

4 Entstehung von Licht

Lernziele:

- Sie erklären die physikalischen Grundlagen (auf der Ebene der Atome und Elektronen) der Lichtentstehung für warme und kalte Strahlung.
- Sie erklären das Strahlungsspektrum für warmes und für kaltes Licht und können sie unterscheiden.
- Sie beschreiben was Lumineszenz, Fluoreszenz und Phosphoreszenz sind und ihre Unterschiede (auf der Ebene der Atome und Elektronen).
- Sie erklären die physikalischen Grundlagen (auf der Ebene der Atome und Elektronen) des Lasers und die Eigenschaften des Laserlichts.

4.1 Wärmestrahlung

Wärmestrahlung oder auch thermische Strahlung, seltener Temperaturstrahlung, ist elektromagnetische Strahlung, die generiert wird durch die thermische Bewegung der Teilchen in Materie.

Wärmeenergie: die hat jeder Körper aufgrund seiner Temperatur.

Ein Teil davon wird laufend als elektromagnetische Strahlung an die Umwelt abgegeben. Diese Strahlung ist je nach Temperatur "sichtbar" oder unsichtbar.

Ist sie im sichtbaren Bereich, so nehmen wir sie als Licht wahr.

Der Farbeindruck dieser Strahlung ist ein Mass für die Temperatur des strahlenden Körpers, man nennt dies die Farbtemperatur der Strahlung.

Frage 1: Auf der Website <https://schmiede-mambach.de/> finden Sie Informationen zu den Glühfarben von Metall.

Welche Temperatur hat Metall welches Kirschrot glüht?

Frage 2: Bei welcher Temperatur wird keine Wärmestrahlung emittiert?

Frage 3: Nennen Sie mindestens 4 Temperaturstrahler.

Frage 4: Beschreiben Sie mit eigenen Worten was Wärmestrahlung ist und wie sie entsteht.

4.1.1 Das Plancksche Strahlungsgesetz

https://de.wikipedia.org/wiki/Plancksches_Strahlungsgesetz. Das Plancksche

Strahlungsgesetz gibt für die Wärmestrahlung eines schwarzen Körpers je nach dessen Temperatur die Verteilung der elektromagnetischen Strahlungsintensität als Funktion der Wellenlänge an. Siehe Abbildung 4.1.

Max Planck fand das Strahlungsgesetz im Jahr 1900. Er hatte festgestellt, dass Wärmestrahlung nur korrekt beschrieben werden konnte, wenn Licht beschrieben wird als kleinster Energiepakete (später als Quanten bezeichnet). Plancks Herleitung des Strahlungsgesetzes gilt daher heute als die Geburtsstunde der Quantenphysik.

Er fand heraus, dass die Energie pro Paket berechnet werden konnte mit $E = h \cdot f$ wobei h =Planck-Konstante= $6.6 \cdot 10^{-34}$ Js.

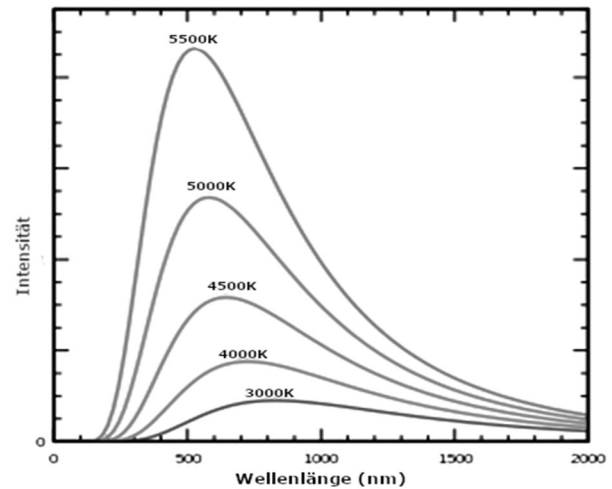


Abbildung 4.1 Strahlungsspektren für verschiedene Temperaturen. $K = \text{Kelvin} (= ^\circ \text{Celsius} + 273,15 ^\circ)$

Welche Aussagen stimmen?

Allgemein bei bestimmter Temperatur:

1. Strahlung verteilt sich nicht homogen aber hat Spitzenwert bei einer bestimmten Wellenlänge
2. Strahlungsintensität ist unabhängig der Wellenlänge
3. Es gibt eine Untergrenze zur Wellenlänge (min. Energie): darunter gibt es keine Wellen.
4. Es gibt eine Untergrenze zur Wellenlänge (max. Energie): darunter gibt es keine Wellen.
5. Die untere Untergrenze zur Wellenlänge ist 0nm.
6. Es gibt eine Obergrenze zur Wellenlänge (min. Energie): darüber gibt es keine Wellen.
7. Es gibt eine Obergrenze zur Wellenlänge (max. Energie): darüber gibt es keine Wellen.
8. Es gibt keine Obergrenze zur Wellenlänge.

Bei höherer Temperatur im Vergleich zu tiefe Temp:

9. in gesamt weniger Strahlung
10. in gesamt gleich viel Strahlung
11. in gesamt mehr Strahlung
12. keine Aussage zur gesamte Strahlungsmenge
13. Spitzenwert verschiebt in Richtung kurze Wellenlänge (tiefere Energie)
14. Spitzenwert verschiebt in Richtung längere Wellenlänge (tiefere Energie)
15. Spitzenwert verschiebt in Richtung kurze Wellenlänge (höhere Energie)
16. Spitzenwert verschiebt in Richtung längere Wellenlänge (höhere Energie)

Aufgaben:

17. Markieren Sie das sichtbare Spektrum und wo UV und IR sich befinden.
18. Zeichnen Sie die Kurve für das Licht der Sonne ($T \sim 5800\text{K}$)
19. Zeichnen Sie die Kurve für das Licht einer Glühbirne ($T \sim 2000\text{K}$)

Stephan Müller: Planck'sches Strahlungsgesetz: <https://www.youtube.com/watch?v=HN1G17IRABg>

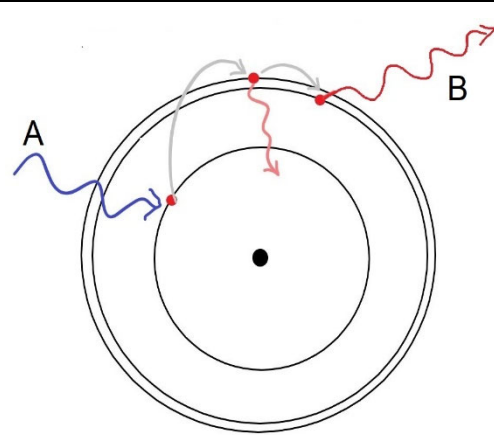
4.2 Lumineszenz oder kalte Strahlungsemission

Die Entstehung von **Lumineszenz** beruht auf der Strahlungsemission.

Stellt man sich das Schalenmodell der Atome vor, so geben Elektronen, die auf ein niedrigeres Energieniveau übergehen ein langwelliges, sichtbar leuchtendes Licht ab. 1 Elektron \rightarrow 1 Lichtquant = 1 Photon.

A = Input: kurzwelliges, energiereicheres Licht, z.B. UV-Licht

B = Output: länger welliges, energieärmeres, sichtbares Licht



Schauen Sie dieses Video bis 3:44m.: <https://www.youtube.com/watch?v=-qKgBIF7tAo>

Je nachdem, wie lange es dauert, bis die Elektronen wieder in ihre Ausgangsposition zurückspringen und ihre Energie als Licht abgeben, unterscheidet man 2 Arten der Lumineszenz:

Fluoreszenz

Die Atome des Leuchtstoffes nehmen Energie von kurzwelligem Licht auf und geben sie **unmittelbar** als langwelliges, sichtbares Licht wieder ab; Leuchtdauer meist weniger als eine millionstel Sekunde.

Aufgabe 4.1: Beispiele ...

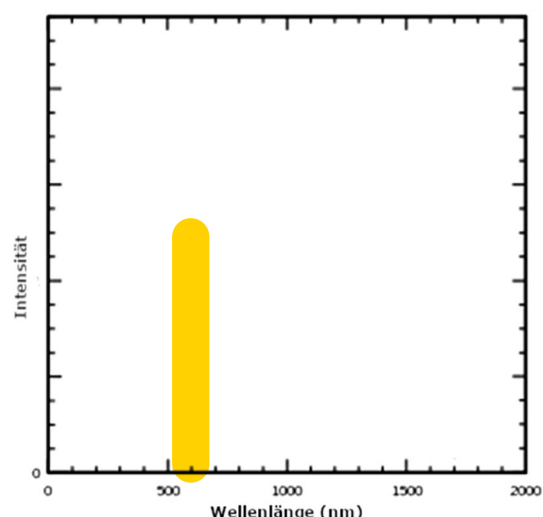
Phosphoreszenz

Die aufgenommene Energie wird vom Leuchtstoff gespeichert und während einigen Sekundenbruchteilen bis hin zu Stunden wieder abgegeben.

Aufgabe 4.2: Beispiele ...

Aufgabe 4.3: Zeichnen Sie das Spektrum einer Lampe welche auf Basis von Fluoreszenz funktioniert (Beispiel: Natriumdampf Lampe)
<https://de.wikipedia.org/wiki/Natriumdampf Lampe>

Vergleichen Sie das Spektrum mit dem der Wärmestrahlung.



4.2.1 Laser

Ein Laser ist ein Gerät zur Erzeugung von Licht, also eine Lichtquelle. Allerdings ist er eine Lichtquelle mit ganz besonderen Eigenschaften.

Das Licht einer "normalen" Lichtquelle (z. B. Der Sonne, einer Glühlampe usw.) enthält Licht verschiedener Wellenlängen, die das Auge als unterschiedliche Farben wahrnimmt. Alle Farben zusammen erscheinen dem Auge als weisses Licht. Das Laserlicht enthält nur einen schmalen Anteil der jeweiligen Farben. Je nach Art des Lasers erhält man also Licht der Farben violett, blau, grün, gelb, orange, rot, aber auch nicht sichtbare Strahlung im Ultraviolett-(UV) oder Infrarot (IR)-Bereich.

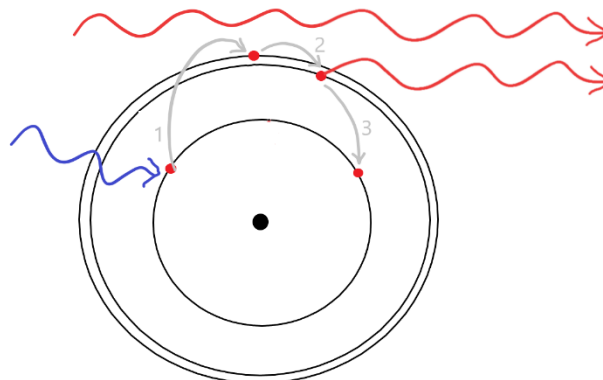
Eine "normale" Lichtquelle sendet ihr Licht gleichmässig in alle Richtungen aus. Der Laser erzeugt einen gebündelten Lichtstrahl, der sich gradlinig in die vorgesehene Richtung ausbreitet. Es ist damit beispielsweise möglich, zur Entfernungsmessung einen Laserstrahl bis zum Mond zu schicken (ca. 360.000 km), der auf der Mondoberfläche nur einen Durchmesser von wenigen Metern hat. Laserlicht kann entweder kontinuierlich oder als Lichtblitze (gepulst) ausgesandt werden

MaxPlanckSociety: <https://www.youtube.com/watch?v=xFy9DNN0j4M>
SIMPLECLUB: <https://www.youtube.com/watch?v=rmKKPzNygKA>

Was bedeutet diese Abkürzung?

	Englisch	Deutsch
L	Light	Licht-
A	Amplification by	verstärkung durch
S	Stimulated	Stimuliertes
E	Emission of	Aussenden von
R	Radiation	Strahlen

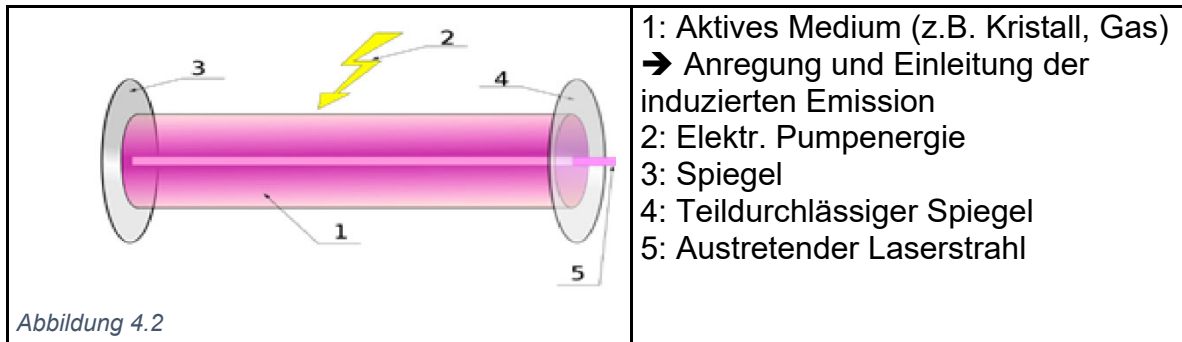
Das Prinzip des Lasers beruht darauf, dass durch starke Anregung (→ Pumplichtquelle) viele Atome des Leuchtstoffes auf ein höheres Energieniveau gebracht werden. Diese erregten Atome werden Stimuliert ihre Energie wieder ab zu geben.



Bei der Emission fallen durch Stimulation viele Atome wieder in den Grundzustand zurück und es entsteht ein Lichtstrahl mit folgenden Eigenschaften:

- monochromatisch
- kohärent
- eng gebündelt.

Aufbau LASER



Die abgestrahlten Leistungen liegen im Dauerbetrieb zwischen einigen mW bis kW.

Aufgabe 4.3: Ist das Material im Laser fluoreszent oder phosphoreszent?
Erklären Sie Ihre Antwort.

Aufgabe 4.4: Beschreiben Sie mit eigenen Worten, was Lumineszenz ist.