

# Das Spektrum von Wasserstoff



Aus der Kenntnis der Energiebeträge der Energiestufen der Elektronenbahnen in der Atomhülle eines Atoms ist die Berechnung der **Frequenz** (**Wellenlänge**, Farbe) der emittierten Lichtquanten möglich.

allgemein gilt:

$$\Delta E = E_m - E_n = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

m, n ... Quantenzahlen (m < n)

Diese Berechnung ist auf alle Atome (*nicht nur Wasserstoff*) anwendbar !

Jeder Quantensprung erzeugt eine diskrete Spektrallinie des Spektrums.

► **quantenhafte Emission**



Der schwedische Physiker **Johannes Robert Rydberg** entwickelte eine Gleichung zur Berechnung der emittierten Frequenzen aus den Quantenzahlen der Energieniveaus.

### ► Rydberg-Formel

m ... Zielniveau  
n ... Startniveau  
Emission: m < n

$$h \cdot f = E_{\text{Ziel}} - E_{\text{Start}} = E_m - E_n$$

$$h \cdot f = -\frac{m_e \cdot e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{m^2} - \left( -\frac{m_e \cdot e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2} \right)$$

$$h \cdot f = \frac{m_e \cdot e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \cdot \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad | : h$$

$$f = \frac{m_e \cdot e^4}{8\epsilon_0^2 h^3} \cdot \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

konstant

$R_y = 3,288 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$   
(Rydbergfrequenz)

Aus der Serienformel und der Rydbergfrequenz können die Energiewerte der Quantenniveaus des Wasserstoffs berechnet werden:

$$m \rightarrow \infty$$

$$E_n = -R_y \cdot h \cdot \frac{1}{n^2}$$

$$f = R_y \cdot \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

► Serienformel für Wasserstoff

→ Berechnung von Frequenzen ohne Energiewerte !

# Spektrale Serien des Wasserstoffs:

Quantensprünge auf das gleiche Zielniveau werden zu „spektralen Serien“ zusammengefasst.

## **n=1: LYMAN-Serie**

*vollständig im UV-Bereich*

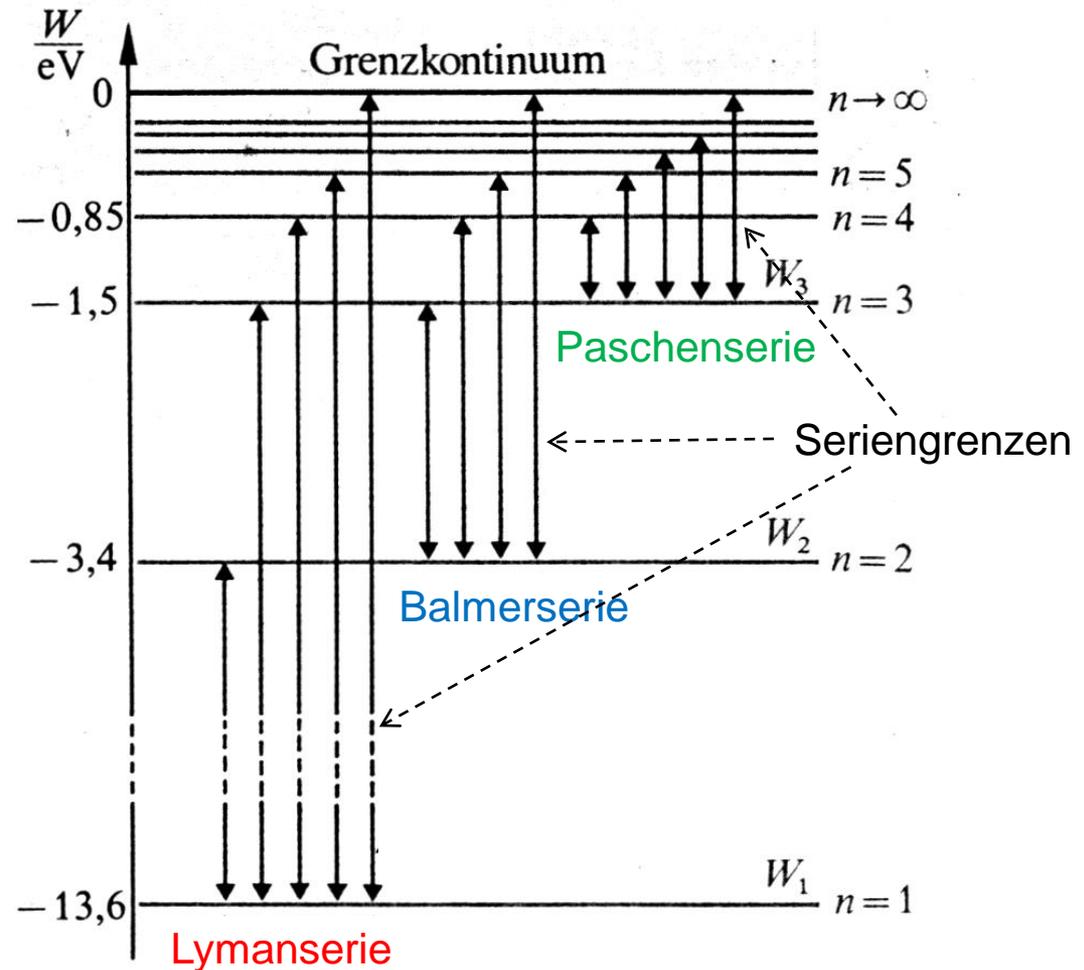
## **n=2: BALMER-Serie**

*teilweise im sichtbaren Bereich*

## **n=3: PASCHEN-Serie**

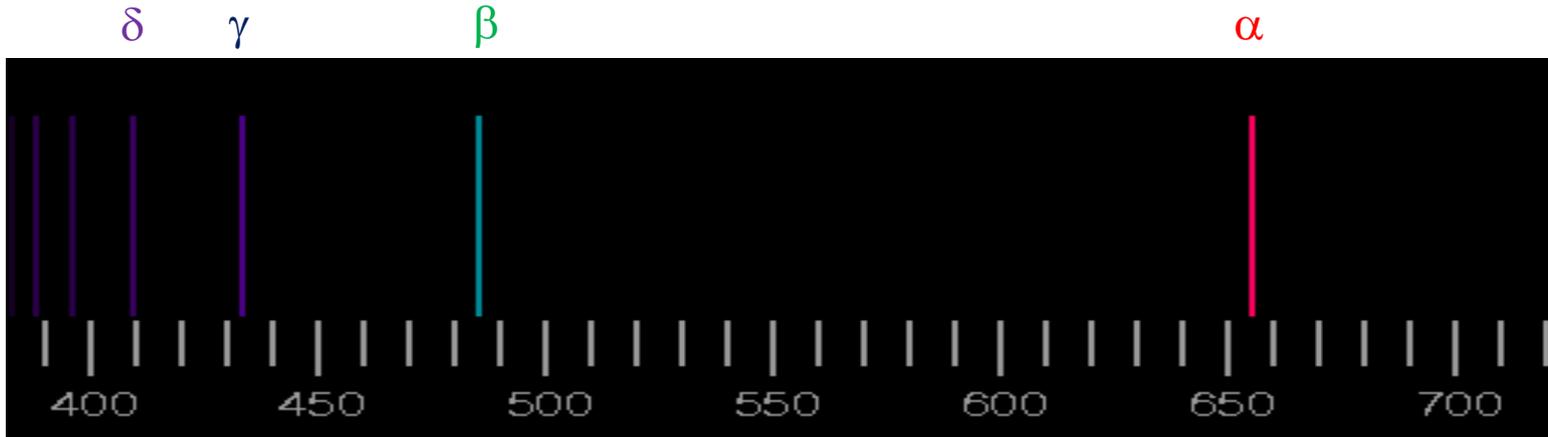
*vollständig im IR-Bereich*

Die größte emittierte Frequenz einer Serie nennt man Seriengrenze.

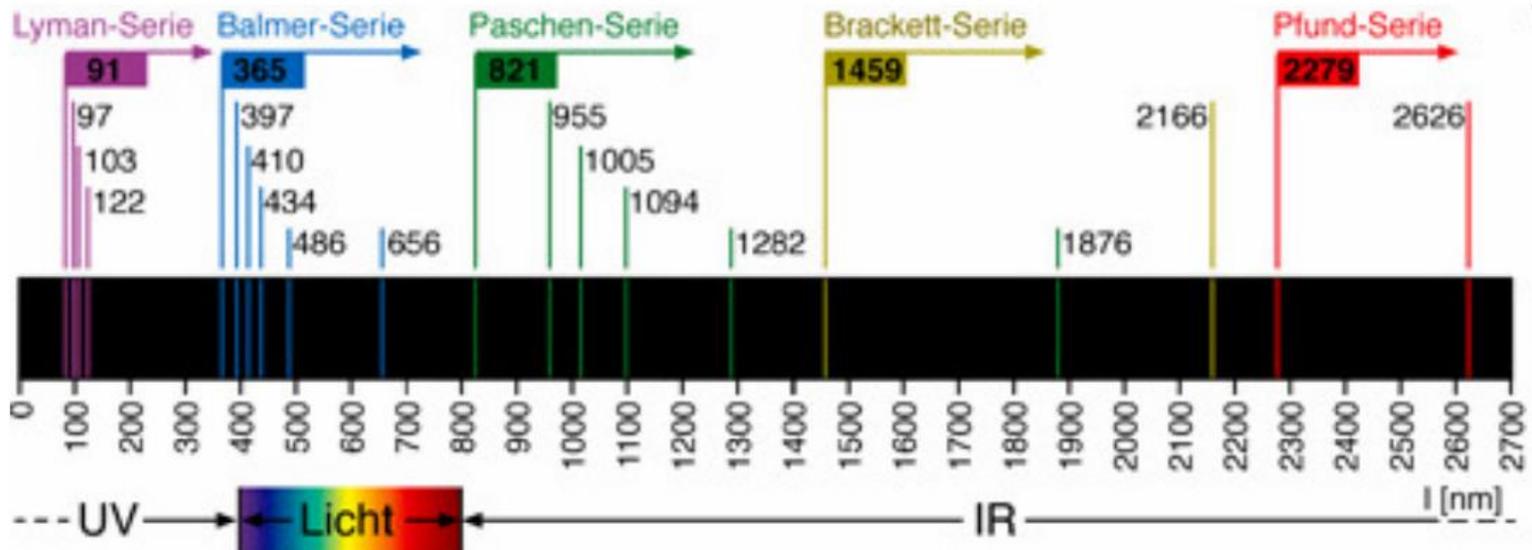


Zwischen den spektralen Serien gibt es keine Überschneidungen.

## Das Spektrum der BALMER-Serie:



## Gesamtspektrum von Wasserstoff:



## Zusammenfassung:

Jeder Quantensprung eines gebundenen Elektrons in der Atomhülle erzeugt eine charakteristische Spektrallinie.



*sichtbares  
Spektrum der  
BALMER-Serie*

Werden Gase ionisiert, so werden Elektronen aus der Hülle herausgelöst und besitzen keinen diskreten Energiewert.

Beim Übergang eines ungebundenen Elektrons auf ein diskretes Energieniveau können unterschiedliche (beliebige) Energiebeträge abgegeben werden.

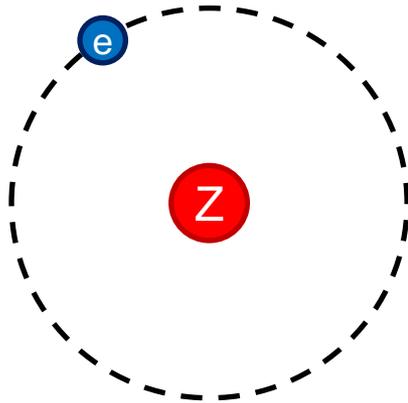
Es entsteht ein kontinuierliches Spektrum.



*Wasserstoffspektrum  
unter hohem Druck  
und hoher Temperatur  
(Sonne)*

# Ein-Elektronensysteme

Ein Ein-Elektronensystem beschreibt ein stabiles System aus einem beliebig positiv geladenen Elementarteilchen (Atomkern) und einem Elektron in der Atomhülle, welches diesen Kern umkreist.



**Z** ... Kernladungszahl als Vielfaches der Elementarladung

Sie können durch Energiezufuhr an Atome und nachfolgender Ionisation erzeugt werden, bis nur noch ein Elektron in der Atomhülle vorhanden ist.

Es gilt:

$$r_n = \frac{h^2 \cdot \epsilon_0}{Z \cdot \pi \cdot m_e \cdot e^2} \cdot n^2$$

$$v_n = \frac{Z \cdot e^2}{2 \cdot h \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{1}{n}$$