

## Fotometrische Methode - Teil 1

Sterne senden Strahlung aus. Wenn die Strahlungsleistung bekannt ist, kann dies zur Ermittlung der Entfernung genutzt werden.

Das Messprinzip wird hier anhand einer Glühlampe (Modellstern) nachvollzogen.

### Allgemeine Hinweise

Die Strahlungsleistung  $P$  (in Watt) der Glühlampe, die gleichmäßig in alle Richtungen abgegeben wird, wird durch Multiplizieren von Spannung  $U$  in Volt und Stromstärke  $I$  in Ampere, so wie sie am Stromversorgungsgerät der Glühlampe angezeigt werden, ermittelt.

Es gilt also:  $P = U \cdot I$

#### *Thermosäule nach Moll*



Die Thermosäule nutzt den Temperaturunterschied zwischen dem sich aufgrund der Bestrahlung im Innenraum der Säule erwärmenden Metallplättchen und deren Gehäuse.

Das Gehäuse muss unbedingt auf Umgebungstemperatur bleiben, daher darf es möglichst nicht berührt werden. Aufgrund der hohen Empfindlichkeit müssen alle Strahlungsquellen außer der Glühlampe aus dem Gesichtsfeld der Thermosäule entfernt werden. Dies gilt insbesondere auch für die Experimentatoren selbst.

Die Thermosäule und die Glühlampe werden so eingestellt, dass die Thermosäule wie ein Fernrohr genau auf den Glühfaden gerichtet ist (also gleiche Höhe und kein „Vorbeischaun“ nach links oder rechts).

Die Spannung an der Lampe  $U$  darf höchstens auf den Wert, der auf der Glühlampenfassung abzulesen ist (6 Volt oder 12 Volt, je nach Arbeitsplatz), eingestellt sein.

Aufgrund der nur langsamen Erwärmung des Metallplättchens im Innern der Thermosäule sollte vor jedem Ablesen ca. eine halbe Minute abgewartet werden.

Die Thermosäule wandelt denjenigen sehr kleinen Teil Strahlung der Glühlampe, welcher in sie hinein gelangt, in eine Spannung  $U_T$  („Thermospannung“) um, die am PC abgelesen werden kann.

Der abgelesene Wert der Thermospannung ist direkt proportional zur ankommenden Strahlungsleistung pro Flächeneinheit.

## Fotometrische Methode - Teil 2

### Aufgabe 1

#### Zusammenhang zwischen Strahlungsleistung $P$ und Thermospannung $U_T$

Ermittelt für mindestens 5 verschiedene Strahlungsleistungen  $P$  der Glühlampe die zugehörige Thermospannung  $U_T$  und stellt den Zusammenhang in einem Diagramm dar. (*Thermospannung  $U_T$  an die senkrechte Achse*).

Der Abstand  $r$  zwischen Glühlampe und Thermosäule soll  $r = 0,5m$  betragen.

Welcher mathematische Zusammenhang könnte hier vorliegen?

### Aufgabe 2

#### Zusammenhang zwischen Abstand $r$ und Thermospannung $U_T$

Ermittelt für mindestens 9 verschiedene Entfernungen  $r$  zwischen der Glühlampe und der Thermosäule die Thermospannung  $U_T$  und stellt den Zusammenhang in einem Diagramm dar. (*Thermospannung  $U_T$  an die senkrechte Achse*).

Betriebe die Glühlampe durchgängig mit der auf der Lampenfassung abzulesenden Maximalspannung (6 Volt oder 12 Volt).

Beginnt bei einer Entfernung von  $r = 0,2m$  und steigert sie bis auf ca.  $r = 1,0m$ .

Welcher mathematische Zusammenhang könnte hier vorliegen?

### Aufgabe 3

#### Bestimmung der Entfernung einer Glühlampe mit der Leistung $P = 1000$ Watt

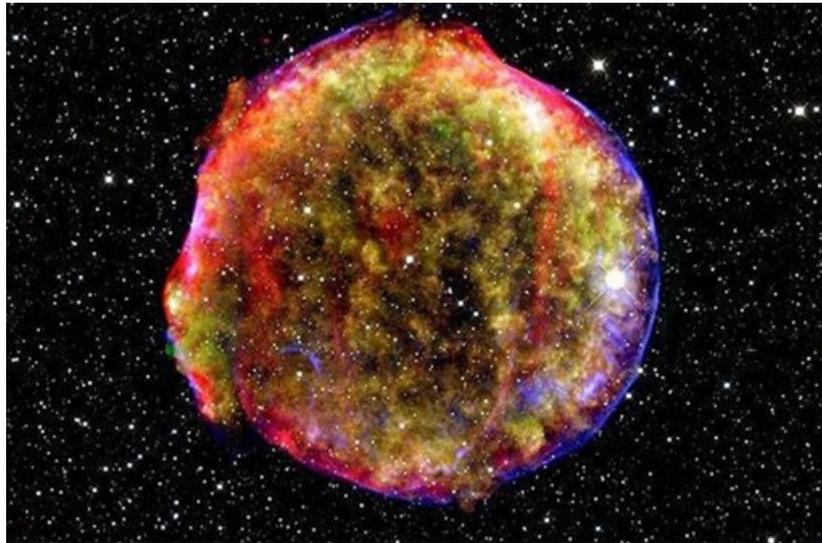
Lasst euch von einem Betreuer die Glühlampe einschalten; achtet darauf, nicht direkt auf die Lampe zu schauen.

Ermittelt nun die Entfernung  $r$  unter Verwendung der bisherigen Ergebnisse und überprüft diese anschließend mittels Maßband!

## Fotometrische Methode - Teil 3

### Abschlussaufgabe

### Sternexplosionen am Ende der bekannten Welt



Aufnahme des Überrests von Tycho Brahes Supernova.  
©: Prof. John P. Hughes, Dr. Jeonghee Rho und Dr. Oliver Krause.

Im Jahr 2011 wurde der Nobelpreis für Physik an 3 Wissenschaftler vergeben, die mit der fotometrischen Methode Sternexplosionen (sog. Supernovae vom Typ Ia) bis in mehrere Milliarden Lichtjahre Entfernung nachweisen konnten und so entscheidend zu unserer Vorstellung über den Aufbau des Weltalls beitrugen.

Die physikalischen Vorgänge bei einem solchen Ereignis sind so gut bekannt, dass man die Strahlungsleistung von  $P = 1,3 \cdot 10^{37} \text{ Watt}$  kennt. Aus der Messung der auf der Erde ankommenden Strahlung kann man also auf die Entfernung schließen.

### Aufgabe

Bei der Messung an der 1000-Watt-Lampe ergab sich eine bestimmte Thermospannung  $U_T$ .

**Ermittelt, in welcher Entfernung sich eine Supernova mit  $P = 1,3 \cdot 10^{37} \text{ Watt}$  befinden müsste, die den gleichen Messwert erzeugen würde.**

Der Messwert selbst ist dabei nicht wichtig.

Gebt euer Ergebnis in Lichtjahren ( $ly$ ) an. ( $1ly = 9,46 \cdot 10^{15} m$ )

## Fotometrische Methode - Hilfeblatt 1

Der gesuchte Zusammenhang zeigt sich als Gerade durch den Koordinatenursprung. Thermospannung  $U_T$  und Leistung  $P$  der Glühlampe sind also im Rahmen der Messgenauigkeit direkt proportional zueinander.

Errechnet man die Quotienten aus den Messwertepaaren, so sollte sich ein annähernd konstanter Wert ergeben.

$$U_T \sim P, \text{ wenn } r = \text{konst.}$$

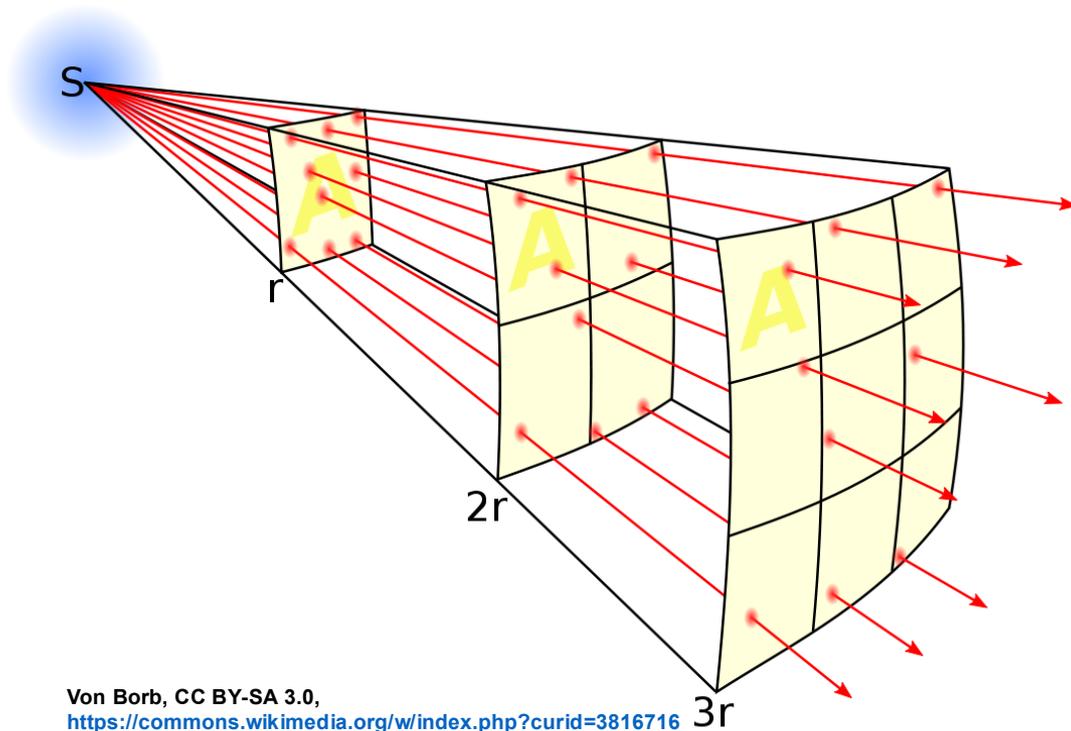
## Fotometrische Methode - Hilfeblatt 2

Der gesuchte Zusammenhang zeigt sich als Hyperbel.

Multipliziert bei jedem Wertepaar das Quadrat der Entfernung  $r^2$  mit der Thermospannung  $U_T$ . Dabei sollte sich immer ein nahezu gleicher Wert ergeben.  $U_T$  ist also indirekt/umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstandes  $r$ .

$$\boxed{U_T \sim r^2}, \text{ wenn } P = \text{konst.}$$

Eine Verdopplung bzw. Verdreifachung der Entfernung  $r$  sollte einen Rückgang der Thermospannung  $U_T$  auf ein Viertel bzw. ein Neuntel zur Folge haben.



Von Borb, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3816716>

## Fotometrische Methode - Hilfeblatt 3

### Zusammenfassung

Aus den beiden Aufgaben 1 und 2 ergibt sich zusammen:

$$U_T \sim \frac{P}{r^2}$$

Ermittelt den Proportionalitätsfaktor  $k$ , mit  $U_T = k \cdot \frac{P}{r^2}$  aus einem Messwertepaar. Nach Umstellung der Gleichung sollte der Abstand  $r$  ermittelt werden können.