

## Vorbemerkung

Dies ist ein korrigiertes Praktikumsprotokoll aus dem Modul physik312.

Dieses Praktikumsprotokoll wurde von einem Tutor korrigiert. *Dies bedeutet jedoch nicht, dass es sich um eine Musterlösung handelt. Weder ich, noch der Tutor implizieren, dass dieses Dokument keine Fehler enthält.*

Alle Praktikumsprotokolle zu diesem Modul können auf [http://martin-ueding.de/de/university/bsc\\_physics/physi](http://martin-ueding.de/de/university/bsc_physics/physi) gefunden werden.

Sofern im Dokument nichts anderes angegeben ist: Dieses Werk von Martin Ueding ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](#).

[disclaimer]

physik 312 — Versuch 312

Wärmerstrahlung

Martin Oetling

mu@uni-bonn.de

2013-02-24

## Einleitung

In diesem Versuch möchten wir die Schwarze- und Graukörperstrahlung untersuchen; dabei die Strahlungsgesetze von Planck und Stefan Boltzmann zu bestätigen. ✓

## Theorie

Floss:

$$\frac{d\Phi}{dF} = E(\lambda, T) d\lambda$$

Emissionsvermögen  $E(\lambda, T)$

Reflexionsvermögen  $R(\lambda, T)$

Transmissionsverm.  $D(\lambda, T)$

Absorptionsverm.  $A(\lambda, T)$



Strahlungsgleichgewicht:

$$\Phi_1 + R_1 \Phi_2 = \Phi_2 + R_2 \Phi_1$$

Schwarzer Körper:  $A = 1$

Grauer Körper:  $A < 1$

$E = h\nu$  Photonenenergie

Plancksches Strahlungsgesetz

$$E_S(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1}$$

Maximum:

$$\lambda_{\max} T = 2,897 \cdot 10^{-3} \text{ m K}$$

Integral  $E_S$  über alle  $\lambda$  gibt  
Stefan-Boltzmann-Gesetz:

$$\frac{\Phi}{F} = \varepsilon \sigma T^4$$

Thermosäule wandelt mit Peltier-Effekt  
Temperaturdifferenzen in Spannung um.

$\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 \right) = m v \frac{dv}{dt} + k x \frac{dx}{dt}$   
 $= m v a + k x v = v (m a + k x)$   
 $= v (F) = v \cdot 0 = 0$

$\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 \right) = 0$   
 $\Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 = \text{const}$

$\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 \right) = 0$   
 $\Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 = E$

$\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 \right) = 0$   
 $\Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 = E$

$\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 \right) = 0$   
 $\Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 = E$

d) (writing for maximum work)

$\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 \right) = 0$   
 $\Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 = E$

$\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 \right) = 0$   
 $\Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 = E$

(writing for maximum work)

## Aufgaben

A

$$\varphi_1 + R_{21} \varphi_2 = \varphi_2 + R_{12} \varphi_1$$

$$\varphi_1 + (1 - A_1) \varphi_2 = \varphi_2 + (1 - A_2) \varphi_1$$

$$A_1 \varphi_2 = A_2 \varphi_1$$

Bilde totales Differential

$$A_1 d\varphi_2 = A_2 d\varphi_1$$

$$A_1 E_2 = A_2 E_1 \quad (\text{dFdl gekürzt})$$

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} \quad \checkmark$$

b) Gleichung für Maxima nach  $T$  auflösen.

$$T = \frac{\alpha}{\lambda}$$

Einsetzen in  $E_s(\lambda, T)$ :

$$E_s(\lambda) = \frac{2\pi h c^2}{\exp\left(\frac{hc}{k\lambda}\right) - 1} \cdot \frac{1}{\lambda^5} \quad \checkmark$$



Körper *schleimert*



C  
test  
Vor der Messung die Umgebungswärme  
addieren.

$$\frac{Q}{F} = \epsilon \sigma (T^4 - T_0^4)$$

$$\frac{T^4 - T_0^4}{T^4} = \frac{1}{1,01} \Rightarrow T = 929 \text{ K} \quad \checkmark$$

Durchführung

Messwerte

9

Widerstand  $(0,35 \pm 0,05) \Omega$  ✓

~~t/s~~

U/mV

$\Delta U = 0,7 \text{ mV}$

Wieso gerade 0,7 mV?

10	3,7
20	5,2
30	5,5
40	6,1
50	6,5
60	6,9
70	7,4
80	7,4
90	7,1
100	7,4
110	7,5
120	7,8
130	8,3
140	7,8
150	7,8
160	7,8
170	8,2
180	7,8



6,0V 2,88A

<u>t/s</u>	<u>U/mV</u>
10	31,0
20	36,0
30	38,0
40	39,2
50	40,2
60	41,1
70	41,7
80	42,5
90	42,9
100	43,5
110	43,9
120	44,3
130	44,7
140	45,1
150	45,5
160	45,8
170	45,8
180	46,0
190	46,1
200	46,3
210	46,5
220	46,6
230	46,8
240	46,9
250	47,1
260	47,1
270	47,2
280	47,3
290	47,5
300	47,6
310	47,8

$$90\% \cdot (47,8 - 7,8) = 36,0$$
$$+ 7,8 = 43,8$$

110 Sekunden ✓

CW

b

19,0°

glanz

	$T [^{\circ}C]$	$u [m/s]$
schwarz	82°	106,2
<del>hapter</del>	80,5°	88,0
weiss	79°	95,1
matte	77,5°	21,0
Schwarz	75,5	89,4
glanz	74	68
weiss	72,7	80,3
matte	71,1	17,9
schw	70	76,2
glanz	68,2	6,2
weiss	67,0	69,5
matte	66,0	15,5
schw	64,7°	65,7
glanz	63,5	5,8
weiss	62	59,8
matte	61,2	13,5
schwarz	60,1	57,2
glanz	59,5	4,2
weiss	58,0	82,3
matte	57,0	1,8

Schwarz

TC03

88,1  
~~26,7~~  
36,5  
47,5  
49,0  
28,9

~~106,2~~  
~~87,4~~  
76,2

uCar3

116,3  
19,5  
36,3  
26,3  
11

glanz  
mm

○

86,5  
36  
46,5  
40,0  
28,5

○

6,6  
2,1  
3,5  
3,3  
2,4

50

weiß  
mm

○  
84,5  
35,3  
46  
39,2  
28,5

○  
103,7  
18,3  
34,1  
24,6  
10,4

moat  
mm

○  
85,0  
35,5  
45,5  
34,0  
28,0

○  
22,8  
5,2  
8,6  
6,9  
5,9

CW



C

$$U_H = 11,9 \text{ V}$$

$$I_H = 4,23 \text{ A}$$

$$\Delta d = 1 \text{ mm}$$

$$\Delta u = 0,001 \text{ V}$$

~~H<sub>1</sub> → H<sub>2</sub> →~~

~~+ H<sub>1</sub> → H<sub>2</sub> →~~

d / cm	u / V
15	3,2499
16	2,8315
17	2,5004
18	2,2486
19	2,0043
20	1,8156
21	1,6285
22	1,4302
23	1,2417
24	

~~I/A      u/V      u/V~~

u/V	I/A	u/V
10,9	4,02	<del>2,8626</del> 3,87
11,0	4,02	

13,0	4,24	3,27
11,0	4,02	3,85
10,0	3,82	2,48
9,0	3,6	2,12
8,0	3,36	1,76
7,0	3,11	1,43
6,0	2,85	1,11
5,0	2,57	0,84
4,0	2,25	0,6
3,0	1,90	0,36

CW

## Durchführung

a

Wir bestimmen den Widerstand  $R_0$  der Lampe. (Messwert vorher Seiten vorne).

Wir schließen die Thermosäule an den Verstärker und belegen den Eingang mit schwarzer Folie. Alle 10 s für 3' bestimmen wir  $U$ .

Dann stellen wir Helogenlampe vor die Thermosäule und messen 5', alle 10'. ✓

b

Wir füllen den Leisewürfel mit heißem Wasser, warten 1'40" und lesen die Thermospannung ab. Dann drehen wir den Würfel und warten wieder bis zur nächsten Messung.

Normale Parallel, um Pfeilstrahl vor die Säule rein zu vermeiden. ✓

c

Wir stellen wieder <sup>die</sup> Lampe vor Thermosäule. Dann variieren <sup>wir</sup> den Abstand.

Im zweiten Teil variieren wir die Lampenleistung.

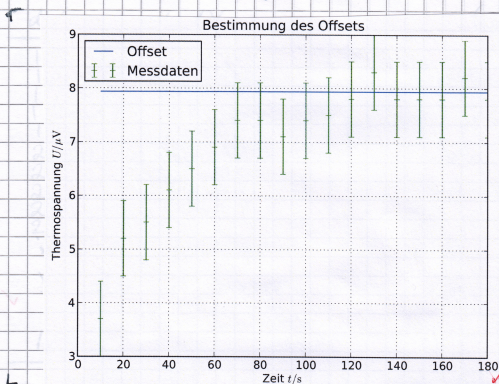
Tabelle mit Wert?



# Umswertung

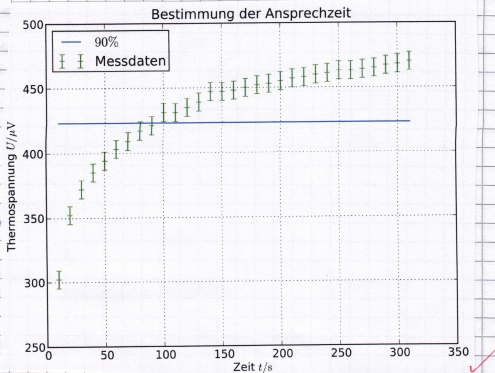
a

Ich wir plotten  $U$  gegen  $\frac{t}{\tau}$ :



Aus den letzten drei Messungen erreche ich einen mittleren Offset:  $7,93 \mu\text{V}$  ✓

Für die Ansprechzeit plotten ich  $U/\frac{t}{\tau}$ .  
Aus dem maximalen Wert erreche ich die 90% während des Versuchs haben wir "140" überschlagen. ✓



b

Die Temperaturen rechnen ich in Kelvin um.  
 Die gemessene Spannung teile ich durch  
 100 und rechne wie mit

$$\frac{\Phi}{F} = \frac{U}{S} \quad S = 30 \frac{\mu\text{V} \cdot \text{m}^2}{\text{V}}$$

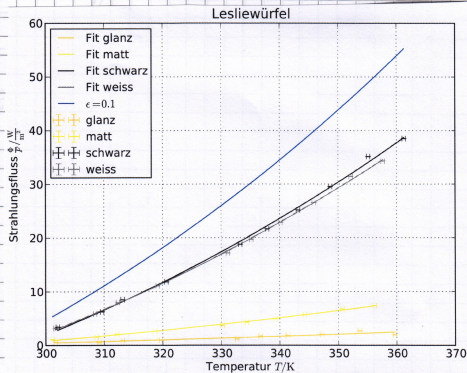
in Fluss um, nachdem ich den Spannungs-  
 offset abgezogen habe.

Tabelle mit  
 Werten?

Die errechneten Flüsse trage ich gegen  
 $T$  auf. An die Messwerte füge ich

$$\frac{\Phi}{F} = \epsilon \sigma T^4 + C$$

an.



sollte gegen  $T^4 - T_0^4$  aufgetragen werden

Als Fitparameter erhalten ich:

Material	$\epsilon$	$\Delta \epsilon$	offset	$\Delta \text{offset}$
glanz	0,00413	0,000598	-1,49	0,427
matt	0,045	0,000516	-5,87	0,22
schwarz	0,0726	0,00115	-31,4	0,818
weiss	0,069	0,000728	-29,5	0,512

offset = c in  $\text{W/m}^2$

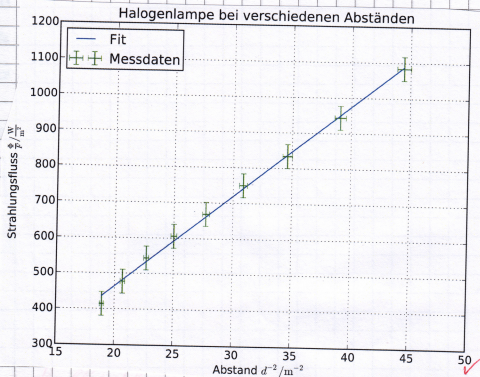
Im Plot ist aus Skalengründen ein grauer Körper mit  $\epsilon = 1/10$  eingezeichnet

Bei nem  $T^4$  Plot passt auch  $\epsilon = 1$  rein.



Ich rechne die gemessenen Spannungen im Fluss um. Dann plote ich Fluss gegen  $d^{-2}$ .

Tabelle?



Siehe oben

Wird der Fit-Funktion?

Die Beziehung  $\frac{\Phi}{F} \propto d^{-2}$  scheint zu passen. ✓

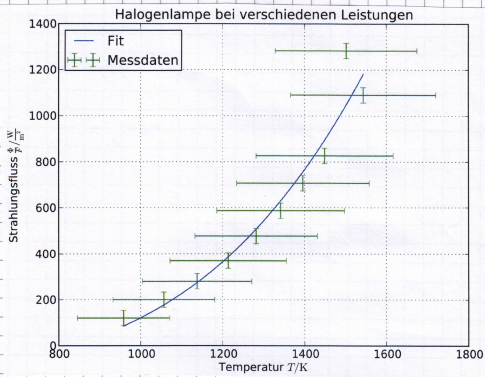
Für den zweiten Teil rechne ich wieder  $U$  in  $\Phi/F$  um. Außerdem berechne ich die Temperatur mit:

$$T = \frac{-\alpha R_0 + \sqrt{R_0^2 \sqrt{4/3 R + \alpha^2 R_0} - 4/3 R_0} + 2/3 R_0 T_0}{2/3 R_0}$$

Dies plote ich  $\Phi/F$  gegen  $T$ :

5. Arbeit

r



L

5. Arbeit

Darum  $\epsilon$  ist wieder

$$\frac{Q}{F} = \epsilon \sigma T^4 + \text{offset}$$

und erhalte  $\epsilon = 0,00401$  Fehler?

### Resultat

Wir haben den Abstrahlkoeffizient bestimmt auf:

Material	$\epsilon$	$\Delta \epsilon$
glas	0,00413	0,000598
mett	0,0145	0,000316
schwarz	0,0726	0,00113
weiß	0,069	0,000728

5. Arbeit

Für die Halogenlampe erhalten wir

$$\epsilon = 0,00401 \pm 0,000347$$

Wahrscheinlich  
hier der Fehler? Im Resultat sollte  
nicht neu aufbereiten



Dass  $P/F \propto d^{-2}$  Gesetz konnten wir bestätigen.

### Diskussion

Die Werte für  $\epsilon$  erschienen mir deutlich zu klein. Ich würde  $\epsilon = 0,1$  oder  $\epsilon = 0,01$  ~~verstehen~~ eher erwarten.

Sind aber durchaus ok.

Dass die Lampe eine derart kleine  $\epsilon$  hat, ist in Relation zu den Würfelflächen in Ordnung, da es ein -wahrscheinlich reflektierender - Metalldraht ist. ✓

Bitte die Tabellen deiner berechneten Werte mit einleiten. Sonst sind die Plots nicht ~~auswertbar~~ nachvollziehbar, ohne die ~~ganze~~ ganze Auswertung nachzurechnen.

Bei ~~Plots~~ bitte die Funktionen + erhaltenen Werte angeben.

Somit gut!

4.3.

Ch