beregn den opnåede effektfaktor.

#### Bilag:



Her er vist et Peltier-element (grå markering), hvorpå der er monteret en aluminiumsklods på begge sider (monteres med kølepasta).

*Leif Steffensen*

## Bilag 2 (Datablad til Peltier element)

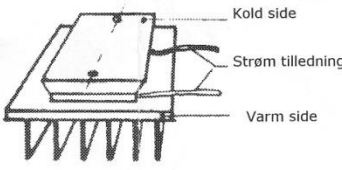
# KOZ ELECTRONICS

## Peltier element

En Peltier element kan bruges over alt hvor temperaturen ønskes kontrolleret. Ved hjælp af strøm gennemløbet i komponenten får den flyttet energien dvs. varmen fra den ene side til den anden. Elementens specielle egenskaber giver desuden mulighed for at bestemme hvilken side der skal varme eller køle helt enkelt ved at vende strøm retningen.

**Anvendelses område**  
Til CPU, transistorer, mobile kølebokse, temperatur regulering osv..

**Brugtagning**  
Peltier elementer bruges normalt i forbindelse med en køleplade. Dette er nødvendigt da elementens forholdsvis små flader ikke er tilstrækkelige til at komme af med varmen. Det gælder her at temperatur forskellen på de to sider ikke må overstige 60°C. Ved en overskridelse af denne grænse vil køle effekten gradvis forsvinde og selvopvarmningen vil begynde at påvirke den kolde side.



Størrelse (l x b x h) (mm)	Spænding max. (V)	Strøm max. (A)	Effekt max. (W)	$\Delta T$ max. (°C)	Vægt (g)
15x15x4,7	1,9	3,3	3,9	60	4,3
30x30x4,0	8,5	4,6	22,8	60	13,4
40x40x4,0	15,4	4,6	41,0	60	23,2

Temperatur område : -150°C ~ +70°C

Beskrivelse for størrelserne: 15x15  
30x30  
40x40

Koz Electronics 2000 Ver. 1  
www.koz.dk