

Die Gesetzmäßigkeiten der Wärmestrahlung waren bei der Entwicklung der Quantenmechanik von ganz besonderer Bedeutung. Nur mit der Annahme quantenhafter Energieabsorption und -emission der atomaren Oszillatoren ließ sich die gemessene spektrale Verteilung der Strahlung des Schwarzen Körpers auch theoretisch begründen (Plancksches Strahlungsgesetz).

Die Strahlungsgesetze spielen auch für die Technik eine wichtige Rolle, z.B. bei Hitzeschilden für Weltraumfahrzeuge und für Hochtemperaturöfen, aber auch bei der Konstruktion von Lampen, bei der Auswahl von Anstrichen (z.B. von Heizkörpern) und bei der Konzeption von Sonnenkollektoren.

Mit Hilfe eines realen, nahezu schwarzen Körpers (Hohlraumstrahler) demonstrieren Sie bei diesem Versuch die Gültigkeit eines solchen Gesetzes und lernen dabei Geräte zur Messung von Temperatur und Strahlungsleistung kennen. Ein angenähert 'grauer Strahler' wird Ihnen bei einem Pyrometer-Versuch in Form einer Wolfram-Glühwendel vorgestellt.

**Hinweise:** 1) Die Netzgeräte in den Wärmeversuchen sind so leistungsfähig, das Sie durch Fehlbedienung die Apparatur zerstören können. Daher sind die Ströme sehr vorsichtig gegen die Grenzwerte zu regeln  
2) Thermoelemente dürfen nicht an eine Spannungsversorgung angeschlossen werden!

### Aufgaben:

#### 1. Weisen Sie die Gültigkeit des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes nach.

Schließen Sie die weißen Anschlussbuchsen der Heizung des schwarzen Strahlers an das 65V-Netzgerät an. Drehen Sie die Leistung nicht auf Vollast (zunächst nur auf 30V), um einen zu raschen Temperaturanstieg zu vermeiden. Die Temperatur des Strahlers wird mit Hilfe eines eingebauten PtRh-Pt-Thermoelements (Anschlussbuchsen sw/rt) und eines Millivoltmeters gemessen. Zum Vergleich der Strahlungsleistungen bei verschiedenen Temperaturen dient eine Mollsche Thermosäule mit einem Millivoltmeter. Wegen der zur Steigerung der Empfindlichkeit eingebauten Reflektors ist die Eichung der Thermosäule (Strahlungsleistung pro Fläche, dividiert durch angezeigte Spannung) stark von der Geometrie der Anordnung abhängig. Sie müssen sich deshalb auf Relativmessungen beschränken, d.h. auf die Demonstration der  $T^4$ -Abhängigkeit. Es ist eine Auftragung vorzunehmen, die es gestattet, den Exponenten abzulesen. Überlegen Sie sich geeignete (sehr ungleiche) Temperaturschritte für die Messung. Schirmen Sie in den Messpausen die Wärmestrahlung mit Hilfe einer Kippblende ab, um ein Aufheizen der ganzen Thermosäule und der Lochblende zu vermeiden. Berücksichtigen Sie die Umgebungstemperatur und die Strahlung, die die Thermosäule nicht vom schwarzen Strahler empfängt. Nehmen Sie Rücksicht auf die konstruktionsbedingte lange Einstellzeit der Thermosäule (einige Sekunden).

#### 2. Messen Sie die emittierte Strahlungsintensität verschiedener Flächen in Abhängigkeit von der Temperatur und ziehen Sie vergleichende Schlüsse auf die Emissionsvermögen. Achtung: $I_{\max}=3.5A!$

Bei sonst gleicher Anordnung wie in Aufgabe 1 wird der schwarze Strahler durch jeweils einen Sektor einer heizbaren Scheibe mit verschiedenen Oberflächensektoren ersetzt. Die Scheibe wird elektrisch geheizt (Maximalstrom beachten!) und die Temperatur mit Hilfe eines an der Scheibe befestigten NiCr-Ni-Thermoelements mit einem Millivoltmeter gemessen. Die Auftragungen erfolgen wie bei Aufgabe 1.

#### 3. Bestimmen Sie die wahre Temperatur $T_w$ einer Glühlampe in Abhängigkeit vom Lampenstrom $I$ mit Hilfe eines Pyrometers. Achtung: $I_{\max}=4A!$

Dazu wird pyrometrisch zunächst die schwarze Temperatur  $T_s$  in Abhängigkeit von  $I$  gemessen und dann eine Korrektur ( $T_w - T_s$ ) angebracht, die vom Strahler (Wolfram), von der Beobachtungswellenlänge (um 650nm) und von der Temperatur abhängig ist. Sowohl Eichkurve des Pyrometers,  $T_s(I)$ , als auch die Korrektur ( $T_w - T_s$ ) über  $T_s$  sind diesem Aufgabenblatt beigelegt. Die Pyrometerlampe (6V, 30W) wird über den danebenstehenden 'Vorwiderstand auf Platte mit Stift' an ein Netzgerät (Bereich 0-16V, 0-5A) angeschlossen und  $I$  mit Hilfe des Reglers (anfangs auf Null) eingestellt. Die zu messende Glühlampe (6V, 15W) wird über festeingebaute Vorwiderstände an das zweite Netzgerät angeschlossen. Beobachten Sie die hellsten Glühfadenstellen. Vergessen Sie nicht, zuvor den optischen Teil des Pyrometers zu justieren.

## Zubehör:

**Schwarzer Strahler** mit elektrischer Heizung (weiß/weiß) und mit PtRh-Pt-Thermoelement (schwarz/rot) ohne besondere Referenz-Kontaktstelle (wegen hoher Temperaturen entbehrlich; Zimmertemperatur annehmen!);

heizbare (max. 12V) **Sektorenscheibe** (Oberflächen: blankes Kupfer, im Sandstrahl aufgerautes Kupfer, Kerzenruß, Titanoxid-beschichtet) mit NiCr-Ni-Thermoelement;

**Thermosäule** nach Moll (Serienschaltung von Thermoelementen, jeder zweite Kontakt ist geschwärzt und wird von der Strahlung getroffen; die übrigen sind thermisch mit dem konischen Reflektor bzw. dem Gehäuse verbunden.);

**Kippblende**, Lochblende (12mm Ø);

**Pyrometer** (mit Abbildungslinse, Okularlinse, Rotfilter und Lampe mit Eichkurve), dazu Vorwiderstand auf Stift (1 Ω);

**Lampengehäuse** mit Lampe und Vorwiderständen (2,4 Ω);

**2 Millivoltmeter**;

**3 Netzgeräte** EA-PS3016-05B regelbar 0-16V/0-5A ;

**1 Netzgerät** EA-PS3065-05B regelbar 0-65V/0-5A;

Zeiss-Schienen mit Reitern.

## Literatur:

Bergmann, Schäfer: *Experimentalphysik*, Band 3

Gerthsen, Kneser, Vogel: *Physik*

Pohl: *Optik und Atomphysik*

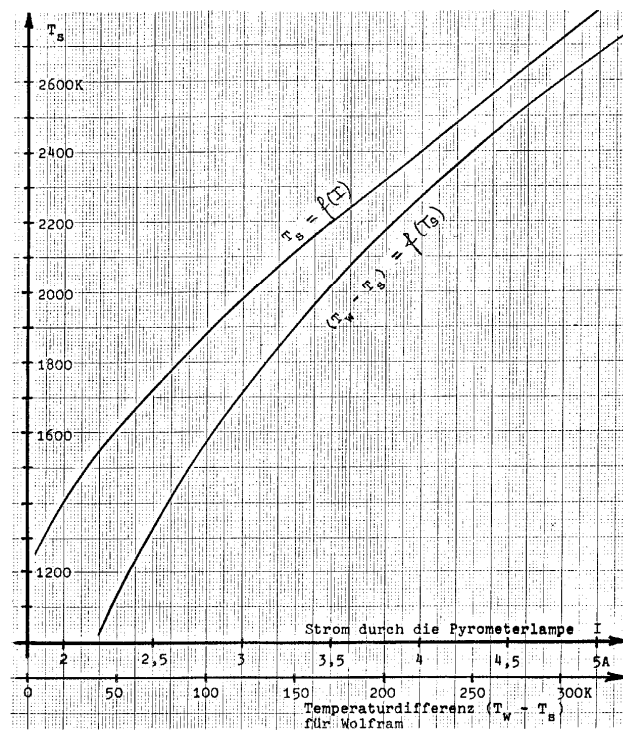
Walcher: *Praktikum der Physik*

Schpolski: *Atomphysik*, Band 1

Euler, Ludwig: *Arbeitsmethoden der optischen Pyrometrie*

Pepperhoff: *Temperaturstrahlung*

Beiser: *Atome, Moleküle, Festkörper*



Zu Versuch P2-43  
'Wärmestrahlung'