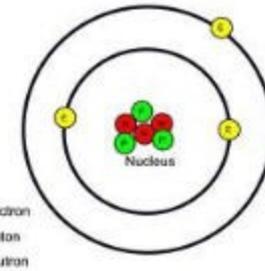
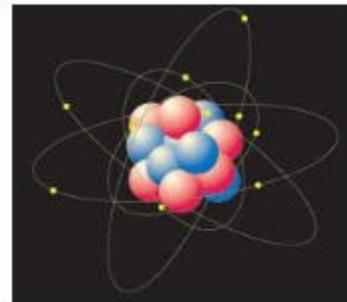
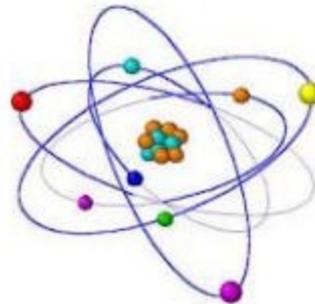
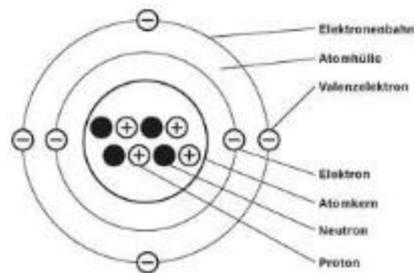
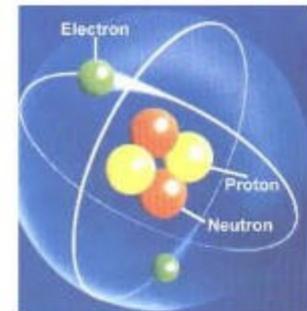
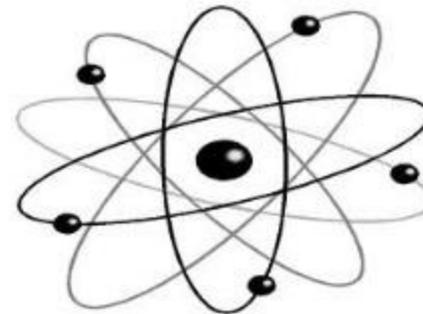
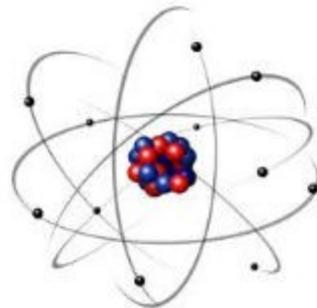
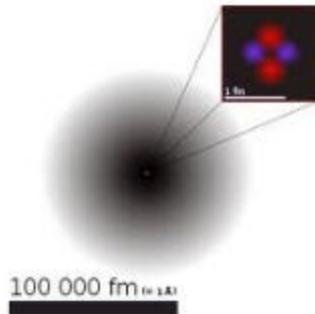


# Orbitalmodell im gymnasialen Chemieunterricht

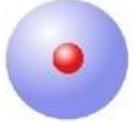
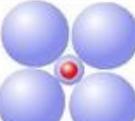
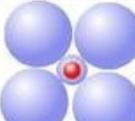
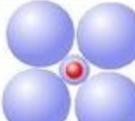
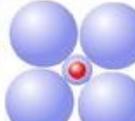
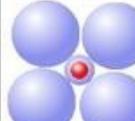
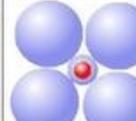
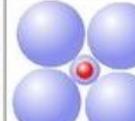
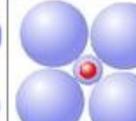
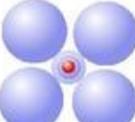
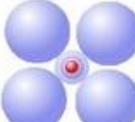
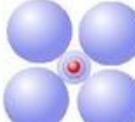
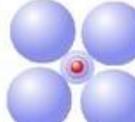
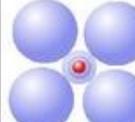
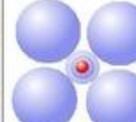
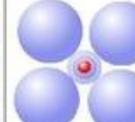
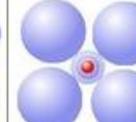
# Atom @ Google

Verwandte Suchanfragen: [atom symbol](#) [atom warnschild](#) [atom logo](#) [atompilz](#) [intel atom](#)



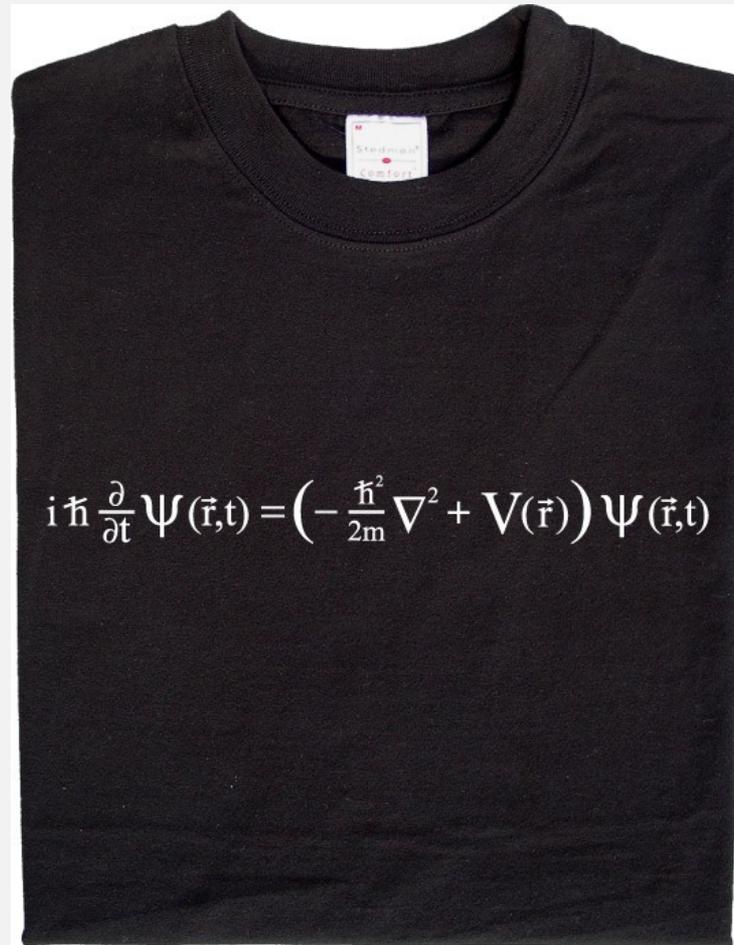
# Kugelwolkenmodell

Die Hauptgruppen-Elemente im Periodensystem im Kugelwolkenmodell

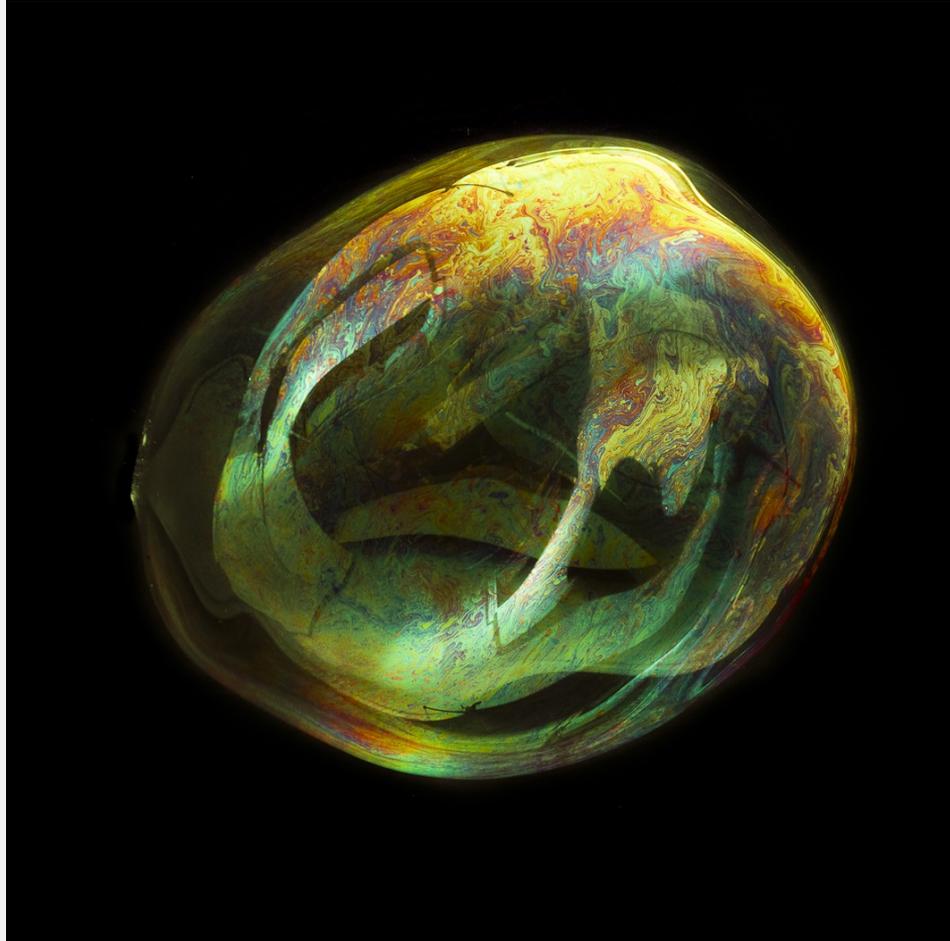
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1.	 H							 He
2.	 Li	 Be	 B	 C	 N	 O	 F	 Ne
3.	 Na	 Mg	 Al	 Si	 P	 S	 Cl	 Ar
4.	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

 Birgit Lachner [www.supertelehrer.de](http://www.supertelehrer.de) 

# Schrödingergleichung

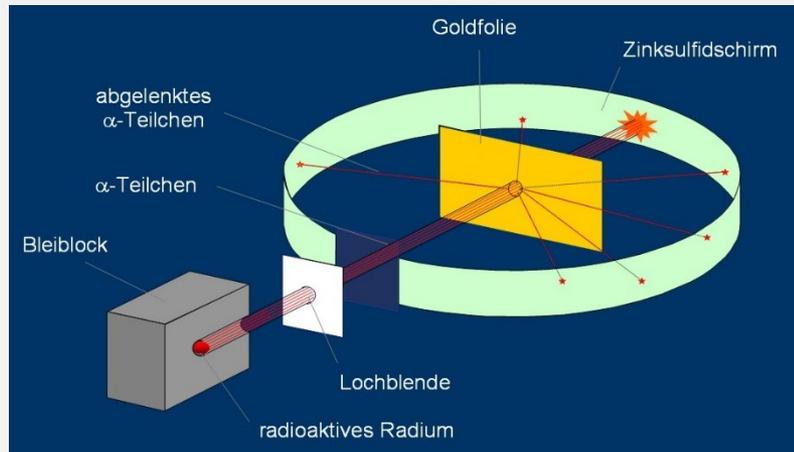


# Orbitalmodell

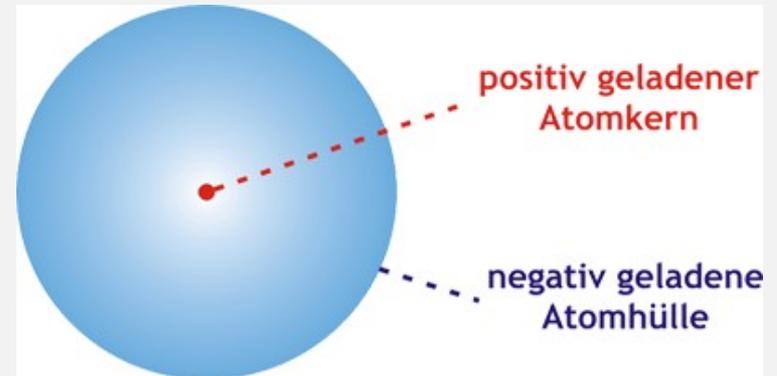


# Ausgangslage

## Experiment



## Folgerung



Streuversuch von E. Rutherford (1911)

Kern-Hülle-Modell

Widerspruch zum Coulomb-Gesetz

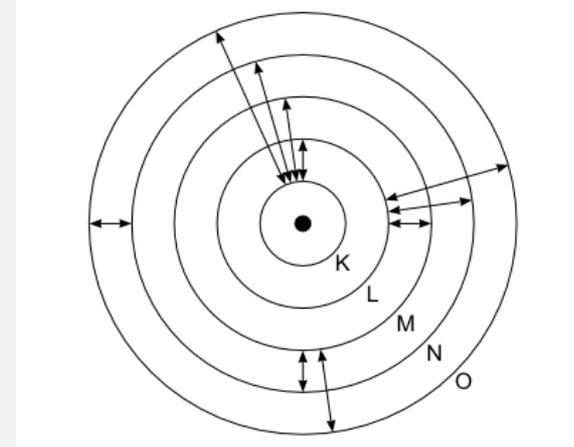
# I. Schalenstruktur

## Experiment

Ionisierungsenergien in eV für das												
Nr.	Symbol	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10. abgespaltene Elektron	
1	H	13,6									Elektronenzahl = 1	
2	He	24,6	54,4								= 2	
3	Li	5,4	75,6	122,4							1 + 2 = 3	
4	Be	9,3	18,2	153,9	217,7						2 + 2 = 4	
5	B	8,3	25,1	37,9	259,3	340,1					3 + 2 = 5	
6	C	11,3	24,4	47,9	64,6	391,9	489,8				4 + 2 = 6	
7	N	14,5	29,6	47,4	77,5	97,9	551,9	666,8			5 + 2 = 7	
8	O	13,6	35,2	54,9	77,4	113,9	138,1	739,1	871,1		6 + 2 = 8	
9	F	17,4	35,0	62,6	87,2	114,2	157,1	185,1	963,6	1100,0	7 + 2 = 9	
10	Ne	21,6	41,0	64,0	97,1	126,4	157,9	207,0	238,0	1190,0	8 + 2 = 10	
11	Na	5,1	47,3	71,6	98,9	138,6	172,4	208,4	264,1	299,9	1460,0	1 + 8 + 2 = 11
12	Mg	7,6	15,0	80,1	109,3	141,2	186,7	225,3	266,0	328,2	367,0	2 + 8 + 2 = 12
13	Al	6,0	18,8	28,4	120,0	153,8	190,4	241,9	285,1	331,6	399,2	3 + 8 + 2 = 13
14	Si	8,1	16,3	33,5	45,1	166,7	205,1	246,4	303,2	349,0	407,0	4 + 8 + 2 = 14
15	P	11,0	19,7	30,1	51,4	65,0	220,4	263,3	309,2	380,0	433,0	5 + 8 + 2 = 15
16	S	10,4	23,4	35,0	47,3	72,5	88,0	281,0	328,8	379,1	459,0	6 + 8 + 2 = 16
17	Cl	13,0	23,8	39,9	53,5	67,9	96,7	114,3	349,3	398,8	453,0	7 + 8 + 2 = 17
18	Ar	15,8	27,6	40,9	59,8	75,0	91,3	124,0	143,5	434,0	494,0	8 + 8 + 2 = 18
19	K	4,3	31,8	46,0	60,9	83,0	101,0	120,0	155,0	176,0	501,4	1 + 8 + 8 + 2 = 19
20	Ca	6,1	11,9	51,2	67,0	84,0	111,0	127,0	151,0	189,0	211,4	2 + 8 + 8 + 2 = 20

## Ionisierungsenergien

## Folgerung



## Schalenmodell von N. Bohr (1913)

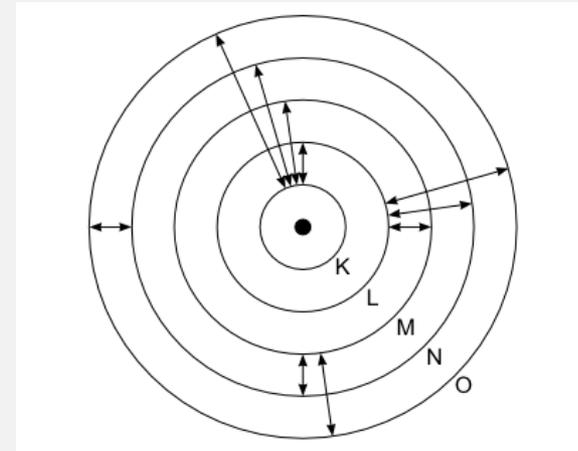
# I. Schalenstruktur

Experiment



Flammenfarben, Linienspektren

Folgerung

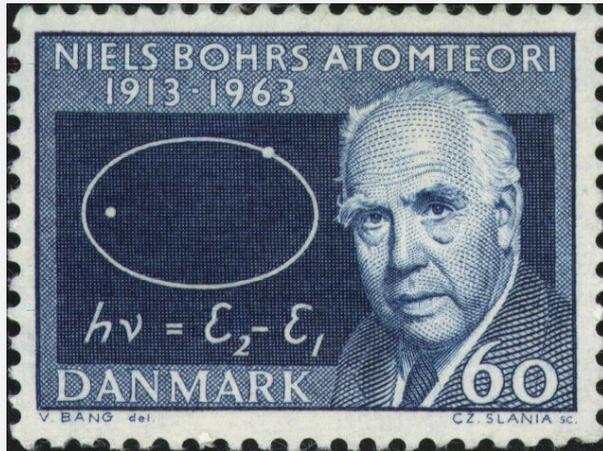


Schalenmodell von N. Bohr (1913)

Postulate

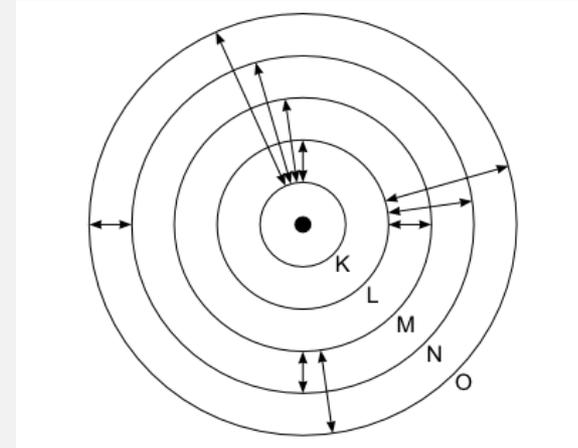
# II. Probleme

Niels Bohr



Postulate

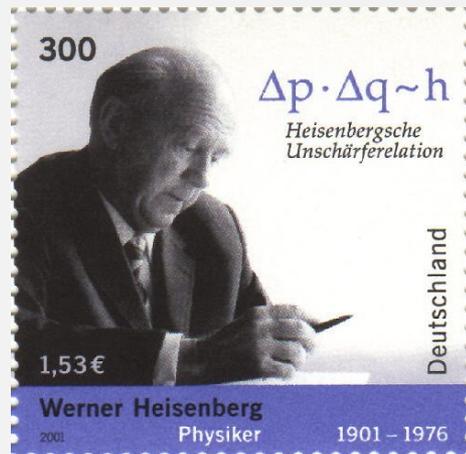
Folgerung



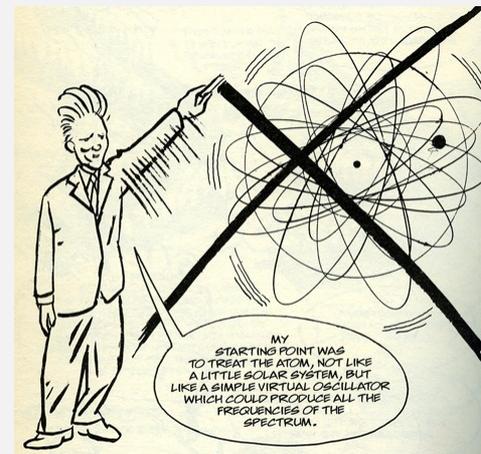
Keine kausale Erklärung der Schalenstruktur

# II. Probleme

Naturgesetz



Folgerung

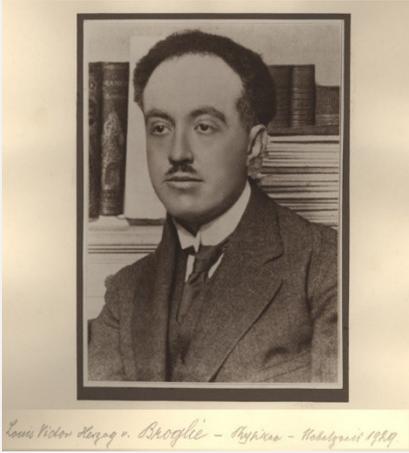


Unschärfebeziehung von W. Heisenberg  
(1927)

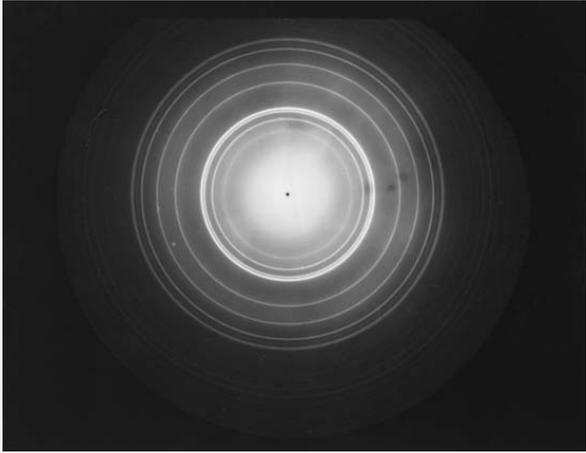
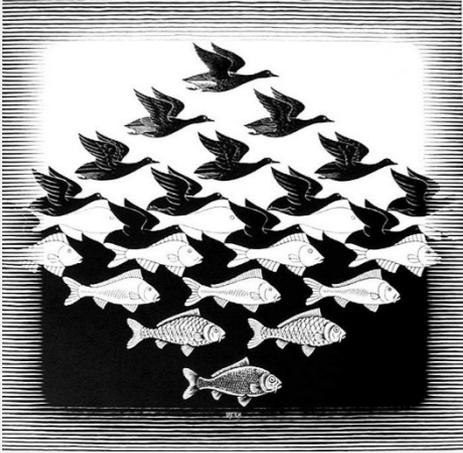
Das Bohr'sche Atommodell widerspricht  
der Unschärfebeziehung

# Was nun?

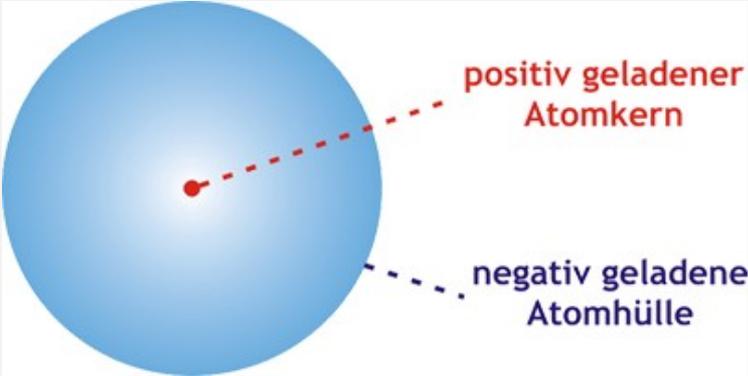
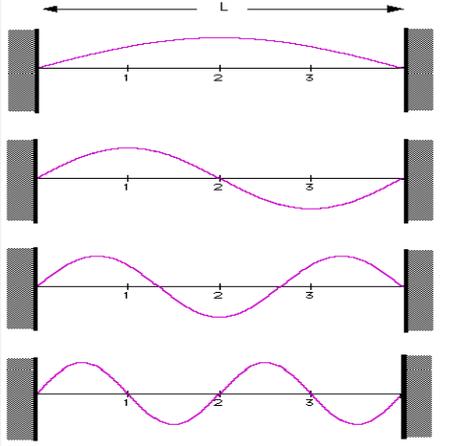
# III. Elektron als Welle

Vorhersage	Folgerung
 <p>A black and white portrait of Louis de Broglie, a French physicist. He is shown from the chest up, wearing a suit and tie, with a mustache. The portrait is set within a simple frame. Below the portrait, there is a small caption in French: "Louis Victor Roger de Broglie - Né le 19 août 1892 - Mort le 28 mars 1960".</p>	 <p>A postage stamp from France, dated 1924, commemorating the discovery of the electron wave by Louis de Broglie. The stamp features the equation <math>\lambda = \frac{h}{mv}</math> in large, stylized letters. The text on the stamp includes "1924 découverte de l'onde de Louis de Broglie" and "3,70 République Française". The stamp is part of a series, with "LA POSTE 1994 EUROPA" visible on the left edge.</p>
Louis de Broglie (1924)	Wellencharakter des Elektrons

# III. Elektron als Welle

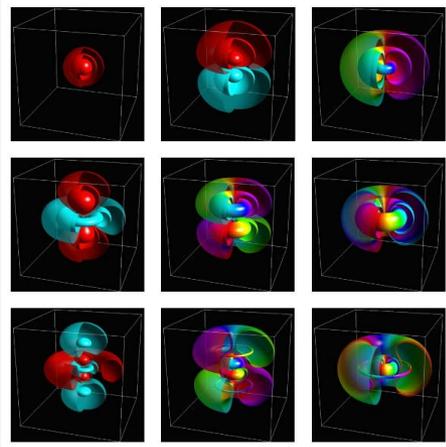
Experimentelle Bestätigung	Folgerung
 A black and white photograph showing the diffraction pattern of electrons. It consists of a central bright spot surrounded by several concentric, slightly irregular rings of varying intensity, set against a dark background.	 A black and white illustration depicting the wave-particle duality of matter. The top half shows a series of birds flying in a wave-like pattern, while the bottom half shows a school of fish swimming in a similar wave-like pattern. The background is filled with horizontal lines, suggesting a wave or a field.
Davisson und Germer (1927)	Welle-Teilchen-Dualismus
Versuch: Beugung der Elektronenwellen	Schlüsselerkenntnis bei der Herleitung des Orbitalmodells

# IV. Orbitalbegriff

Elektronen in Atomen	Analogie
	
Elektronen in Atomen sind durch die Anziehung zum Kern eingesperrt	Eingesperrte Wellen in der Musik
Versuche mit Gummi- und Kunststoffschläuchen	Nur bestimmte Zustände sind möglich → Schalenstruktur der Elektronenhülle

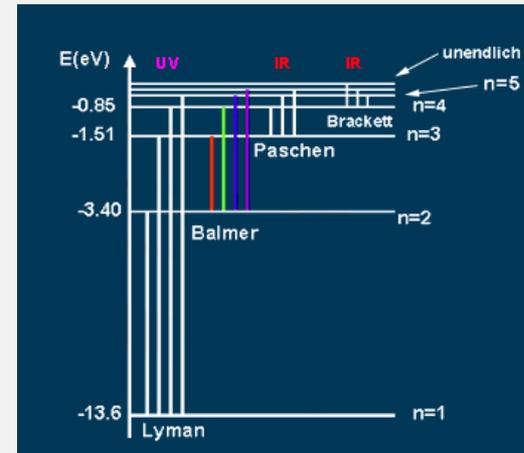
# IV. Orbitalbegriff

## Elektronen in Atomen



Elektronen in Atomen können als dreidimensionale stehende Wellen beschrieben werden

## Folgerung



Das diskrete Verhalten der Elektronen in Atomen folgt **ohne zusätzliche Annahmen** aus dem Wellencharakter des Elektrons

**Kausale Erklärung der Natur**

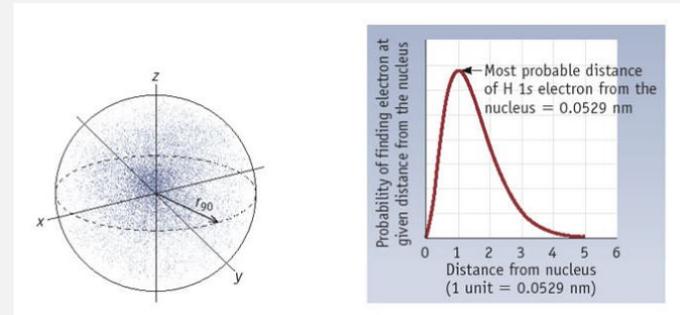
# IV. Orbitalbegriff

Deutung der Wellenfunktion



M. Born (1926)  
Berechnung der  
Aufenthaltswahrscheinlichkeit des  
Elektrons aus der Wellenfunktion

Folgerung

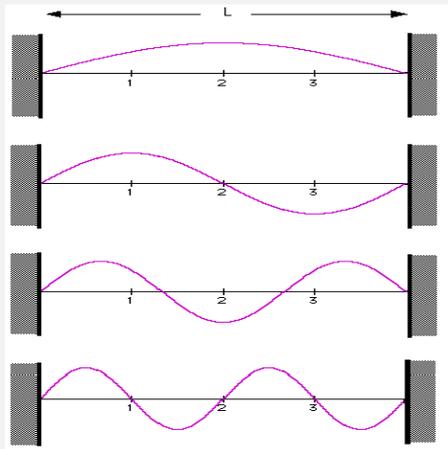


Die Teile des Raumes um den Atomkern,  
in welchen sich ein Elektron mit hoher  
Wahrscheinlichkeit aufhält, werden als  
Orbitale bezeichnet

**Orbitalbegriff**

# Leistungen des Orbitalmodells

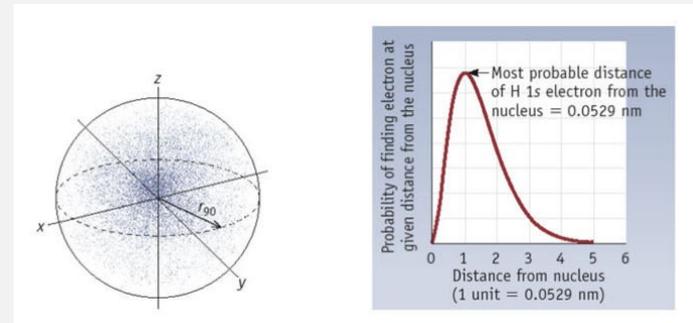
Elektronen als stehende Wellen



→ Diskretes Verhalten der Elektronen in Atomen

Kausale Erklärung der Schalenstruktur

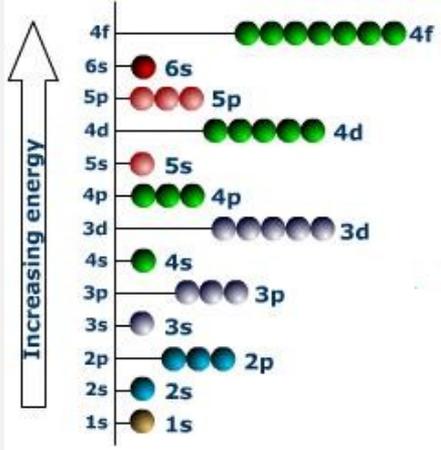
Wahrscheinlichkeitsdeutung



→ Keine exakte Beschreibung eines Elektrons

Einklang mit der Heisenberg'schen Unschärfebeziehung

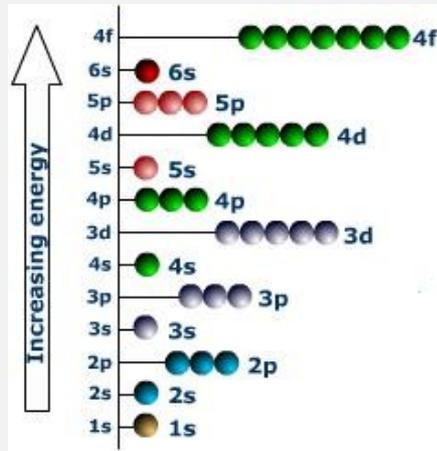
# V. Auffüllen der Orbitale

Besetzung der Orbitale mit Elektronen	Folgerung
<p data-bbox="314 465 741 529" style="text-align: center;"><b>Aufbauprinzip</b></p> <ol data-bbox="113 562 635 761" style="list-style-type: none"><li>1. Energieprinzip</li><li>2. Pauli-Prinzip (Spin)</li><li>3. Hundsche Regel</li></ol>	
<p data-bbox="113 948 848 1036"><b>Zu 1:</b> Schalen, Unterschalen, Kreuzung der Unterschalen (3d/4s)</p> <p data-bbox="113 1058 722 1098"><b>Zu 2:</b> Doppelbesetzung der Wolken</p>	<p data-bbox="987 948 1808 988">Elektronenkonfigurationen aller Elemente</p>

# VI. Periodensystem der Elemente

(R. Deuber)

Elektronenkonfigurationen der Elemente



Herleitung des Periodensystems

Kreuzung der Unterschalen 3d/4s

Erklärung des Periodensystems  
einschliesslich der  
Existenz der Nebengruppenelemente

Kausale Erklärung der Natur



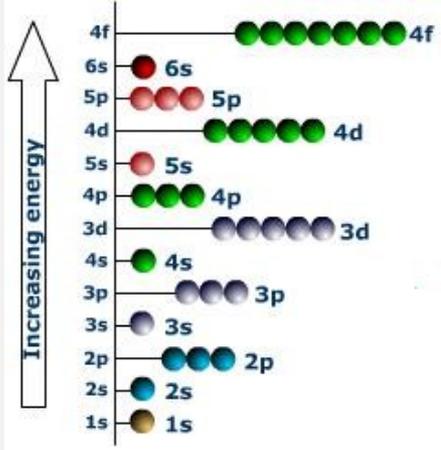
# Auffüllen der Orbitale

Beispiel eines Kapitels

# Inhalt

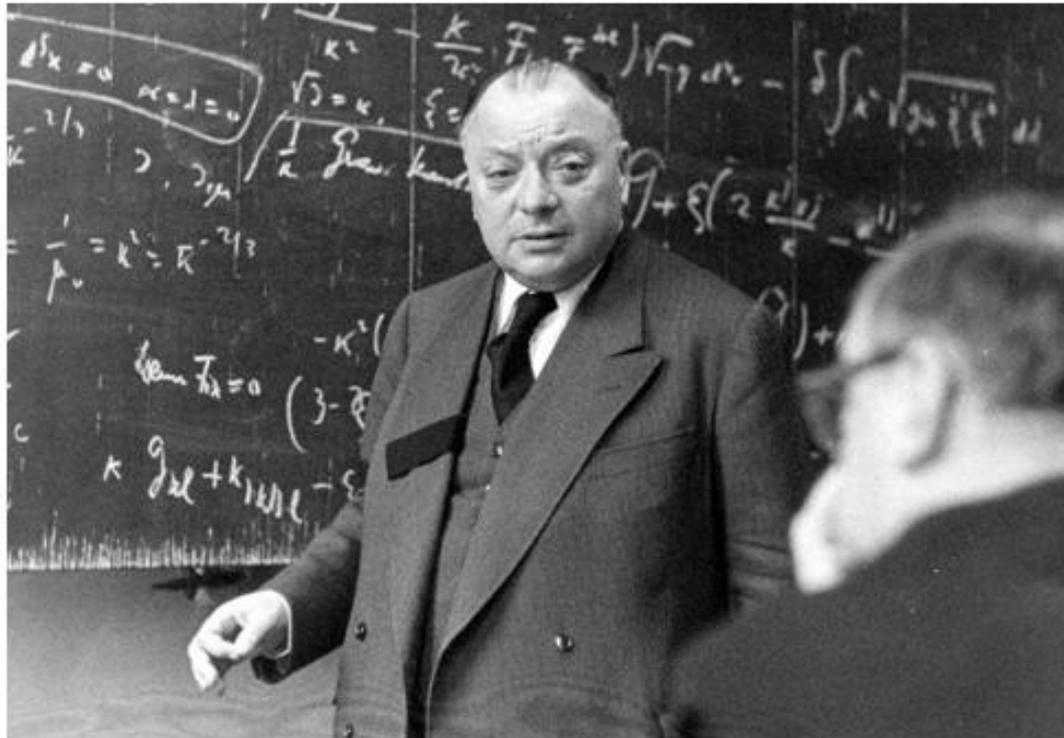
- Hauptdokument
- Arbeitsblätter für die Lernenden
- Arbeitsblätter mit Lösungen für die Lehrkraft
- PowerPoint-Präsentationen
- Lesetexte

# V. Auffüllen der Orbitale

Besetzung der Orbitale mit Elektronen	Folgerung
<p data-bbox="314 465 743 529" style="text-align: center;"><b>Aufbauprinzip</b></p> <ol data-bbox="112 562 637 761" style="list-style-type: none"><li>1. Energieprinzip</li><li>2. Pauli-Prinzip (Spin)</li><li>3. Hundsche Regel</li></ol>	 <p>The diagram illustrates the relative energies of atomic orbitals. An upward-pointing arrow on the left is labeled 'Increasing energy'. Orbitals are represented by colored spheres on horizontal lines. From bottom to top, the orbitals are: 1s (brown), 2s (blue), 2p (cyan), 3s (grey), 3p (grey), 4s (green), 3d (grey), 4p (green), 3d (grey), 4d (green), 5s (red), 4d (green), 5p (red), 6s (red), and 4f (green). The 4s orbital is lower in energy than the 3d orbital, and the 6s orbital is lower in energy than the 4f orbital.</p>
<p data-bbox="112 946 850 1036"><b>Zu 1:</b> Schalen, Unterschalen, Kreuzung der Unterschalen (3d/4s)</p> <p data-bbox="112 1058 724 1096"><b>Zu 2:</b> Doppelbesetzung der Wolken</p>	<p data-bbox="987 946 1812 991">Elektronenkonfigurationen aller Elemente</p>
	<p data-bbox="1051 1172 1748 1216" style="text-align: center;"><b>Herleitung des Periodensystems</b></p>

# VI. Auffüllen der Orbitale mit Elektronen (Aufbauprinzip)

---



## Versuch 1: „Geisterstunde“ - Experimentelle Demonstration des Pauli-Prinzip

Die fluoreszierenden (eine Flasche Schweppes, Lösungen von Fluoreszein, Rhodamin B oder anderen fluoreszierenden Farbstoffen) und phosphoreszierenden (Totenmaske, Leuchtsterne, Playmobil-Geist, etc.) Gegenstände werden auf dem Tisch gut sichtbar aufgestellt und vor der Lektion mit einer passenden Schachtel zugedeckt. Neben dran wird eine UV-Lampe ( $\lambda = 366 \text{ nm}$ ) platziert, sodass die aufgestellten Gegenstände gut beleuchtet werden können. (Abb. 6) Für einen noch stärkeren Effekt kann ein Abspielgerät mit geeigneter Horrormusik bereitgestellt werden.



Abb. 6 Die Versuchsanordnung

Nun wird die UV-Lampe eingeschaltet, die Lehrkraft kann sich die Totenmaske überziehen, die Horrormusik wird abgespielt und die Abdeckung von den Gegenständen abgenommen.



Abb. 7 Versuchsanordnung nach dem Einschalten der UV-Lampe

Nun leuchten **alle** aufgestellten Gegenstände und die Schülerinnen und Schüler sind vom ganzen Spektakel, zumindest in der Erfahrung des Autors, doch beeindruckt (Abb. 7).

Danach schaltet man die UV-Lampe aus und die Lernenden werden aufgefordert genau zu beobachten, was sich nun geändert hat (Abb. 8). Man sieht, dass nun einige Gegenstände nicht mehr leuchten, bei einigen kann man jedoch ein Nachleuchten beobachten.



Abb. 8 Versuchsanordnung nach dem Abschalten der UV-Lampe

Natürlich kann und sollte man das Einschalten und Abschalten der UV-Lampe mehrmals wiederholen und sicherstellen, dass alle Schülerinnen und Schüler gesehen haben, was sich beim Abschalten der Lampe geändert hat.

**Erklärung:** Die Lernenden werden nun aufgefordert, das Arbeitsblatt VI/2 zu bearbeiten, um das vorhergehende Experiment deuten zu können.

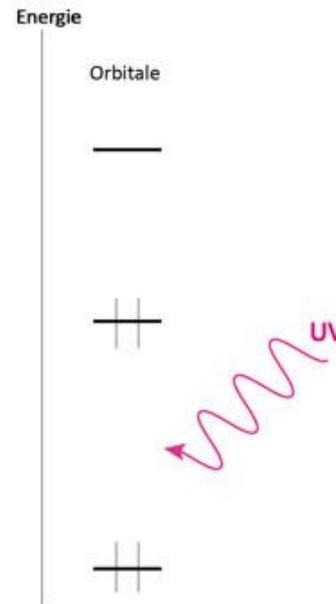
## Arbeitsblatt VI/2a

### „Geisterstunde“ – Erklärung des Experiments

**Auftrag 1:** Lesen Sie zuerst den Lesetext „II/1 im Kapitel II „Entstehung des Lichtes, Flammenfarben.

Beachten Sie bitte, dass die Bestrahlung von Stoffen mit UV-Strahlung, ähnlich dem Erwärmen der Stoffe beim Versuch „Flammenfarben, einem Zufuhr von Energie entspricht.

**Frage 1:** Zeichnen Sie in das unten stehende Diagramm ein, welche Veränderung in der Elektronenhülle der Atome die UV-Strahlung verursachen könnte.



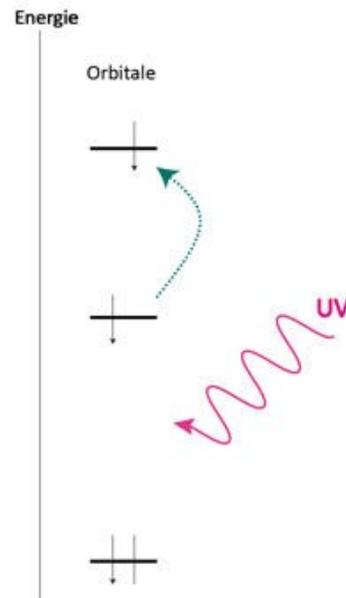
## Arbeitsblatt VI/2a: Version für die Lehrkraft

### „Geisterstunde“ – Erklärung des Experiments

**Auftrag 1:** Lesen Sie zuerst den Lesetext „II/1 im Kapitel II „Entstehung des Lichtes, Flammenfarben.

Beachten Sie bitte, dass die Bestrahlung von Stoffen mit UV-Strahlung, ähnlich dem Erwärmen der Stoffe beim Versuch „Flammenfarben, einem Zufuhr von Energie entspricht.

**Frage 1:** Zeichnen Sie in das unten stehende Diagramm ein, welche Veränderung in der Elektronenhülle der Atome die UV-Strahlung verursachen könnte.



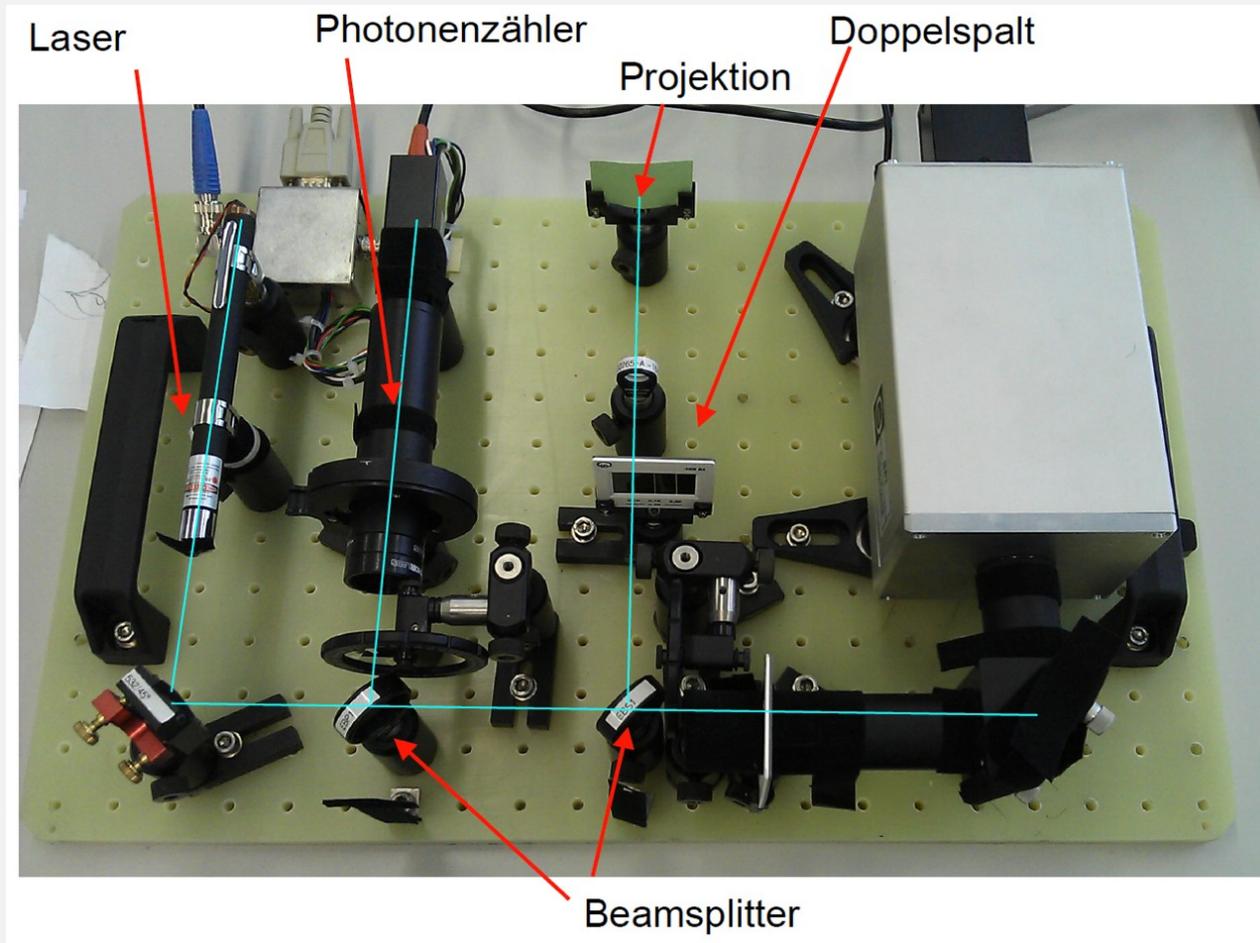
Die erneute Änderung des Spins beim angeregten Elektron wird erst durch Stösse mit anderen Molekülen ermöglicht und geschieht deshalb mit einer zeitlichen Verzögerung, die bei manchen Molekülen einige Sekunden, bei anderen sogar einige Minuten betragen kann.

Das Nachleuchten der Stoffe nach der Bestrahlung mit UV-Strahlung wird als **Phosphoreszenz** bezeichnet. Der Ursprung dieses Namens beruht auf dem Leuchten des Elementes Phosphors, welche bereits vom Entdecker des Elementes Phosphor, dem Alchemisten Henning Brandt etwa im Jahre 1675 beobachtet wurde. Es sei hier anzumerken, dass das Leuchten des Phosphors nicht durch Phosphoreszenz, sondern durch die langsame Oxidation des Phosphors an der Luft verursacht wird. Der Name des Phosphors stammt von den griechischen Wörtern *phos* = Licht und *phérein* = tragen. Das Gemälde in der Abb. 1 zeigt die Entdeckung des Phosphors durch H. Brandt.



Abb. 1 Joseph Wright of Derby, *Der Alchemist auf der Suche nach dem Stein der Weisen*, 1771

# Teilchen-Welle-Dualismus



Experiment: QSIT-Projekt der ETH Zürich

# Teilchen-Welle-Dualismus



Video

Experiment: QSIT-Projekt der ETH Zürich