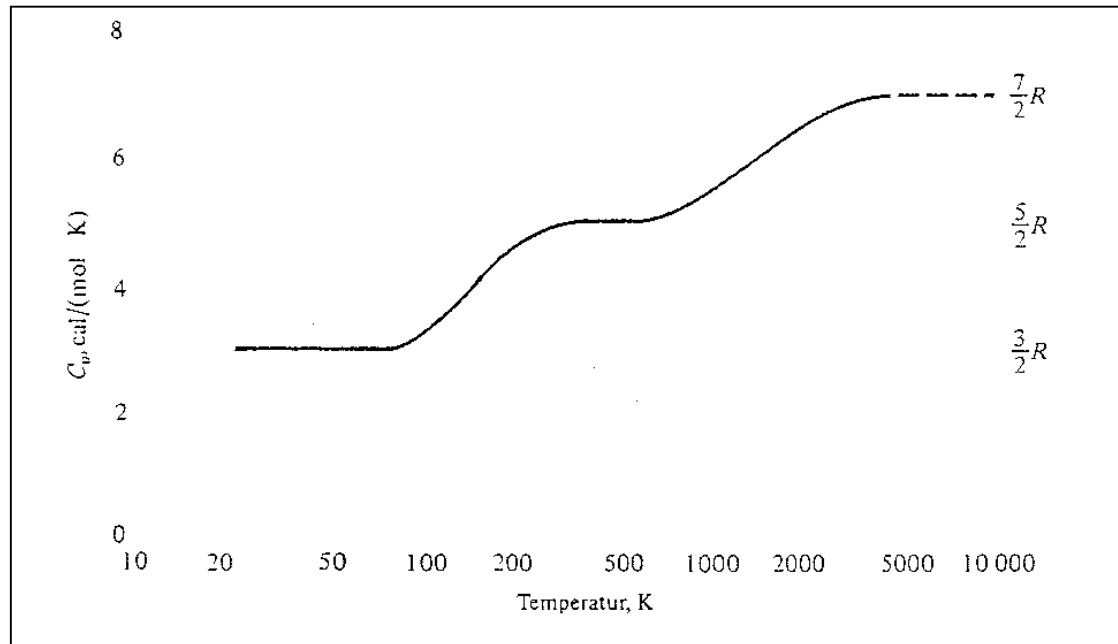


# Atomphysik für Studierende des Lehramtes

Teil 3

# Grenzen der atomistischen Beschreibung der kinetischen Gastheorie

Die spezifische Wärmekapazität gibt an, welche Wärmemenge einem Stoff pro Kilogramm zugeführt werden muss, um seine Temperatur um ein Kelvin zu erhöhen.



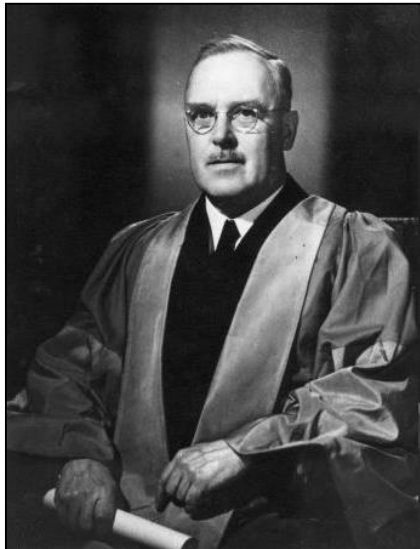
# Grenzen der atomistischen Beschreibung der kinetischen Gastheorie

**Experimenteller Befund zur Wärmekapazität ist nicht erklärbar mit Daltons Atommodell.**

**Der Boltzmann'sche Satz, Äquipartitionstheorem gilt nur bei bestimmten Bedingungen !**

- klassische kontinuierliche Betrachtungsweise
- keine Moleküle
- keine Van der Waals - Kräfte

## Als das Atom in Stücke sprang



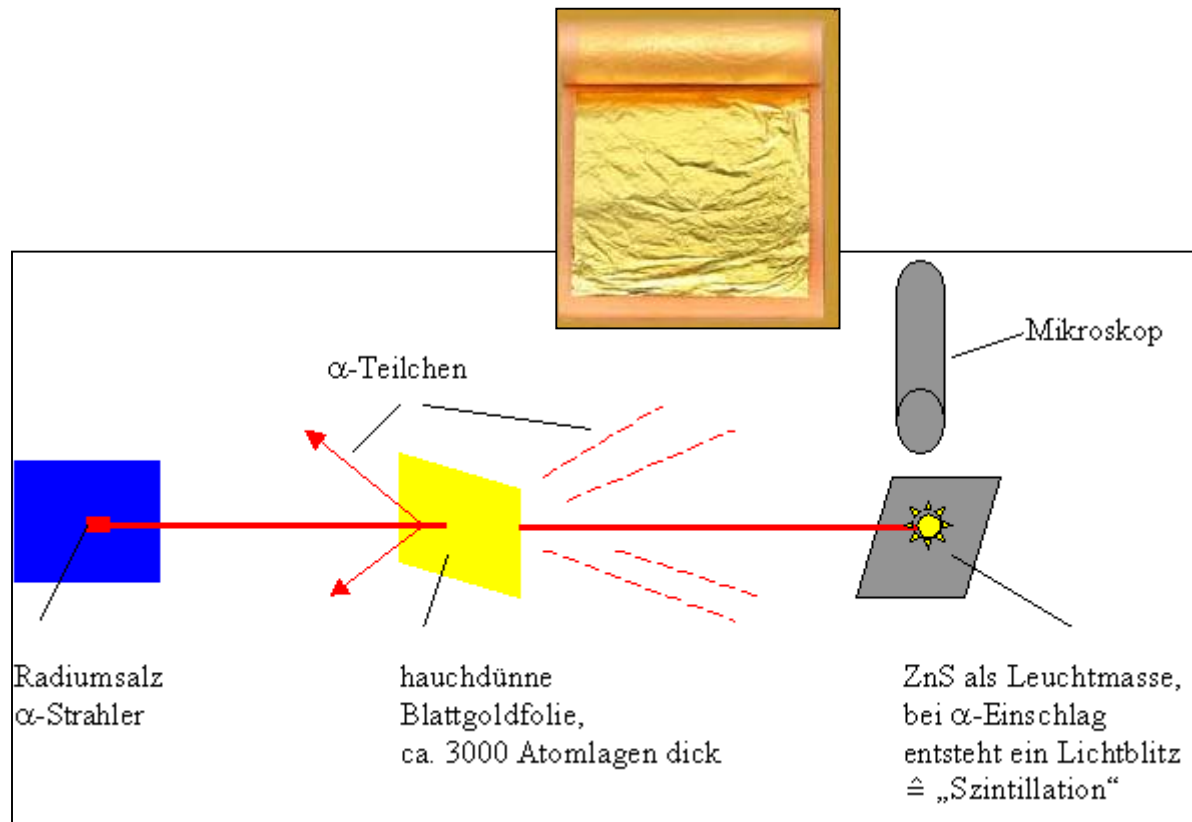
Sir Ernest Marsden  
(1889 - 1970)



Hans Geiger  
(1882 - 1945)

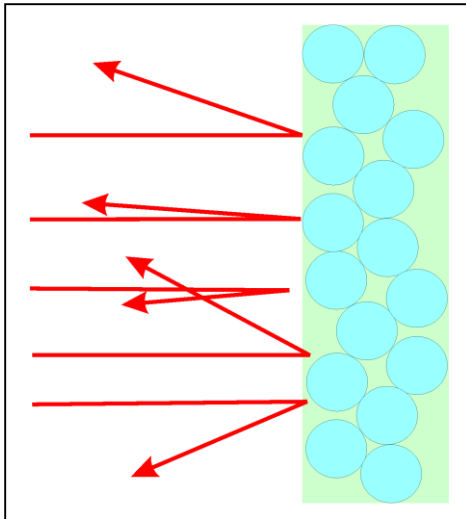
Streuversuche mit Alpha-Teilchen ( $\sim 4u$  /  $q = +2$ ) und Goldfolien

## Streuversuche von Geiger und Marsden

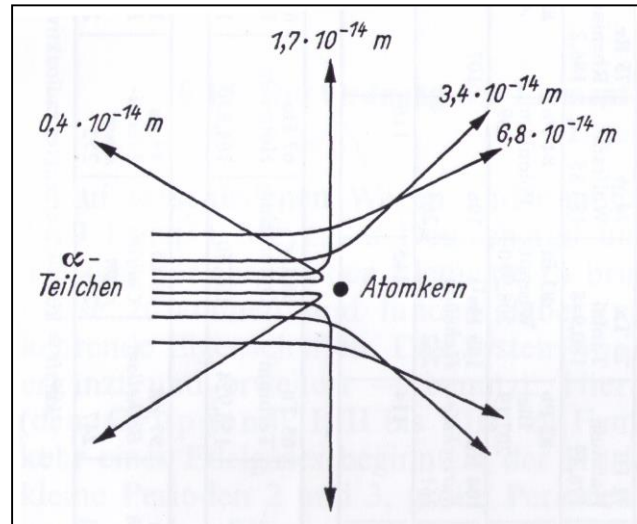


## Ergebnis des Streuversuchs

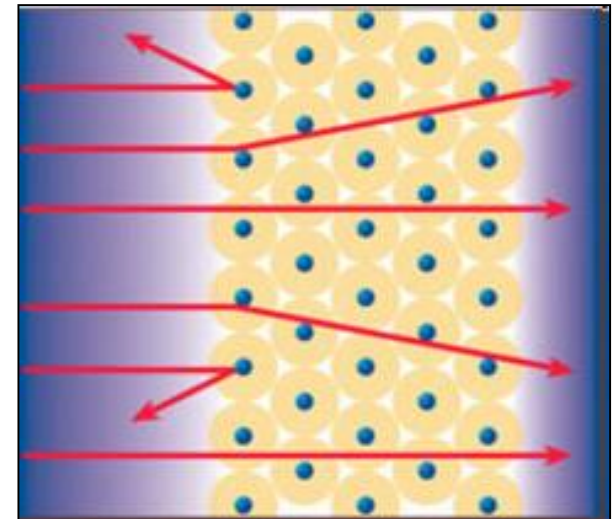
Vermutung



fast alle  $\alpha$ -Teilchen hatten keine Ablenkung  
einige wenige  $\alpha$ -Teilchen wurden mit größeren Winkeln gestreut

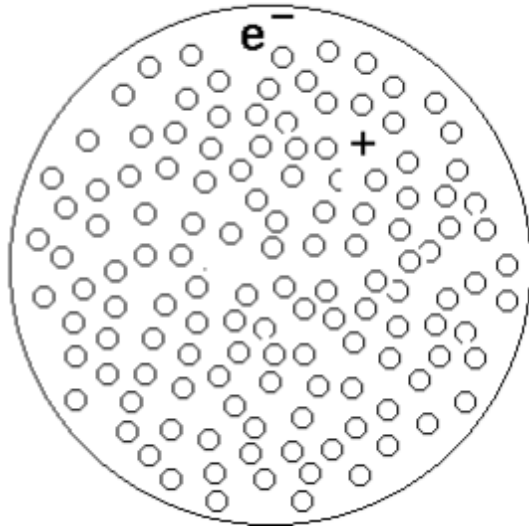


Ergebnis



innere Struktur der Atome

## Streuwinkel und Interpretation



Sir Joseph John  
Thomson

(1856 - 1940)

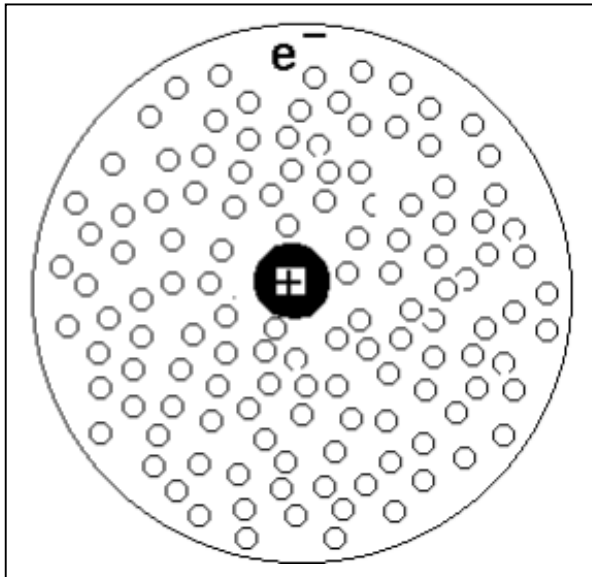
- Kugel vom Durchmesser  $\approx 10^{-10}$  m
- gleichmäßig verteilte positive Ladung
- einzelne negative Elektronen
- "Rosinenkuchenmodell"
- Atom als Ganzes nach außen neutral

### Kritik an Thomsons Modell:

- Potential einer gleichmäßig geladenen Kugel
- Potentialberg - Faktor  $10^3$  bis  $10^4$  zu niedrig
- $\alpha$ -Teilchen mit 5 MeV: größere Ablenkwinkel nicht möglich

## Rutherfords Atommodell

- positiv geladener schwerer Kern im Zentrum des Atoms
- Elektronen sind im kugelförmiger Bereich von ca.  $10^{-10}$  m
- nach außen ist das Atom als Ganzes neutral
- positive Kernladung kompensiert negative Elektronenladung
- die Masse eines Atoms ist praktisch im Kern konzentriert
- außerhalb des Kerns ist im Atom leerer Raum



Ernest Rutherford

(1871 - 1937)



## Rutherfords Atommodell

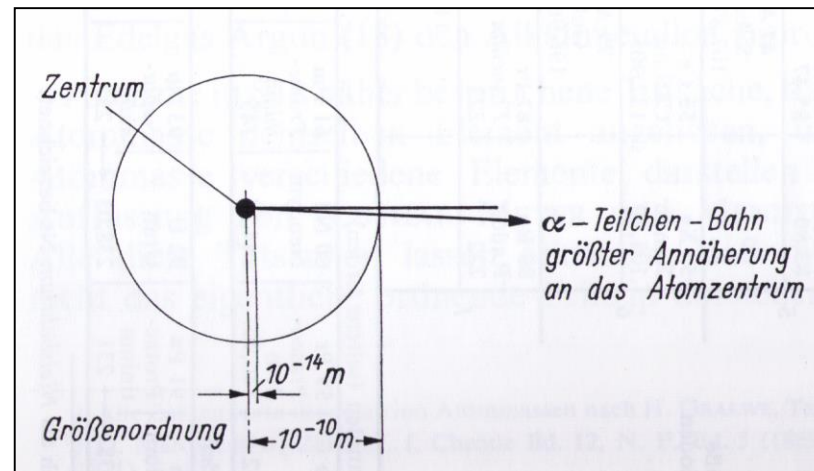
$$U = \frac{2 Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

- Anlaufen einer Kugel an einen steilen Berg
- Abstoßung zweier geladen Kugeln, zentraler Stoß
- kinetische Energie im Umkehrpunkt → potentielle Energie

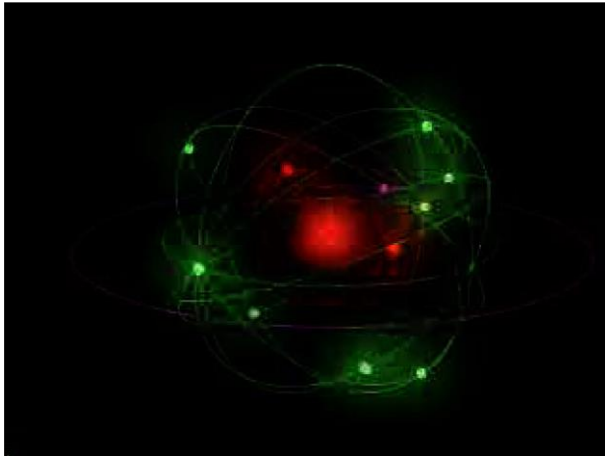
$$W_\alpha = 5 \text{ MeV} = eU$$

$$Z = 79$$

$$\rightarrow r = 4,5 \cdot 10^{-14} \text{ m}$$



## Kritik an Rutherfords Atommodell



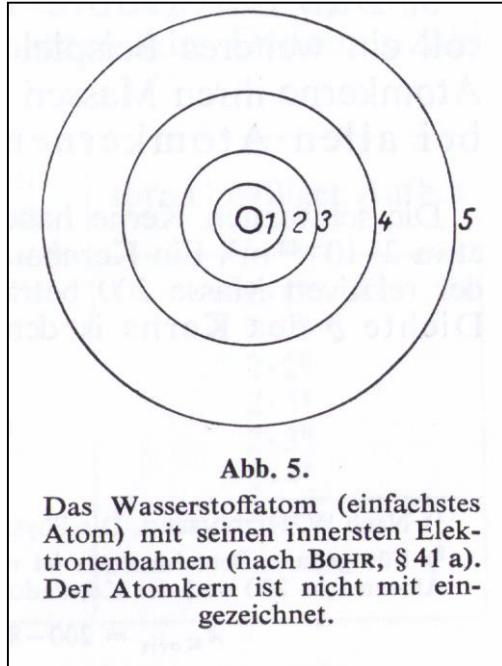
beschleunigte Bewegung Elektrodynamik:  
Abstrahlung elektromagnetischer Strahlung

Energieverlust des kreisenden Elektrons  
→ Atome sind instabil

Bewegung der Elektronen in der Atomhülle?  
Stillstehende Elektronen: Anziehung des Kerns  
⇒ Planetensystems des Atoms  
Abstandsabhängigkeit :  
Coulombkraft - Gravitationskraft  
Analogie zum Planetensystem:  
Kreis- oder Ellipsenbahnen

**Modell hat keine allgemeine Gültigkeit**

## Atommodell von Bohr



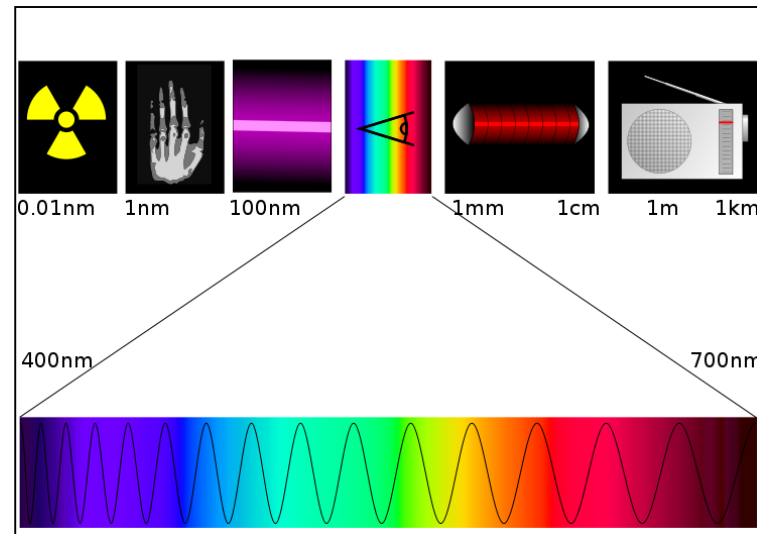
- Elektronen kreisen auf einer bestimmten Zahl von Bahnen um den Kern
- Bahnen entsprechen Energiestufen
- Energieänderung der Elektronen entspricht einem Bahnwechsel
- Übergänge erfolgen sprunghaft



Nils Bohr

(1885 - 1962)

## Atommodell von Bohr



**Energieabgabe** → Emission von elektromagnetischer Strahlung

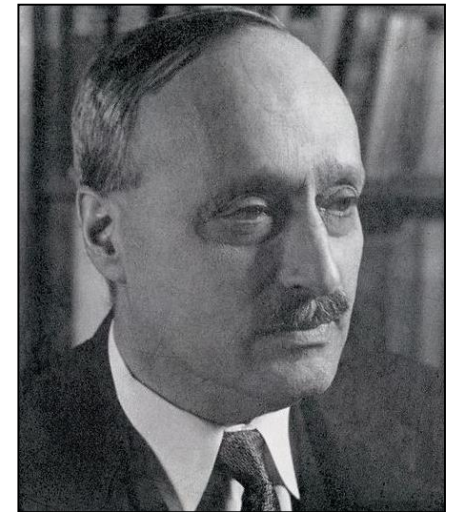
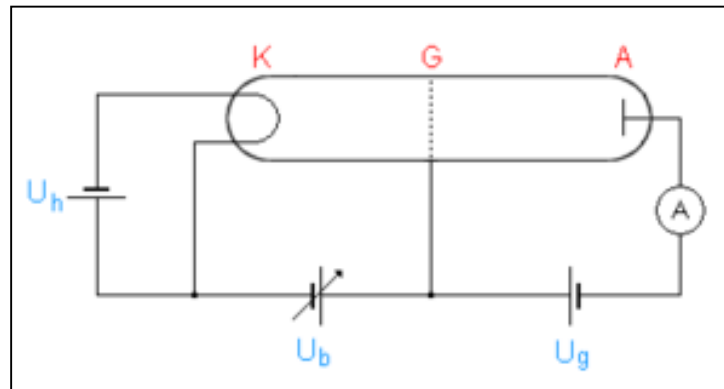
**Energieaufnahme** → Absorption von elektromagnetischer Strahlung und Stoßanregung

# Diskrete Energieniveaus der Elektronen im Atom

## Franck - Hertz - Versuch



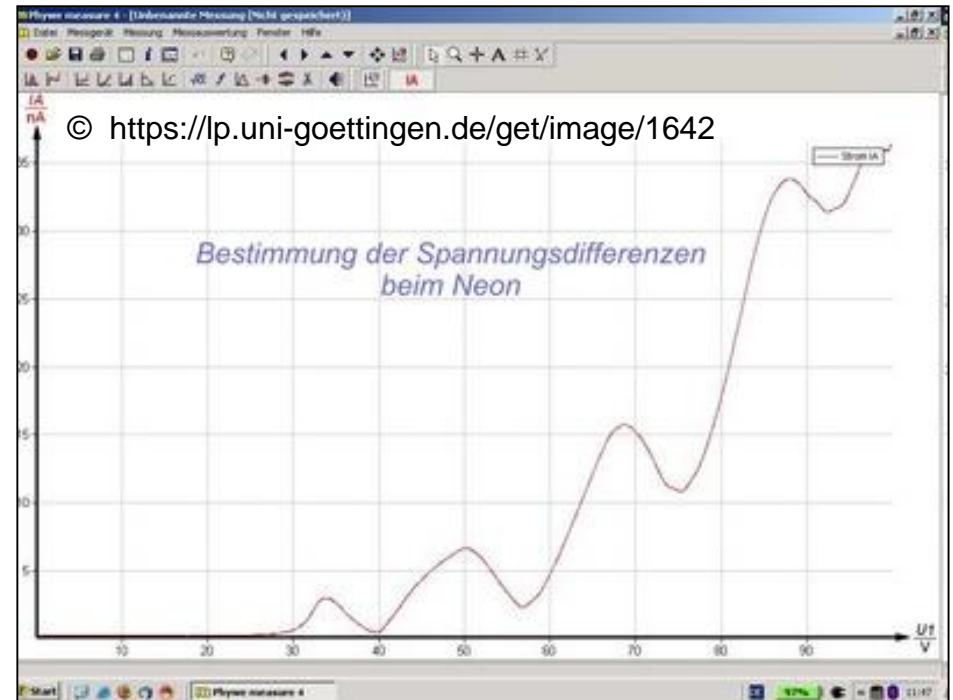
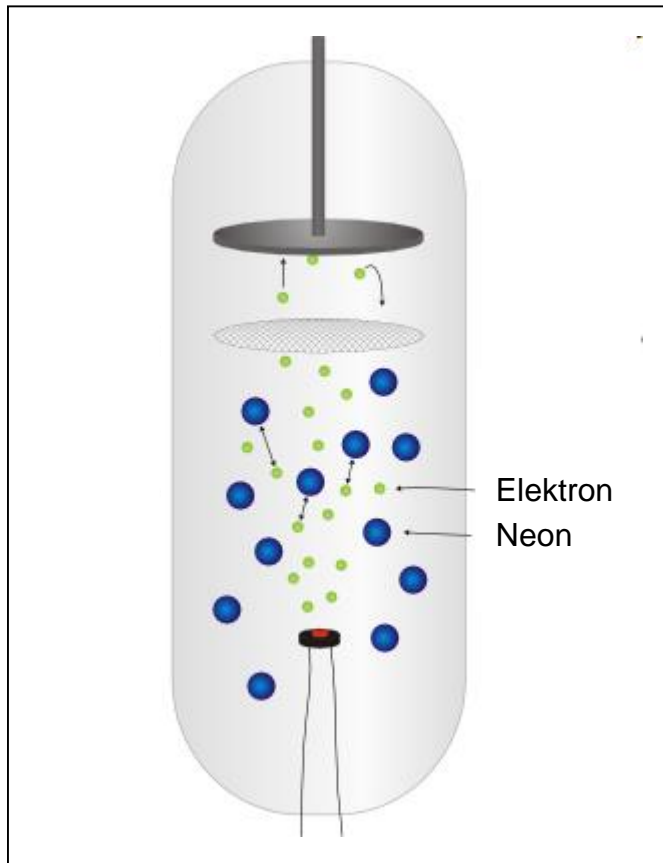
Gustav Ludwig Hertz  
(1887 - 1975)



James Franck  
(1882 - 1964)

# Franck - Hertz - Versuch mit Neon

## Anregung der Hüllenelektronen durch Stöße

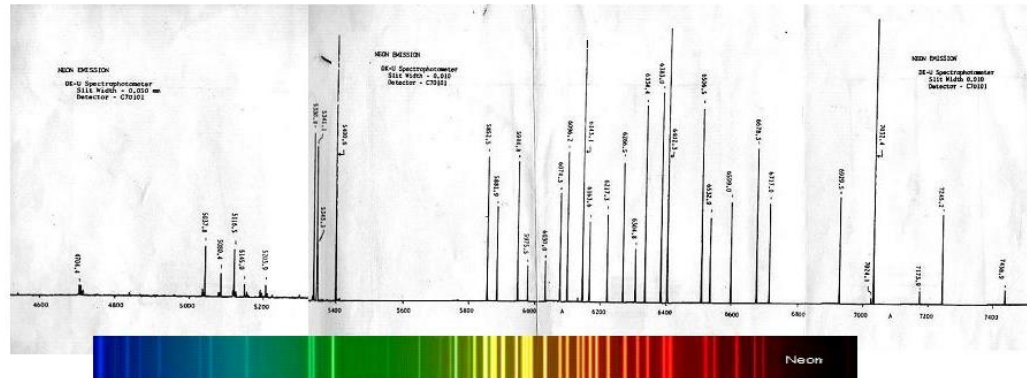


# Franck - Hertz - Versuch mit Neon

## Abregung der Hüllenelektronen durch Lichtemission

© <http://home.arcor.de/l.schanne/Einsteiger/images/Neon%20-%20Atomspektrum.jpg>

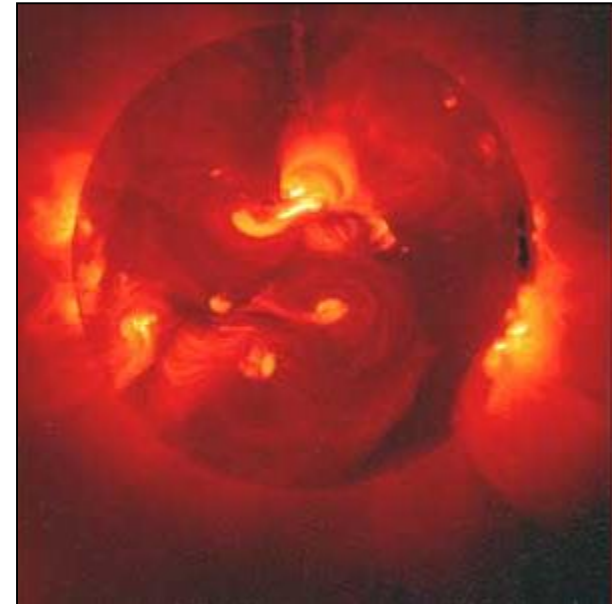
### Neon - Atomspektrum



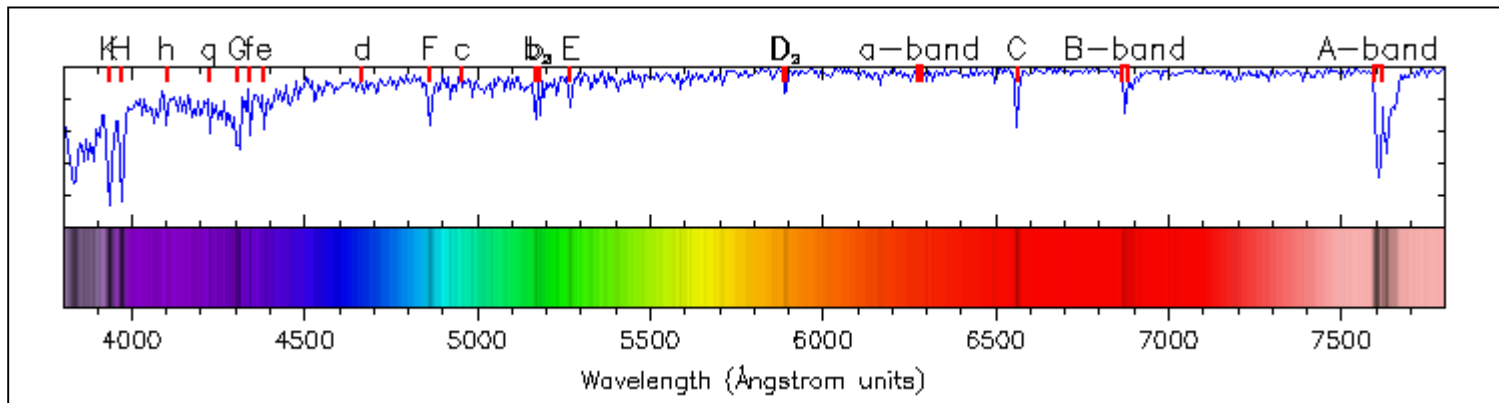
Neon-Spektrum der Fa. Oriol mit dem Versuch, ein artifizielles Farbspektrum hiermit in Deckung zu bringen. Die wesentlichen Linien stimmen überein, gleichwohl scheinen im Farbbild einige zusätzliche Linien enthalten zu sein, die sich im Oriol-Spektrum nicht finden lassen. Neon-Glimmlampenspektren entsprechen nach meiner Erfahrung recht genau dem Oriolplot.  
Dr. Norbert Reinecke ([www.astro-reinecke.org](http://www.astro-reinecke.org))

# Absorption von elektromagnetischer Strahlung

Frauenhofer - Linien im  
optischen Spektrum der  
Sonne

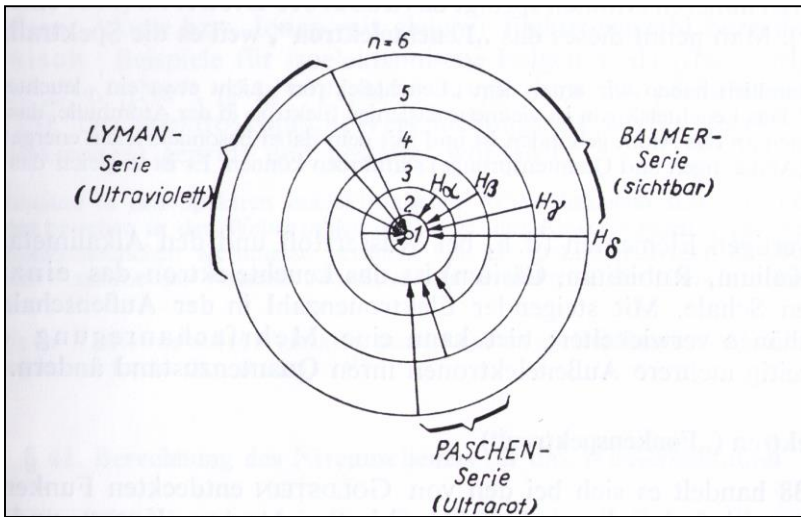


© media.radiosai.org/.../fraunhofer-lines.gif

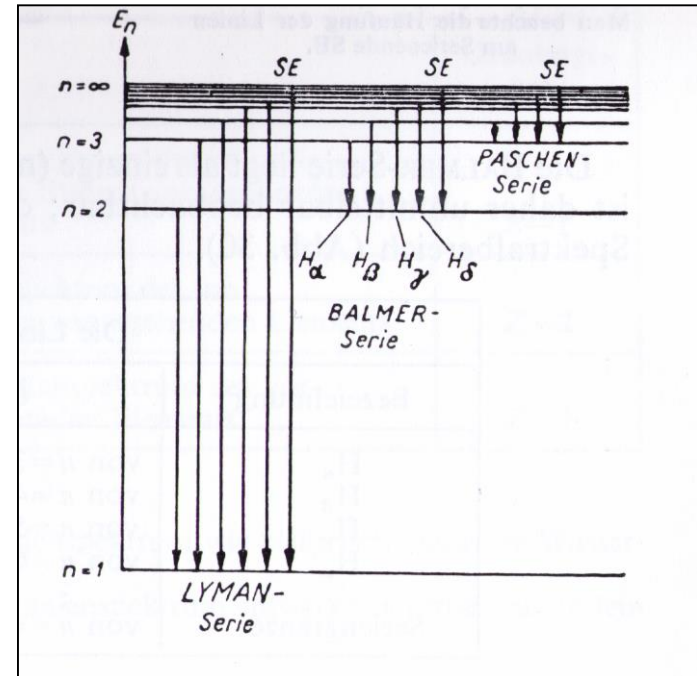




# Diskrete Energieniveaus der Elektronen im Atom

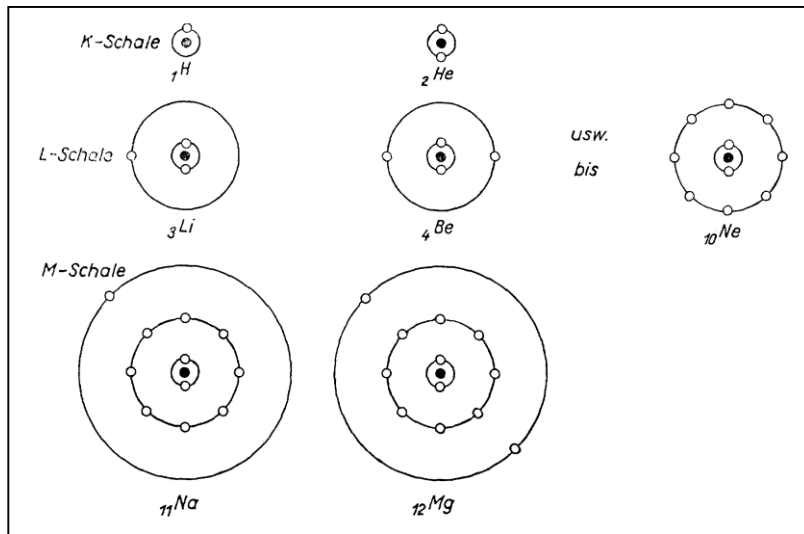


drei der fünf bekannten Spektrallinien im Bohr'schen Modell des Wasserstoffatoms



drei der fünf bekannten Spektrallinien im Energieniveauschema

# Schalenaufbau der Atomhülle



Schale	$n$ (Hauptquantenzahl)	Zahl der Elektronen = $2n^2$
<i>K</i>	1	$2 \cdot 1^2 = 2$
<i>L</i>	2	$2 \cdot 2^2 = 8$
<i>M</i>	3	$2 \cdot 3^2 = 18$
<i>N</i>	4	$2 \cdot 4^2 = 32$
<i>O</i>	5	$2 \cdot 5^2 = 50$
<i>P</i>	6	$2 \cdot 6^2 = 72$
<i>Q</i>	7	$2 \cdot 7^2 = 98$

Besetzungszahlen der Schalen im Bohr'schen Atommodell

Aufteilung der Elektronen auf die Schalen der Atomhülle

## Valenztheorie

	Schale							Elektronen- Gesamtzahl
	K	L	M	N	O	P	Q	
<b>Alkalimetalle:</b>								
Lithium	2	1						3
Natrium	2	8	1					11
Kalium	2	8	8	1				19
Rubidium	2	8	18	8	1			37
Cäsium	2	8	18	18	8	1		55
Francium	2	8	18	32	18	8	1	87
<b>Halogene:</b>								
Fluor	2	7						9
Chlor	2	8	7					17
Brom	2	8	18	7				35
Jod	2	8	18	18	7			53
Astat	2	8	18	32	18	7		85
<b>Edelgase:</b>								
Helium	2							2
Neon	2	8						10
Argon	2	8	8					18
Krypton	2	8	18	8				36
Xenon	2	8	18	18	8			54
Radon	2	8	18	32	18	8		86

