Praktikumsprotokoll
Wärmestrahlung

André Schendel, Silas Kraus
Gruppe DO-20

15. Juni 2012

1 Stefan- Boltzmann- Gesetz

Der schwarze Strahler wurde an die Heizspannung angeschlossen und aufgeheizt. Die Mollsche Thermosäule wurde so nahe wie möglich an die Öffnung des Strahlers gebracht - mit der Kippblende dazwischen - , um störende Hintergrundstrahlung von außen zu minimieren. Dann wurde jeweils in größer werdenden Intervallen die Spannung an der Mollschen Thermosäule gemessen. Aus der Spannung am Thermoelement des Strahlers wurde die Temperatur in Kelvin berechnet.

Tabelle 1: Temperatur des Strahlers und der Thermosäule

Strahler			Thermosäule	
U (mV)	T (K)	ln T (ln K)	U (mV)	ln U (ln mV)
0.030	294.0	5.684	0.110	-2.207
0.063	299.5	5.702	0.190	-1.661
0.092	305.0	5.720	0.260	-1.347
0.122	310.0	5.737	0.330	-1.109
0.146	314.0	5.749	0.380	-0.968
0.210	324.5	5.782	0.550	-0.598
0.310	340.5	5.830	0.810	-0.211
0.405	354.5	5.871	1.100	0.095
0.490	367.0	5.905	1.360	0.307
0.600	382.5	5.947	1.525	0.422
0.900	422.0	6.045	2.900	1.065
1.220	462.0	6.136	4.850	1.579
1.480	493.0	6.201	5.600	1.723
1.900	541.5	6.294	8.000	2.079
2.950	656.0	6.486	13.700	2.617
3.990	763.5	6.638	20.500	3.020
4.810	846.5	6.741	27.500	3.314
5.480	912.5	6.816	35.000	3.555

Die Strahlung durch die Raumtemperatur lieferte zu U_2 nur einen Beitrag von $0.001mV$, also vernachlässigbar gering.

Die logarithmierten Werte übereinander aufgetragen ergaben folgenden Graphen:

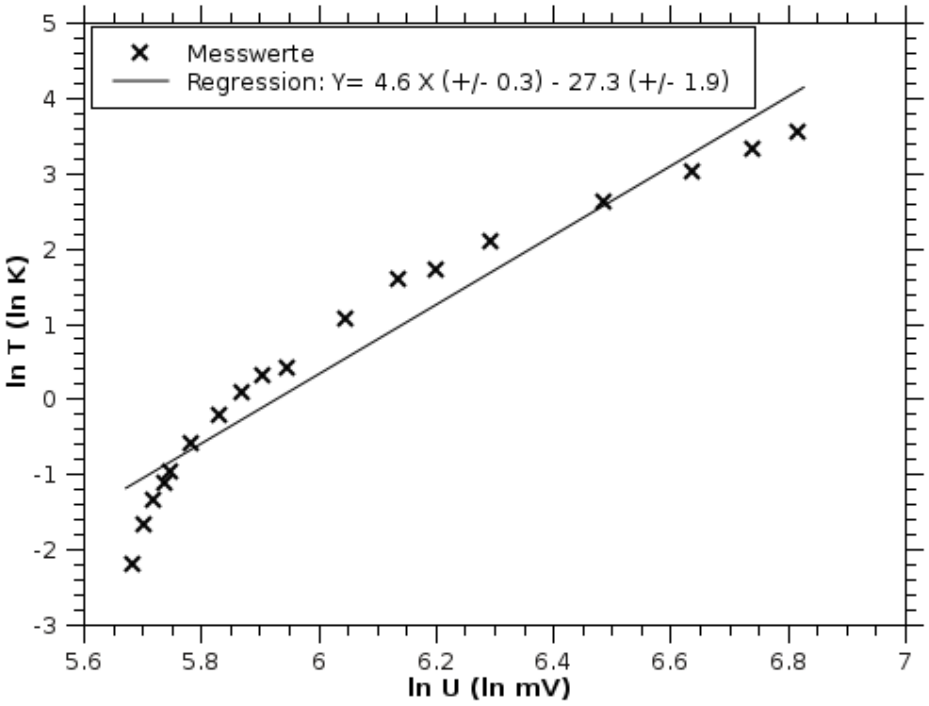


Abbildung 1: logarithmierte Thermospannung der Mollsäule über log. Temperatur (Kelvin)

Die Steigung der Regressionsgeraden liegt mit 4.6 um etwa 15% über dem erwarteten Wert von 4. Allerdings zeigt sich, dass insbesondere die ersten Messwerte stark vom linearen Verlauf abweichen. Vermutlich liegt das daran, dass zu Beginn der Messung die Temperatur schnell anstieg (obwohl die Heizung nicht auf voller Leistung gefahren wurde), sodass jeweils zwischen der Messung von U_1 und U_2 die Temp. weiter anstieg und die Messung somit zu hohe Werte lieferte. Wenn man die ersten 5 Werte in der Regression nicht berücksichtigt, ergibt sich eine Steigung von 3.8, was ein wesentlich besserer Wert ist.

2 Ermittlung des Emissionsvermögens in Abhängigkeit von der Temperatur und der Oberfläche eines Körpers

Als zweites sollte das Emissionsvermögen verschiedener Oberflächen bei verschiedenen Temperaturen untersucht werden.
Dafür wurde ein Strahler mit vier verschiedenen Oberflächen mit einem Heizstrom erhitzt und die abgestrahlte Wärmeleistung mit einem Thermoelement detektiert. Dadurch wurde jeweils eine Spannung messbar, die proportional zu der von den verschiedenen Oberflächen abgestrahlten Wärmestrahlung proportional ist.
Da kein schwarzer Strahler zur Verfügung stand, der als Referenzwert dienen konnte, wurde Titanoxid, als nahezu idealer Strahler, anstelle von diesem verwendet.
Dadurch ergibt sich der Emissionsgrad ϵ

$$\epsilon = \frac{U_{Oberflaeche}}{U_{Titanoxid}}$$

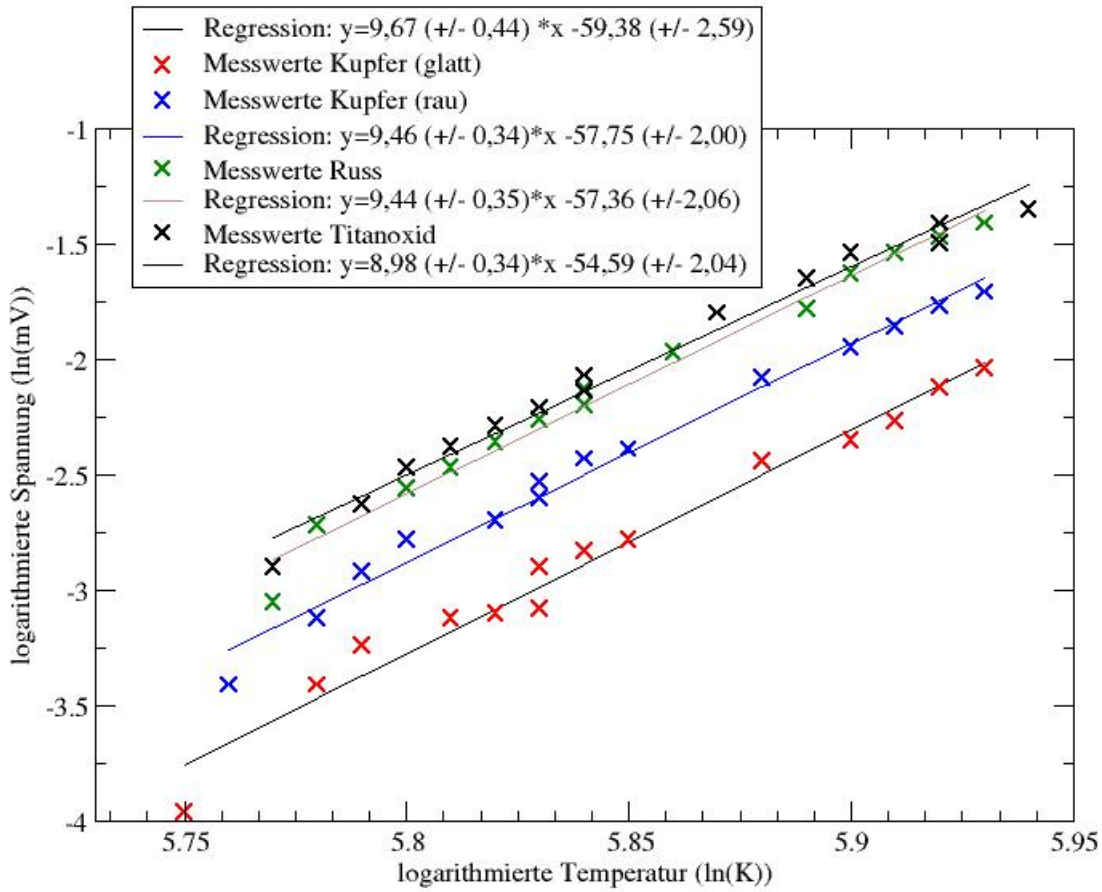
Tabelle 2: errechnete Emissionsgrade ϵ unter Verwendung von Titanoxid als schwarzen Strahler

Kupfer (rau)		Kupfer (glatt)		Ruß		Titanoxid	
U (mV)	ϵ	U (mV)	ϵ	U (mV)	ϵ	U (mV)	ϵ
0.0330	0.6	0.0190	0.35	0.0475	0.86	0.0550	1
0.0440	0.61	0.0330	0.46	0.0660	0.92	0.0720	1
0.0540	0.64	0.0390	0.46	0.0770	0.91	0.0850	1
0.0620	0.67	0.0440	0.47	0.0850	0.91	0.0930	1
0.0670	0.66	0.0450	0.45	0.0940	0.93	0.1010	1
0.0740	0.67	0.0460	0.42	0.1040	0.95	0.1100	1
0.0800	0.68	0.0550	0.47	0.1110	0.94	0.1180	1
0.0880	0.7	0.0590	0.47	0.1190	0.94	0.1265	1
0.0920	0.56	0.0620	0.38	0.1400	0.85	0.1650	1
0.1250	0.65	0.0870	0.45	0.1680	0.87	0.1930	1
0.1420	0.66	0.0950	0.44	0.1950	0.91	0.2150	1
0.1550	0.7	0.1030	0.46	0.2150	0.96	0.2230	1
0.1700	0.69	0.1200	0.49	0.2300	0.94	0.2450	1
0.1800	0.69	0.1300	0.5	0.2450	0.94	0.2600	1
ϵ gemittelt:	0.65	ϵ gemittelt:	0.45	ϵ gemittelt:	0.92	ϵ gemittelt:	1
Lit:	0.74	Lit(matt):	0.22	Lit:	0.94-0.97	Lit:	0.96-0.98

Es zeigt sich, dass wie erwartet unterschiedliche Oberflächen unterschiedliche Emissionsgrade aufweisen, die verglichen mit den Literaturwerten auch eine recht gute Übereinstimmung zeigen. Die leichten Abweichungen bei Ruß- Titanoxid und rauem Kupfer ergeben sich aus Messungenauigkeiten und der Tatsache, dass kein schwarzer Strahler, sondern Titanoxid als Referenzwert verwendet wurde.
Die enorme Abweichung von über 100% bei der ermittelten Wert des Emissionsgrads von glatten Kupfer ergibt sich zusätzlich aus der Tatsache, dass die Kupferoberfläche nicht mehr glatt, sondern teilweise schon etwas aufgeraut und auch schon zum Teil oxidiert war und sich damit der Emissionsgrad sehr stark erhöhte. Außerdem wurde nur ein Literaturwert für mattes Kupfer gefunden.

Im folgenden Graphen wurde wie in Aufgabe 1 die Abhängigkeit der Strahlungsleistung, gegeben durch die Spannung der Thermosäule, von der Temperatur aufgetragen. Wenn man beide Größen logarithmisch aufträgt, kann wieder eine lineare Regression vorgenommen werden. Dies gilt für alle Materialien.
Die unterschiedlichen y-Achsenabschnitte ergeben sich aus den verschiedenen Emissionsgraden der Materialien.

Abbildung 2: logarithmierte Temperaturabhängigkeit der Spannung der Thermosäule



3 Pyrometrie

Die Optik des Pyrometers wurde so eingestellt, dass die Glühfäden von Glühlampe und Pyrometerlampe dicht nebeneinander zu sehen waren, was sich als sehr schwierig erwies. Die Pyrometerlampe war stets nur als verschwommener Fleck zu sehen, der durch die Linsenoptik zusätzlich verzerrt wurde.
Unter diesen Bedingungen korrekte Intensitätsabgleiche und Messungen vorzunehmen war sehr anspruchsvoll. Dementsprechend verwundert es nicht, dass der statistische Fehler sehr groß wurde, insbesondere durch den unten zu sehenden Ausreißer.

Tabelle 3: Pyrometerstrom I_P, Schwarzkörpertemp. T_S, Wahre Temp. T_W und Strom der Glühlampe I_{GL}

$I_P(A)$	$T_S(K)$	$T_W - T_S(K)$	$T_W(K)$	$I_{GL}(A)$
2.57	1760	135	1895	2.33
2.72	1850	140	1990	2.44
2.78	1870	145	2015	2.56
3.06	2000	165	2165	2.87
3.18	2070	3.59	2073.59	3.01
3.65	2270	220	2490	3.4

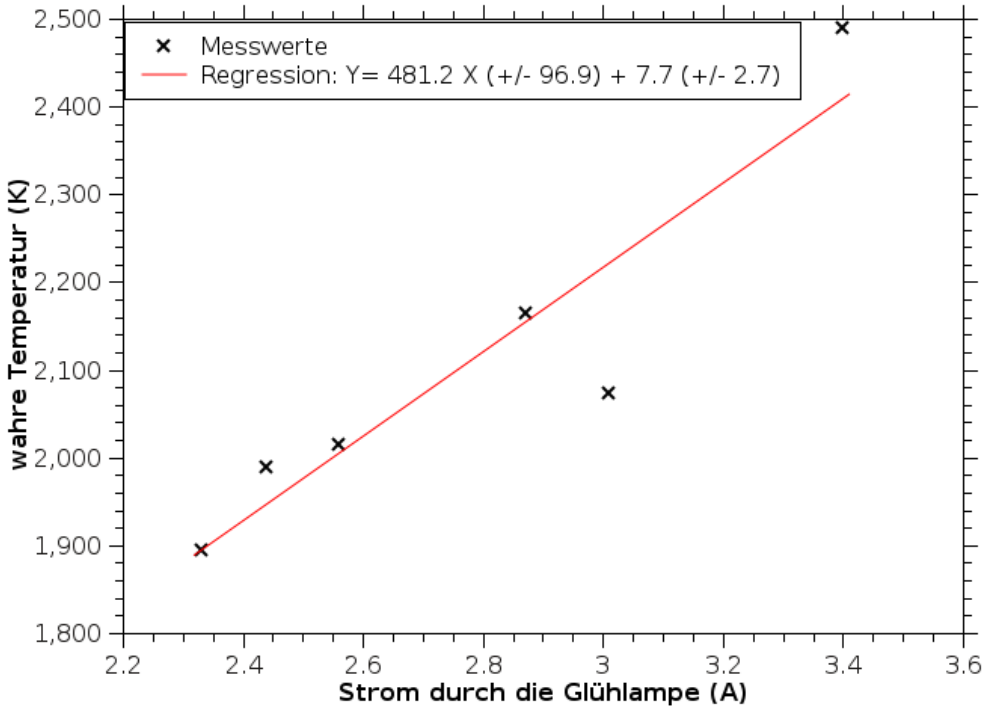


Abbildung 3: Wahre Temperatur und Strom durch die Glühlampe

Quellen

I http://www.omega.com/literature/transactions/volume1/emissivitya.html