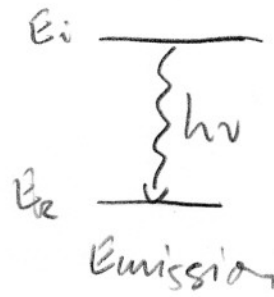


# Fotomission und Absorption elektromagnetischer Strahlung durch Atome

Bohr'sches Atommodell: stationäre Zustände  $E_i, E_k$



$$\text{falls } E_i - E_k = h\nu \quad (1)$$

(Energieerhaltung)

- Experimentell: - nicht jede gemäß (1) mögliche Emissions- oder Absorptionslinie sichtbar.  $\rightarrow$  Auswahlregeln (zusätzlich zu (1))
- sehr unterschiedliche Intensitäten für verschiedene Übergänge  $\rightarrow$  Berechnung der Übergangswahrscheinlichkeiten aus den Wellenfunktionen
  - Übergänge zwischen äußeren, schwach gebundenen <sup>Sichtbar</sup> Elektronen  $\rightarrow \Delta E \sim eV \rightarrow$  infrarot bis ultraviolett (UV) angeregtes Elektron „Leuchtelektron“
  - inner, stark gebundene Elektronen  $\rightarrow$  größere Energien, Emission bis ins Röntgengebiet  $\rightarrow$  Strahlungsaufklärung
  - atomare Übergänge: keine streng monochromatische Strahlung, Spektrallinien mit Frequenzverteilung um eine Mittelfrequenz

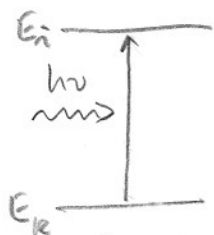
# (7.1.) Übergangswahrscheinlichkeiten

Atom: Zustand bei Energie  $E_i, E_k$

Strahlungsfeld: spektrale Energiedichte  $w(\nu)$

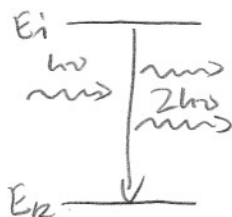
Photon:  $h\nu, E_i = E_k + h\nu$

Absorption



$$W_{ki} = B_{ki} w(\nu) \quad (2)$$

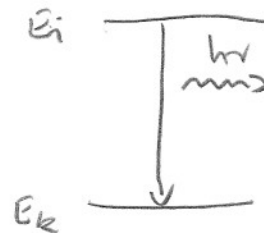
stimulierte Emission  
induzierte Emission



$$W_{ik}^{\text{stimuliert}} = B_{ik} w(\nu) \quad (3)$$

emittiertes photon ist in derselben Eigenschwingung / Mode wie das induzierende photon  $\rightarrow$  fliegen in selbe Richtung, in phase

spontane Emission



$$W_{ik}^{\text{spontan}} = A_{ik} \quad (3)$$

- spontan, i.e. ohne äußeres Feld / Anregung
- beliebige Richtung
- hängt nur von Wellenfunktionen  $E_i, E_k$  ab, nicht aber vom Strahlungsfeld

$W_{ki}, W_{ik}$ :

Übergangswahr. pro Zeiteinheit / Übergänge pro Sekunde

$w(\nu)$ :

spektrale Energiedichte  $w(\nu) = u(\nu) \cdot h\nu$

$u(\nu) = \# \text{ photonen pro Spektralintervall } \Delta\nu = 1 \text{ s}^{-1}$

$B_{ki}, B_{ik}, A_{ik}$ :

Einstein-Koeffizienten für Absorption ( $B_{ki}$ ), stimulierte Emission ( $B_{ik}$ ) und spontane Emission ( $A_{ik}$ )

wie groß sind diese Koeffizienten für gegebene Zustände  $i, k$ ?

# Alternative Betrachtung der Einstein Koeffizienten

3

Spontane Emission;  $W_{ik}^{\text{spont}} = A_{ik}$   
Stimulierte Emission;  $W_{ik}^{\text{stim}} = B_{ik} w(\nu)$   
Absorption;  $W_{ki} = B_{ki} w(\nu)$

$N_i$  Atome in Zustand  $E_i$

$N_k$  Atome in Zustand  $E_k$

Strahlungsfeld:  $w(\nu)$

Stationäres Gleichgewicht: Zustandsbeschreibungen konstant,  $\dot{N}_i = \dot{N}_k = 0$

→ Emissionrate = Absorptionsrate

$$A_{ik} N_i + B_{ik} w(\nu) N_i = B_{ki} w(\nu) N_k \quad (4)$$

thermisches Gleichgewicht:  $\frac{N_i}{N_k} = \frac{g_i}{g_k} e^{-\frac{(E_i - E_k)/kT}{h\nu}} \quad (5)$

$g_i$ : Entartung des Zustandes, z.B.  $2J+1$  für Zustand mit Gesamtdrehimpuls  $J$

aus (4) folgt  $A_{ik} = w(\nu) (-B_{ik} + B_{ki} \frac{N_k}{N_i})$

$$\Rightarrow w(\nu) = \frac{A_{ik}/B_{ik}}{\frac{B_{ki}}{B_{ik}} \frac{g_k}{g_i} e^{h\nu/kT} - 1} \quad (6)$$

vergleiche mit der spektralen Energiedichte des thermischen Strahlungsfeldes (Planck-Formel)

$$w(\nu) = \frac{8\pi h\nu^3/c^3}{e^{h\nu/kT} - 1} \quad (7)$$

$$\Rightarrow B_{ik} = \frac{g_k}{g_i} B_{ki} \quad (8a)$$

$$A_{ik} = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} B_{ik} \quad (8b)$$

