

Licht und Materie – Optische Eigenschaften fester Stoffe

Matthias Laukenmann



"Licht im neuen Licht" Dez 2015

Optische Eigenschaften fester Stoffe

Den Lernenden muss bereits bekannt sein:

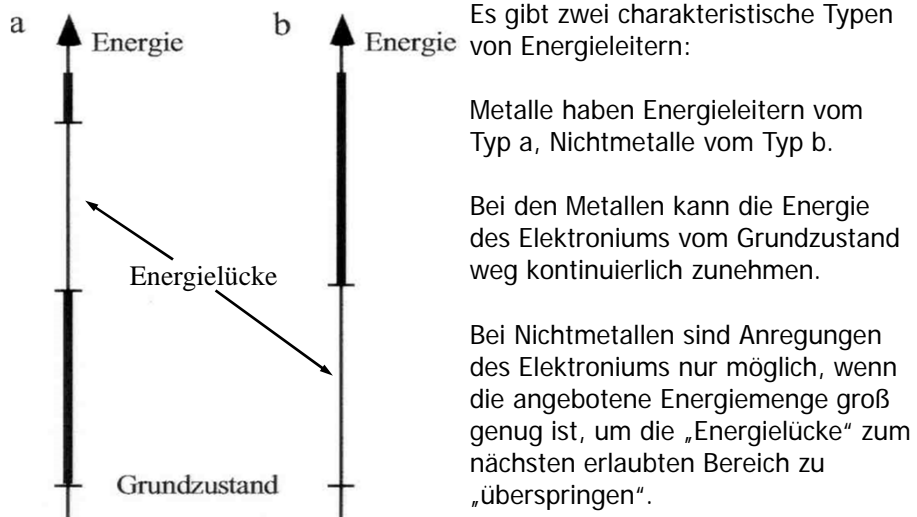
- Zahlreiche Phänomene lassen sich erklären, wenn man annimmt, dass die Energie von Atomen quantisiert ist.
- Das Elektronensystem von Mehrelektronen-Atomen und von Feststoffen wird als Elektronium bezeichnet.
- Die Frequenz der elektromagnetischen Welle, anhand der manche Eigenschaften des Lichts beschrieben werden können, nimmt vom Infraroten über das „Sichtbare“ zum Ultravioletten zu.
- Die Energie eines Photons ist proportional zur Frequenz der elektromagnetischen Welle:

$$E_{\text{Photon}} = h \cdot f$$

"Licht im neuen Licht" Dez 2015

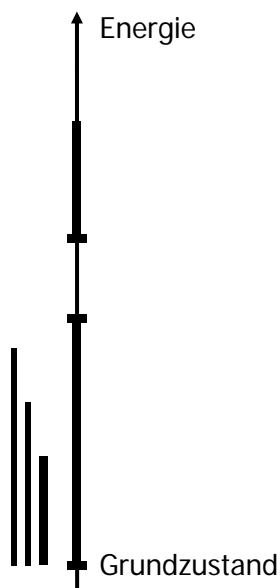
Optische Eigenschaften fester Stoffe

Zahlreiche Eigenschaften von Feststoffen lassen sich erklären, wenn man annimmt, dass auch Feststoffe eine Art „Energieleiter“ haben.



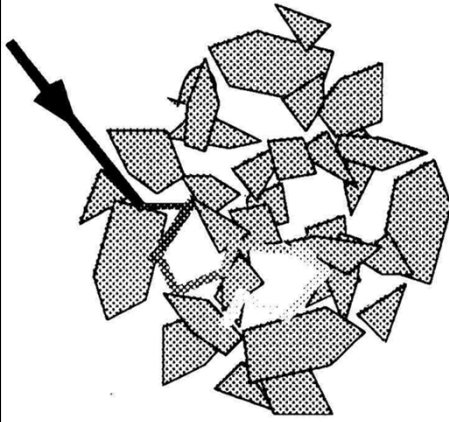
„Licht im neuen Licht“ Dez 2015

Optische Eigenschaften fester Stoffe



„Licht im neuen Licht“ Dez 2015

Optische Eigenschaften fester Stoffe



Das Licht „läuft sich tot“, der Gegenstand erscheint schwarz.

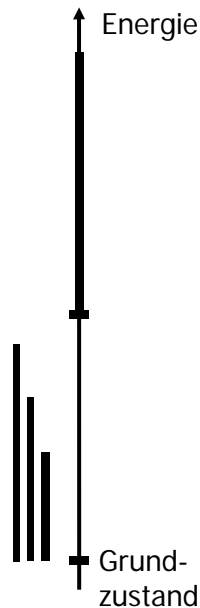
Ein Gegenstand ist schwarz, wenn er

- aus vielen metallischen Körnchen besteht
(Beispiel: Metallpulver)
- oder eine Oberfläche hat, die rau ist und aus einem Stoff besteht, der bei jeder Reflexion einen Teil des Lichts absorbiert.

(Beispiel: „Bleistift“ auf Papier; heute wird allerdings meist Graphit verwendet, also Kohlenstoff, ebenso bei Druckerschwärze. Bei Kohlenstoff kommt das Schwarz anders zustande, s. u.)

„Licht im neuen Licht“ Dez 2015

Optische Eigenschaften fester Stoffe



Nichtmetalle

Die Photonen des sichtbaren Lichts können das Elektronium dieser Stoffe nicht anregen. Sie werden nicht absorbiert, sondern gehen durch das Material hindurch.

Das erklärt:

Nichtmetalle sind durchsichtig.

Beispiele: Glas, Salze, Zucker, Eis, Zellulose, die meisten Mineralien (z. B. Quarze, Feldspäte), Diamant, Kunststoffe; gilt auch für Flüssigkeiten, z. B. Wasser.

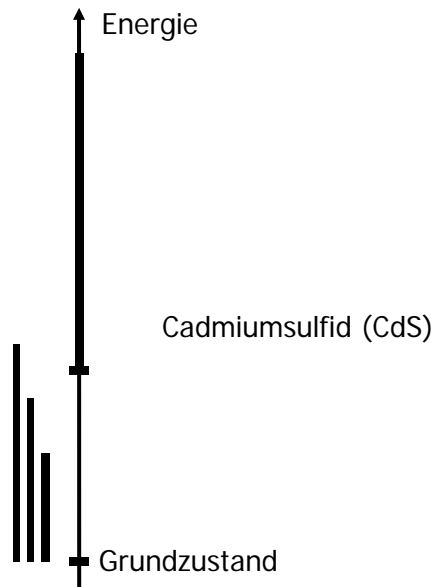
Nichtmetallische Gegenstände sind weiß,

- wenn sie aus vielen durchsichtigen Körnchen (oder Tröpfchen) bestehen
- wenn sie durchsichtig sind, aber eine raue Oberfläche haben

Beispiele: zerriebenes oder zerkratztes Glas, Feinsalz, (Puder-) Zucker, Papier, Schnee, Eiswolken (auch Wolken und Nebel).

„Licht im neuen Licht“ Dez 2015

Optische Eigenschaften fester Stoffe



"Licht im neuen Licht" Dez 2015

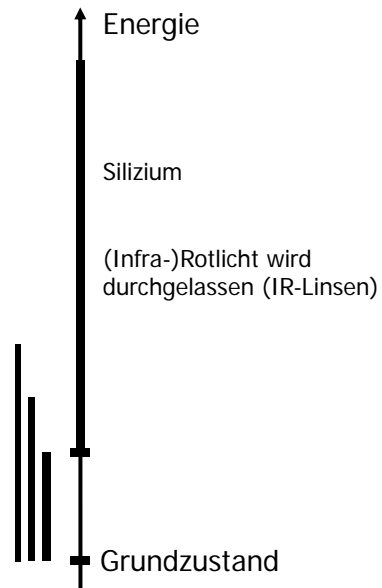
Optische Eigenschaften fester Stoffe



Beobachtung

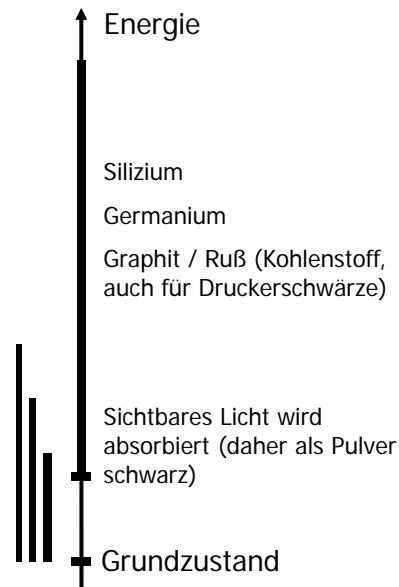
Hält man eine dünne Scheibe aus Silizium (ca. 12 μm dick) gegen die Sonne, so scheint der rote Teil des Sonnenspektrums durch.

Bergmann, R. et al., Phys. Blätter 56 (2000) Nr. 9, S. 51



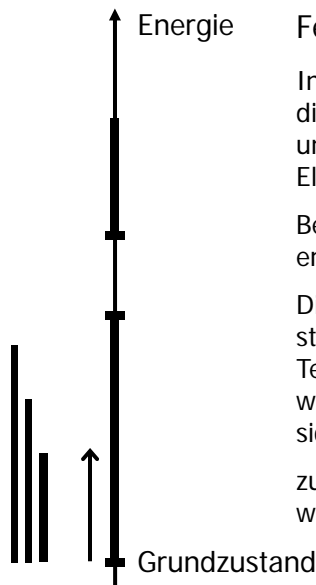
"Licht im neuen Licht" Dez 2015

Optische Eigenschaften fester Stoffe



"Licht im neuen Licht" Dez 2015

Optische Eigenschaften fester Stoffe



Feststoffe als Lichtquellen

In einem Metall reicht schon bei normaler Temperatur die Energie der thermischen Bewegung der Kerne und des umgebenden Elektroniums aus, um das Elektronium anzuregen.

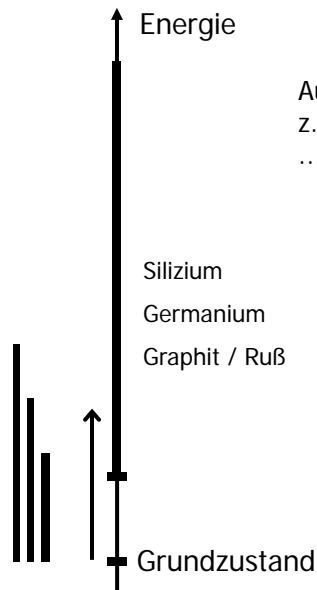
Beim Rückgang in den Grundzustand werden energiearme Photonen emittiert: Infrarot-Photonen

Die Energie der thermischen Bewegung nimmt mit steigender Temperatur zu. Bei hinreichend hoher Temperatur kann das Elektronium so hoch angeregt werden, dass beim Rückgang Photonen des sichtbaren Lichts entstehen – das Metall glüht,

zunächst rot, bei steigender Temperatur zunehmend weiß.

"Licht im neuen Licht" Dez 2015

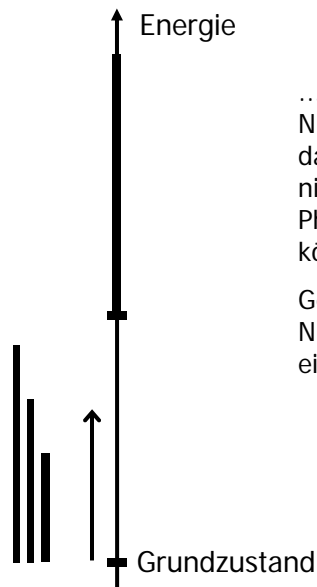
Optische Eigenschaften fester Stoffe



Auch alle schwarzen Nichtmetalle können glühen,
z. B. Kohle, Silizium oder ein schwarzer Kieselstein
...

"Licht im neuen Licht" Dez 2015

Optische Eigenschaften fester Stoffe

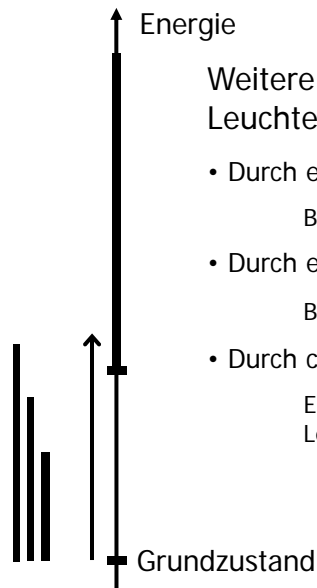


... während bei durchsichtigen bzw. weißen
Nichtmetallen die Energielücke so groß ist, dass
das Elektronium auch bei hohen Temperaturen
nicht angeregt wird und damit auch keine
Photonen des sichtbaren Lichts erzeugt werden
können:

Gegenstände aus durchsichtigen bzw. weißen
Nichtmetallen glühen nicht (z. B. Quarzglas oder
ein weißer Kieselstein).

"Licht im neuen Licht" Dez 2015

Optische Eigenschaften fester Stoffe



Weitere Möglichkeiten, um Feststoffe zum Leuchten zu bringen (außer durch Erhitzen):

- Durch energiereiche (schnelle) Elektronen
Beispiel: Schirm einer Bildröhre
- Durch energiereiche Photonen (z. B. UV-Photonen)
Beispiel: Leuchtstoff einer Leuchtstoffröhre
- Durch chemische Reaktionen
Elektronen und Löcher in der Grenzschicht einer Leuchtdiode

"Licht im neuen Licht" Dez 2015

Optische Eigenschaften fester Stoffe

Die „Mechanismen“ sind dieselben wie bei Gasen:
Auch Gase kann man zum Leuchten anregen

- durch Erhitzen
Beispiel: Natrium- oder Lithium-Flammen
- durch energiereiche (schnelle) Elektronen
Beispiel: Leuchtröhren
- durch energiereiche Photonen
Beispiel: Natrium-„Resonanz“-Röhre
- durch chemische Reaktionen
Beispiel: Das bläuliche Leuchten der Flammen von Gasherden (Kohlenstoffmonoxid oxidiert zu Kohlenstoffdioxid im angeregten Zustand)

"Licht im neuen Licht" Dez 2015