

Das Atommodell im Wandel der Zeit

Valeria Zittel, Michael Frank, Johanna Sommermeyer

„We each exist for but a short time, and in that time explore but a small part of the whole universe. But humans are a curious species. We wonder, we seek answers.“

– STEPHEN HAWKING (1942-2018), britischer Physiker

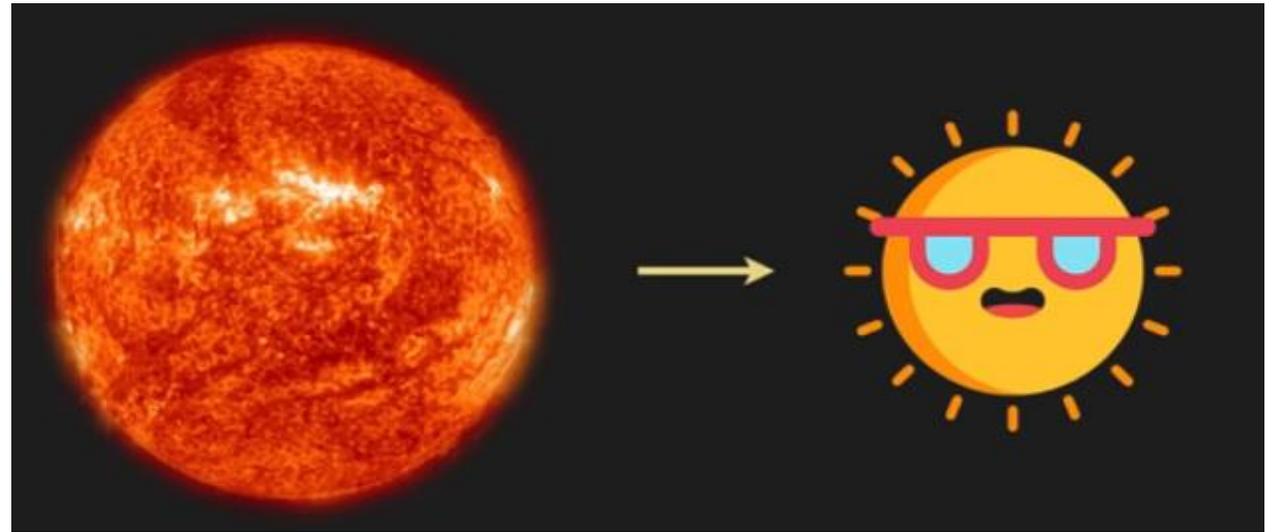
Gliederung

1. Einführung
2. Was ist ein Modell?
3. Atomvorstellung in der Antike und im Mittelalter
 - 3.1 Demokritos von Abdera
 - 3.2 Aristoteles
 - 3.3 Galenos von Pergamon
 - 3.4 Atommodell im Mittelalter
4. Atommodelle in der neuzeitlichen Wissenschaft
 - 4.1 Atommodell nach Dalton (1803)
 - 4.2 Atommodell nach Thomson (1903)
 - 4.3 Atommodell nach Rutherford (1911)
 - 4.4 Atommodell nach Bohr (1913)
 - 4.5 Modellerweiterungen
5. Quellen

Was ist ein Modell?

2. Was ist ein Modell?

- **Beschränkte Abbildungen der Realität**
- Eigenschaften:
 - Anschaulich und einfach
 - Transparent
 - Weiterentwickelbar!
 - **Passend oder unpassend**

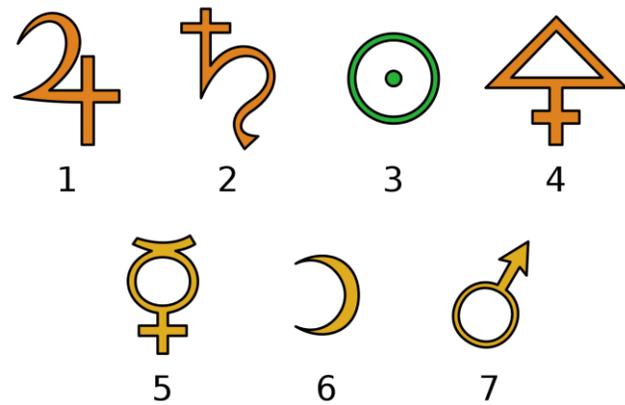


Modelle als vereinfachte Abbildungen der Realität.

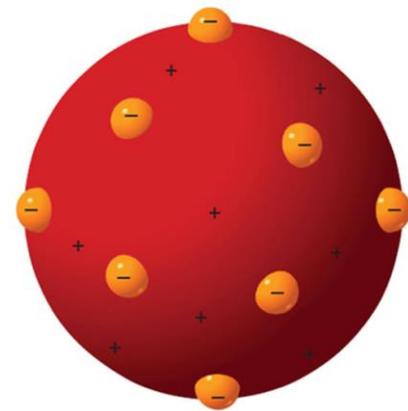
Zeitstrahl



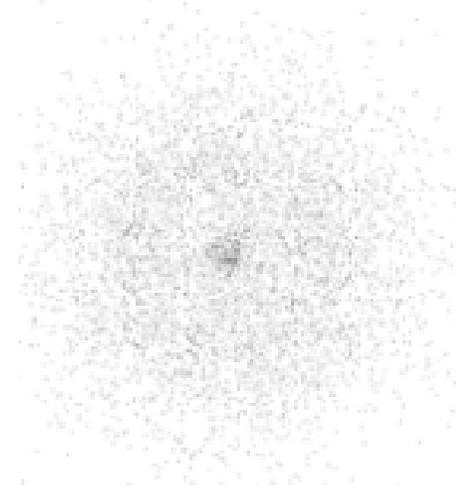
4-Elemente-Brunnen aus Gröbenzell



Alchemistische Symbole von Elementen



Atommodell nach Thomson



Orbitalmodell

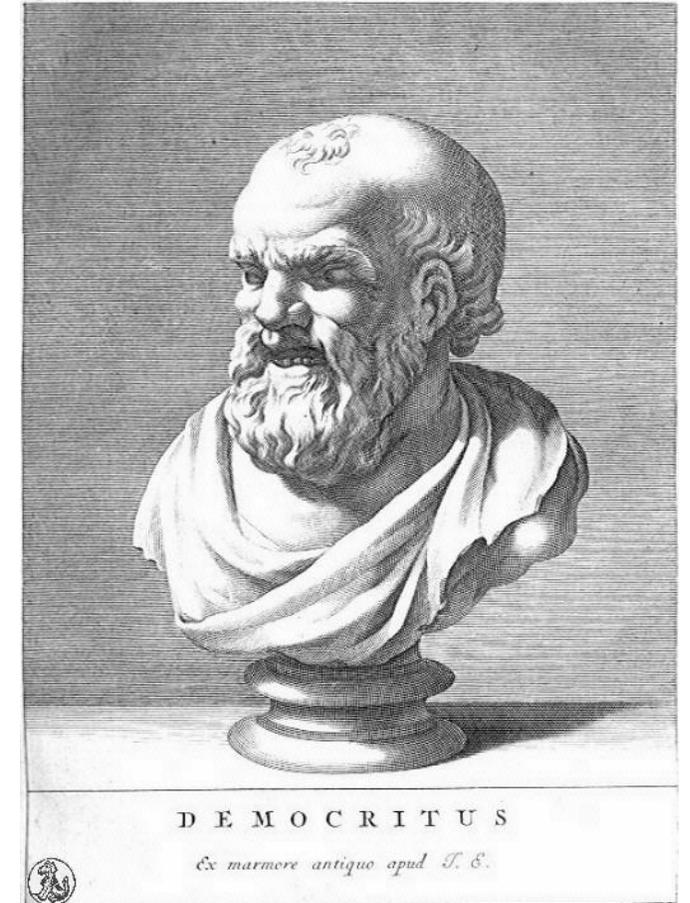
3. Atomvorstellung in der Antike und im Mittelalter

3.1 Demokritos von Abdera

- lebte von ca. 460 v. Chr. bis 370 v. Chr.
- Mit Lehrer Leukippos Mitbegründer des Atomismus
- Griechischer Philosoph und Wissenschaftler

„Nur scheinbar hat ein Ding eine Farbe, nur scheinbar ist es süß oder bitter, in Wirklichkeit gibt es nur Atome im leeren Raum.“

(Zitat von Demokritos nach Galenos)



Büste von Demokritos

3.1 Demokritos von Abdera

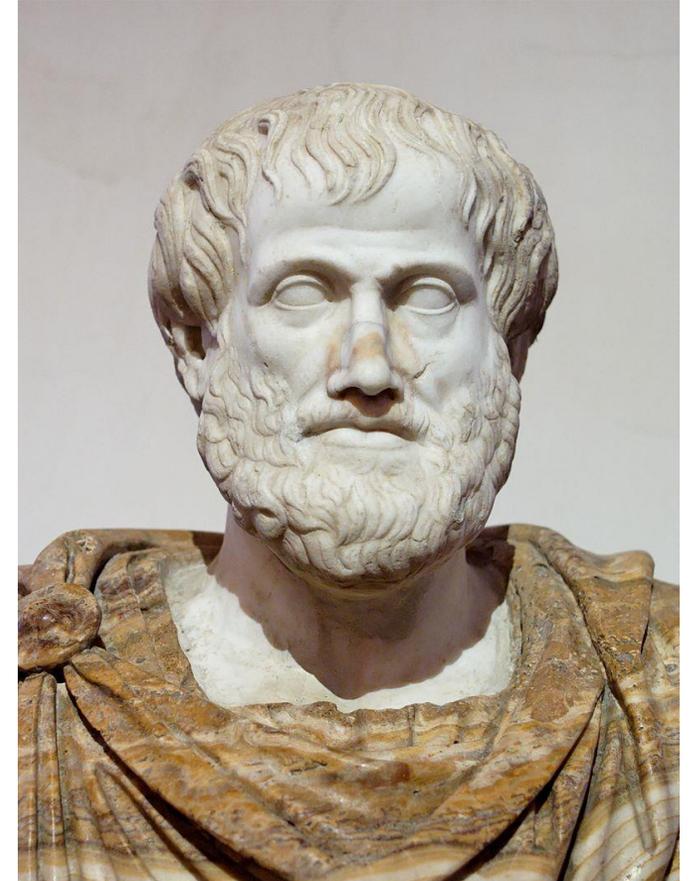
- Erste Anhänger des **Atomismus** im antiken Griechenland
 - DEMOKRIT: nicht sichtbare, unzerteilbare (*griech.* atomos) und unvergängliche Teilchen
- Relativ fortschrittlich, aber eher philosophische Betrachtung
- **PROBLEME dieser Modellvorstellung:**
 - Keine Kenntnis von Kernspaltung und -fusion
 - Keine Kenntnis von existenten Molekülen

3.2 Aristoteles

Antike



- Lebte von 384 v. Chr. Bis 322 v. Chr.
- Antiker griechischer Universalgelehrter und Philosoph
- Mitbegründer wissenschaftlicher Theorie und des Aristotelismus

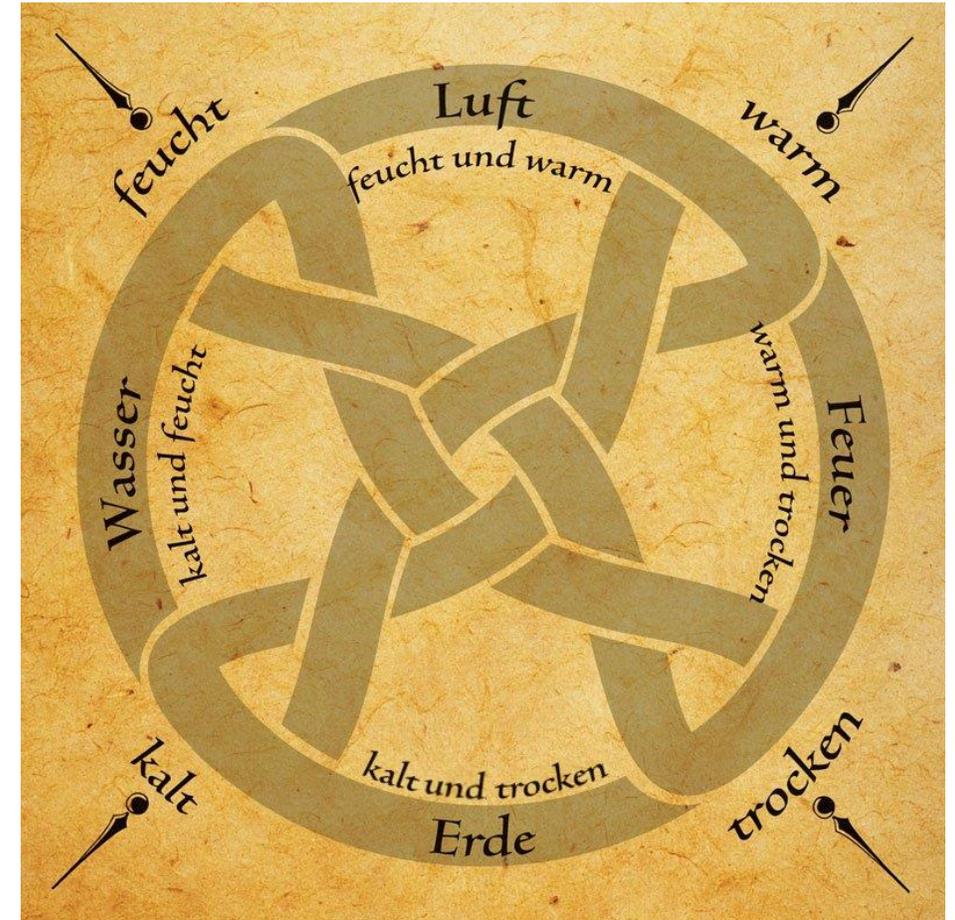


Aristoteles-Porträt in moderner Büste

3.2 Aristoteles

- EMPEDOKLES:
 - Einführung der vier Elemente:
Feuer, Wasser, Erde und Luft
- Einteilung nach Eigenschaften
warm-kalt und feucht-trocken

Antike →



Einteilung der Elemente mit entsprechenden Eigenschaften

Diskussion

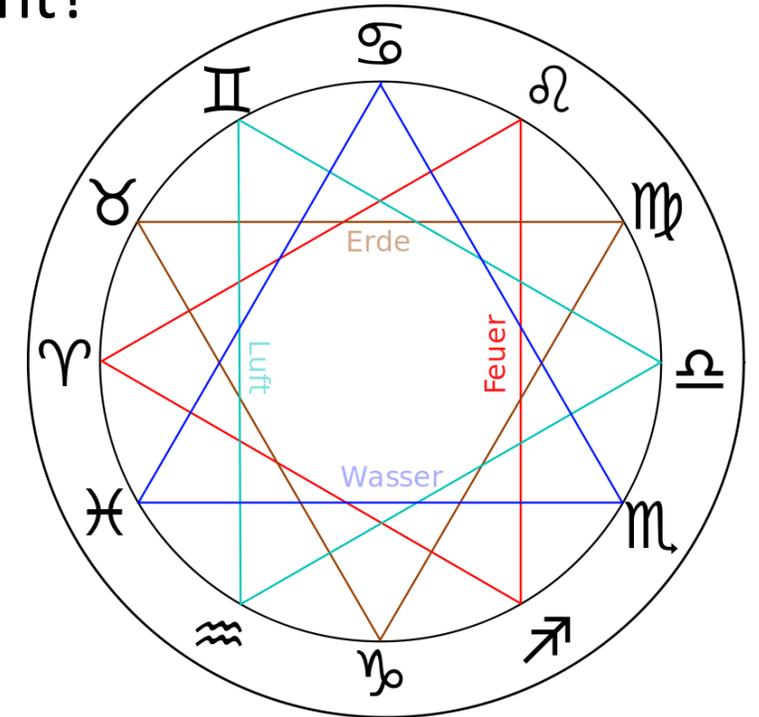
Antike 

- Ist das antike Atommodell heute noch relevant?
- Wo ist das antike Atommodell heute noch relevant?

Diskussion

Antike →

- Ist das antike Atommodell heute noch relevant?
- Wo ist das antike Atommodell heute noch relevant?
- WO? Unterhaltungsmedien:
Bücher, Videospiele, Filme und Serien
Esoterik:
Tierkreiszeichen, esoterisch-
pseudowissenschaftliche Themen



Trigonaspekte der Zeichen, zugleich Zuordnung der Zeichen zu den vier Elementen

3.3 Galenos von Pergamon

Mittelalter



- Lebte ca. von 129 bis 200 n. Chr.
- Arzt und Mediziner der Spätantike
- Begründer der Galenik, der mittelalterlichen medizinischen Therapie/Heilkunde
 - Ablösung erst durch Paracelsus' Heilkunde



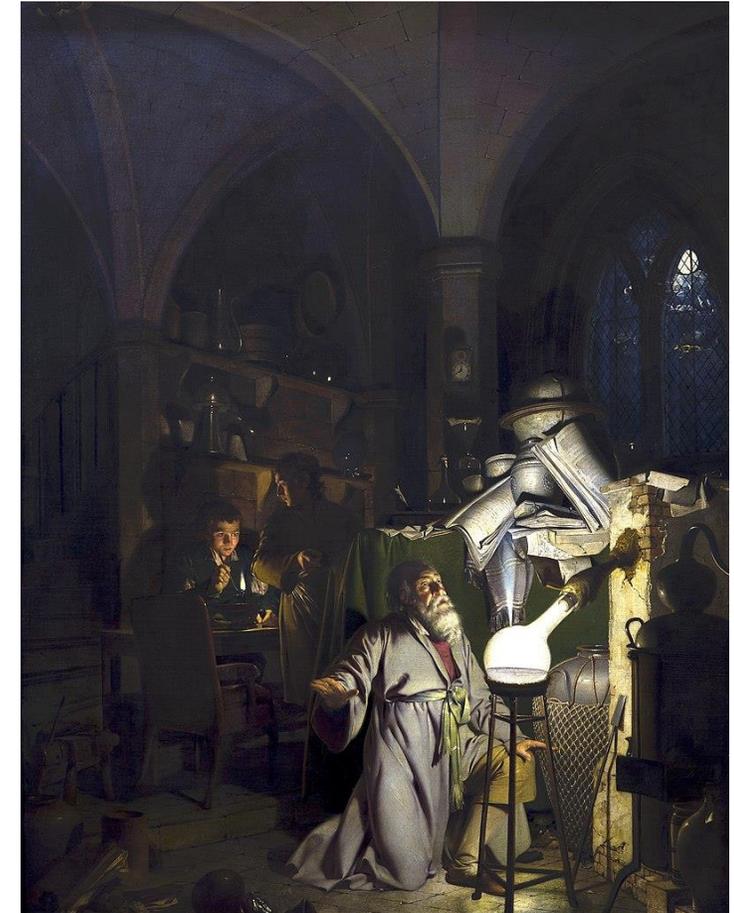
CLAUDE GALIEN

Galen, Phantasieporträt, Pierre Roch Vignerot, unbek.



3.4 Atommmodell im Mittelalter

- Keine direkte Relevanz, da Verfolgungen durch Kirche
- AUSNAHME: Medizin und Alchemie
- Alchemie:
 - Einteilung von Stoffen und Erforschung der Überführung
 - Später Suche nach Quintessenz und Stein der Weisen
- Medizin:
 - Humoralpathologie nach GALENOS von Pergamon aus „Der Natur des Menschen“ von Polybios/Hippokrates
 - relevante medizinische Therapie bis in die frühe Neuzeit



Joseph Wright of Derby, 1771,
Der Alchemist beim Suchen nach dem Stein der Weisen, Derby, VK

3.4 Atommodell im Mittelalter

Mittelalter



- Alchemie:
 - Versuch der Stoffumwandlung (Transmutation)
 - Entspricht der experimentalen Chemie
- Wichtigstes Ziel: **Transmutation** in Gold
 - Umwandlung von unedlen Metallen in Gold
 - Erschaffung des **Steins der Weisen**
 - Erschaffung von **Quintessenz**



Pyrit (FeS_2)

3.4 Atommodell im Mittelalter



- Vier Säfte (engl. humors), welche die antiken vier Elemente symbolisieren:
 - Schwarze Galle (Erde)
 - Gelbe Galle (Feuer)
 - Schleim (Wasser)
 - Blut (Luft)
- Gesundheit bei Gleichgewicht; Krankheit bei Unausgewogenheit
 - Anwendung passender „Medizin“ zum Ausgleich, z. B. Aderlass

Diskussion



Was sind die Errungenschaften im Mittelalter?

Diskussion



- Was sind die Errungenschaften im Mittelalter?
 - Systematisierung von Stoffen aus Natur und menschlichen Erzeugnissen
 - Verlagerung der Betrachtungsweise von philosophischer auf experimentelle Ebene
 - Beginn der Aufzeichnung von Synthesen

Zwischenfazit

Die veralteten Modelle haben auch heute noch ihre Relevanz, obwohl sie große Abweichungen haben und viele Phänomene nicht erklären können.

Die Modelle werden hauptsächlich zur Simplifizierung und Vereinfachung hergenommen und teilweise für die eigenen Zwecke angepasst oder erweitert.

Die Modelle werden hingegen heute kaum noch ernsthaft von Wissenschaftlern vertreten und wird in der Lehrmeinung oder Therapien nicht mehr angewendet.

4. Atommodelle in der neuzeitlichen Wissenschaft

4.1 Atommodell nach Dalton (1803)

Frühe Neuzeit →



John Dalton (1766-1844)

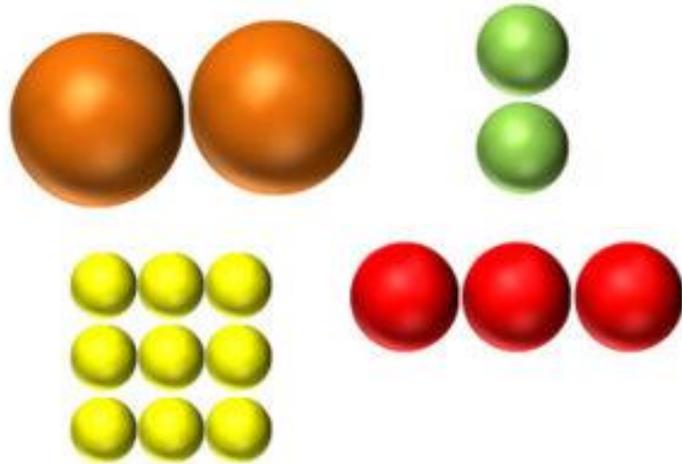
- Englischer Naturforscher und Lehrer
- 1801: Gesetz der Partialdrücke

$$P = \sum_{i=1}^n p_i$$

- Beschäftigt sich mit der Atomvorstellung nach Demokrit
- Atommasseneinheit u (früher Dalton Da)

4.1 Atommodell nach Dalton (1803)

Frühe Neuzeit →



Atome als homogene Massenkugeln

Grundlage:

- Aufbau der Materie aus Atomen
- Atome als kleinste unteilbare Teilchen

Daltons Atomhypothese:

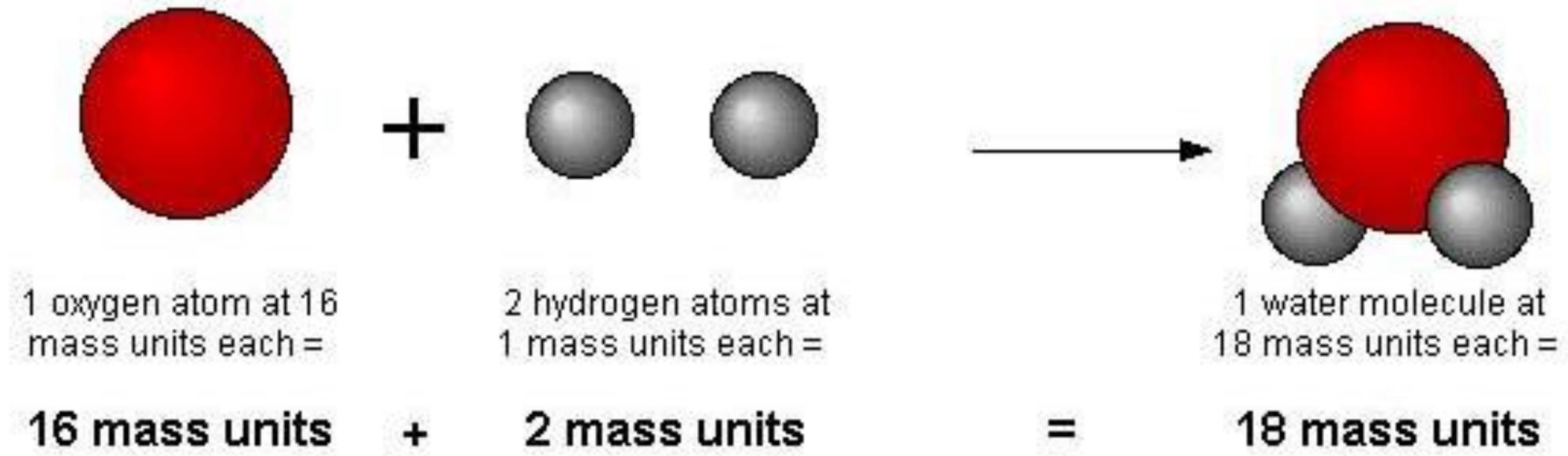
1. Elemente sind Häufungen von Atomen
2. Atome eines Elementes sind identisch und besitzen spezifische Volumina und Massen
3. Es existieren genauso viele Atomsorten wie Elemente
4. Atome können weder erschaffen noch zerstört werden
5. Chemische Verbindungen sind in bestimmten Anzahlverhältnissen verknüpft

4.1 Atommodell nach Dalton (1803)

Frühe Neuzeit →

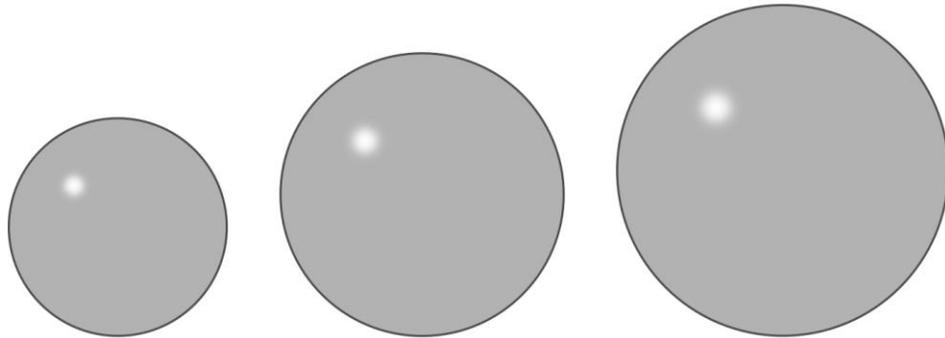
Gesetz der multiplen Proportionen

→ Chemische Verbindungen werden durch bestimmte Anzahlverhältnisse verknüpft

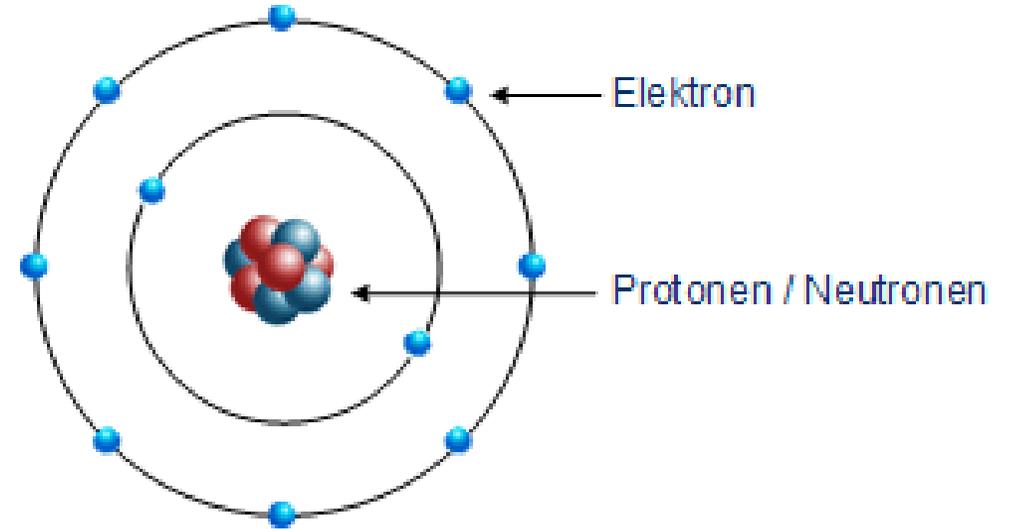


4.1 Atommodell nach Dalton (1803)

Frühe Neuzeit →



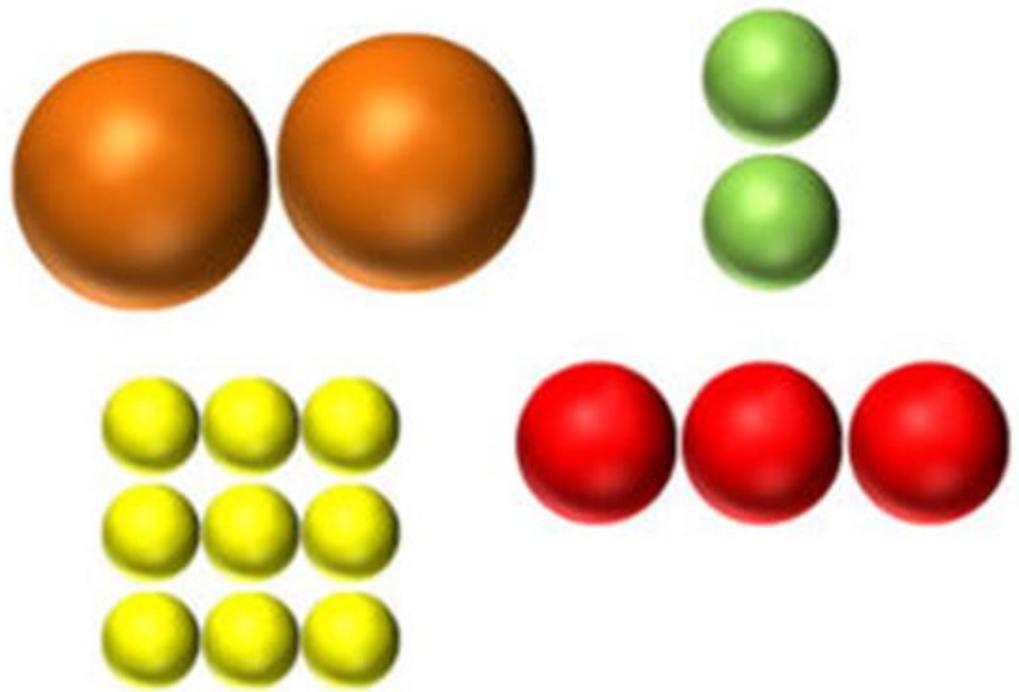
Atomvorstellung nach Dalton



Heutige Atomvorstellung

4.1 Atommodell nach Dalton (1803)

Frühe Neuzeit →



Atome als homogene Massenkugeln

Vorteile:

- Einfach, Leicht zu verstehen
- Atome besitzen kugelförmige Gestalt
- Atome besitzen bestimmte Massen und Volumen

Nachteile:

- Atommassen?
- Zusammensetzung von Verbindungen?
- Eigenschaften der Stoffe?
- Reaktionsfähigkeit?
- Atome als kleinste unteilbare Teilchen?

4.2 Atommodell nach Thomson (1903)

Frühe Neuzeit



Sir Joseph John Thomson (1856-1940)

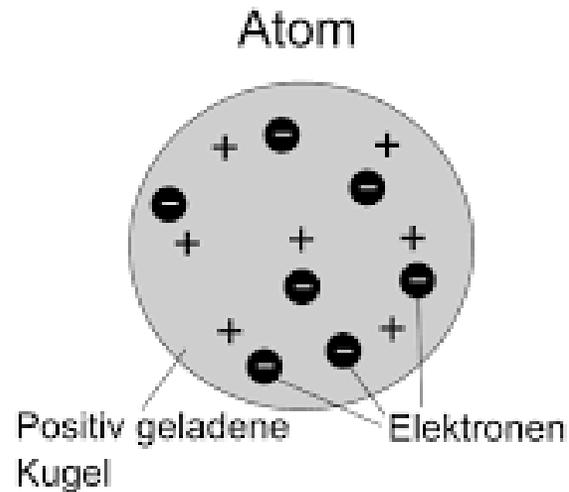
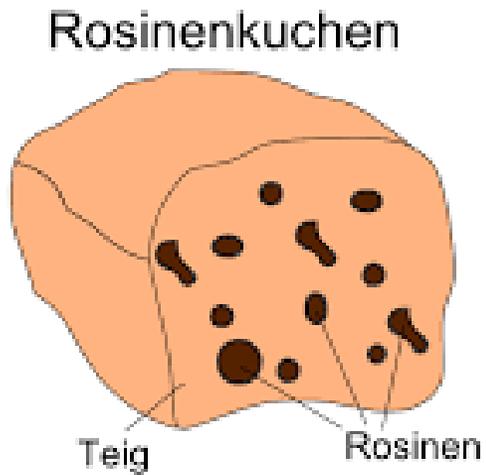
- Britischer Physiker
- Entdecker des Elektrons
- 1906 Nobelpreis für Physik



Gasentladungsröhren

4.2 Atommodell nach Thomson (1903)

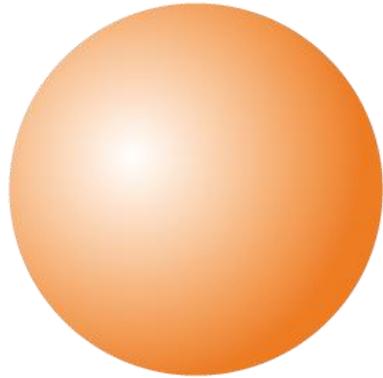
Frühe Neuzeit



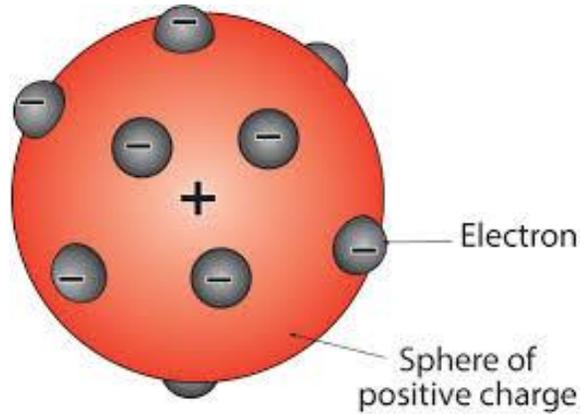
- Es existieren Teilchen, die kleiner und leichter als Atome sind
 - Atome besitzen einen inneren Aufbau
 - Atom als gleichmäßige, positiv geladene Masse
- Darin werden negativ geladene **Elektronen** eingebettet

4.2 Atommodell nach Thomson (1903)

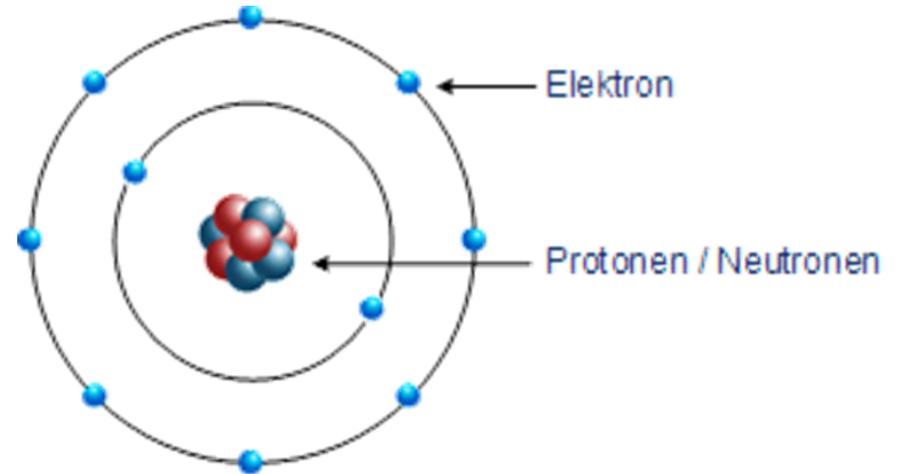
Frühe Neuzeit →



Dalton



Thomson



Heutige Atomvorstellung

4.2 Atommodell nach Thomson (1903)

Frühe Neuzeit

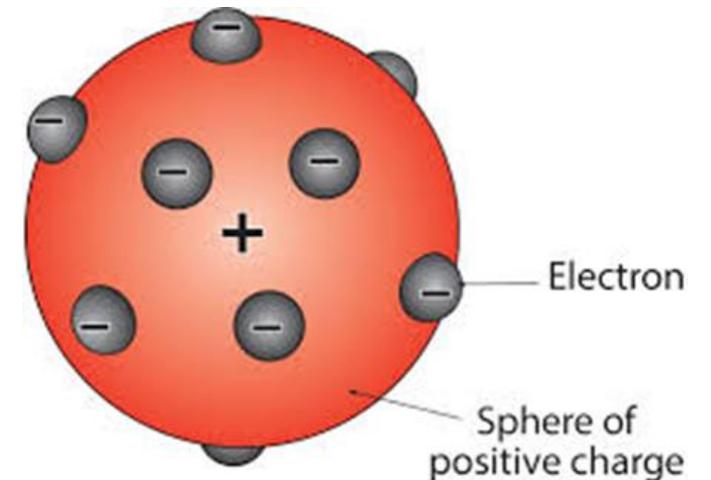


Vorteile

- Atome besitzen innere Struktur mit Elektronen
- Ionisierung von Atomen
- Elektrischer Strom
- Intramolekulare Wechselwirkungen

Nachteile

- Lichterscheinungen?
- Radioaktivität?
- Wie sind Elektronen im Atom verteilt?



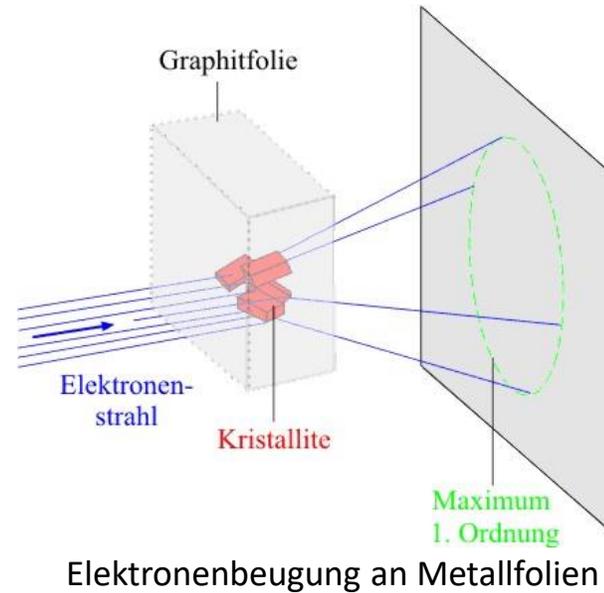
Atommodell nach Thomson

4.2 Atommodell nach Thomson (1903)

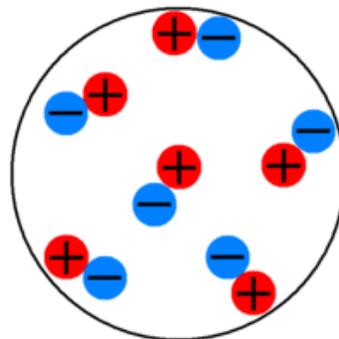
Frühe Neuzeit



Philipp Lenard (1862-1947)



Elektronenbeugung an Metallfolien



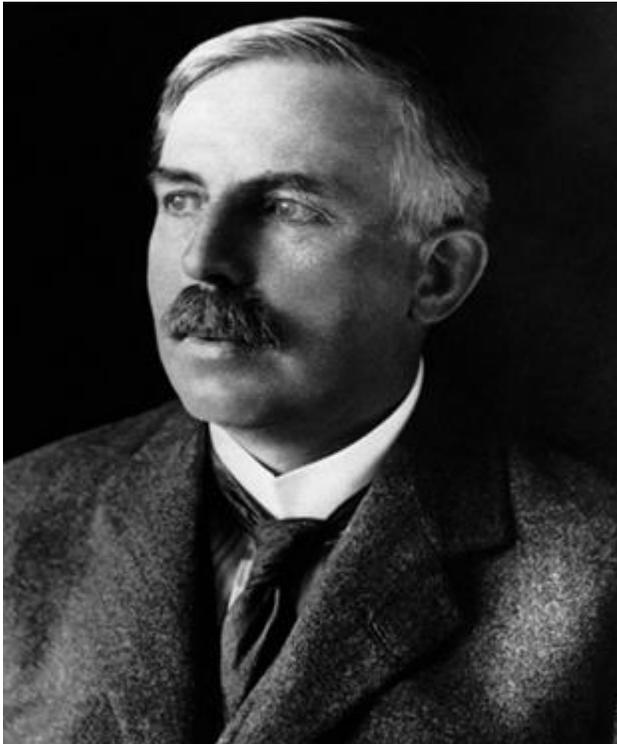
Dynamidenmodell

Experiment:

- Elektronenstrahlen können dünne Metallfolien ungehindert durchdringen
- Atome sind „leer wie das Weltall“
- Widerspruch zum Atommodell nach Thomson
- Dynamidenmodell

4.3 Atommodell nach Rutherford (1911)

Frühe Neuzeit

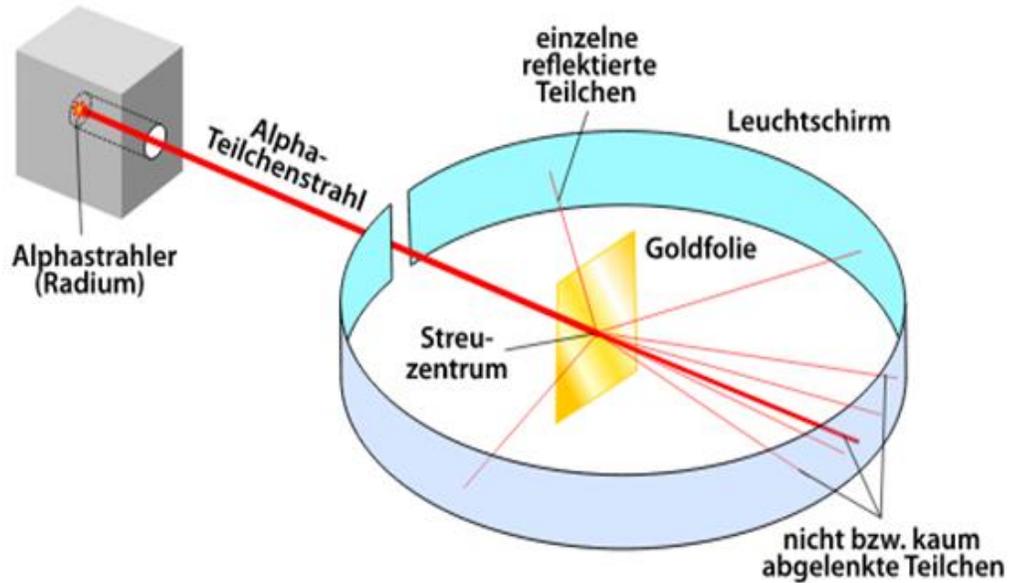


Ernest Rutherford (1871-1937)

- neuseeländischer Physiker
- 1907 Professorenstelle für Physik, Universität Manchester
- 1909: Durchführung des Streuversuchs zusammen mit Hans Geiger, Ernest Marsden

4.3 Atommodell nach Rutherford (1911)

Frühe Neuzeit



- viele Alphateilchen dringen ungehindert durch Goldfolie durch
- einige Alphateilchen um 90° oder mehr abgelenkt
- wenige Alphateilchen werden reflektiert

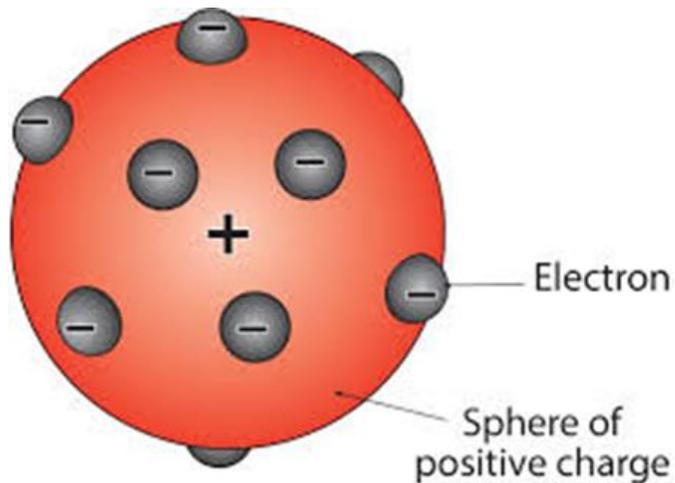
Aufbau des Streuversuchs

4.3 Atommodell nach Rutherford (1911)

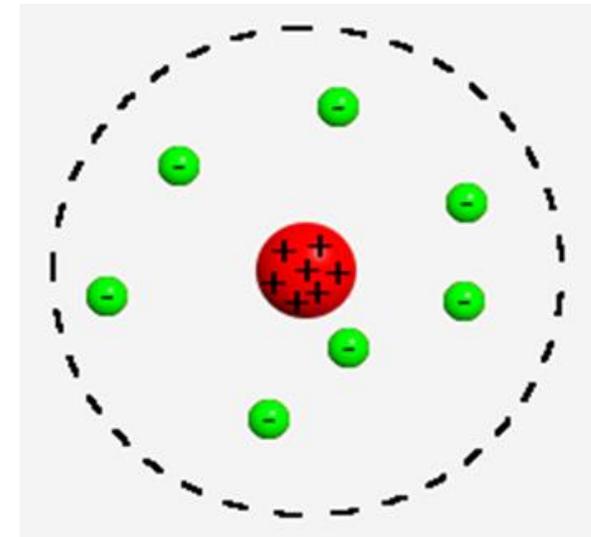
Frühe Neuzeit



Welche wesentlichen Unterschiede fallen auf bzw. wie könnten diese anhand des Streuversuchs erklärt werden?



Rosinenkuchen-Modell nach Thomson

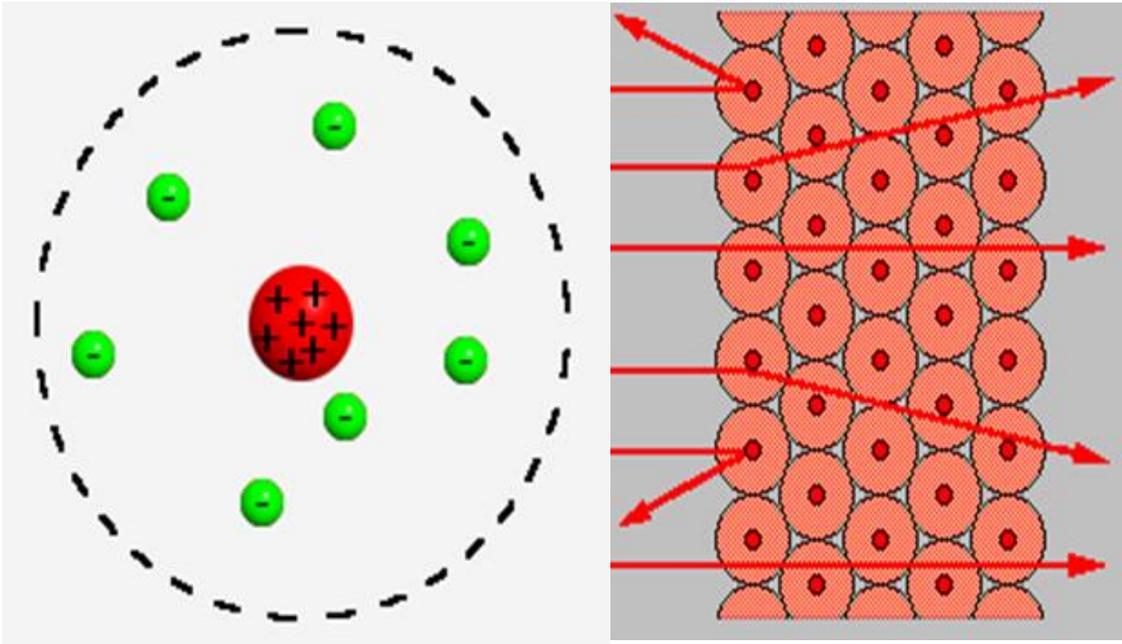


Kern-Hülle-Modell nach Rutherford

„Es war beinahe so unglaublich, als ob man mit einem 15-Zoll-Geschoss auf ein Stück Seidenpapier schießt und das Geschoss zurückkommt und einen selbst trifft.“ - Ernest Rutherford

4.3 Atommodell nach Rutherford (1911)

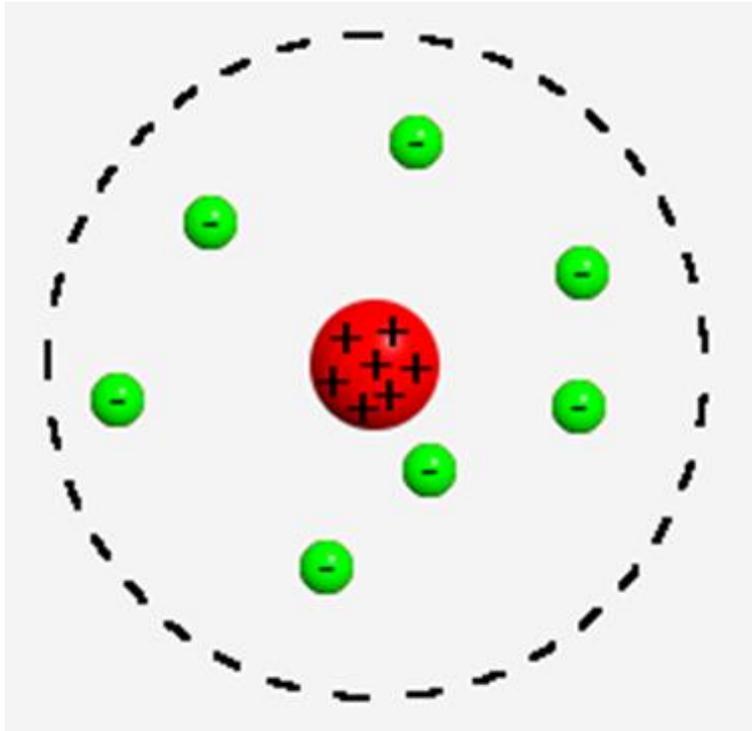
Frühe Neuzeit



- positiver Atomkern trägt fast die gesamte Masse
- Atomhülle nimmt das meiste Volumen ein
- Atomhülle enthält Elektronen
- Elektronen umkreisen den Atomkern

4.3 Atommodell nach Rutherford (1911)

Frühe Neuzeit



Schwächen des Modells:

- Emission und Absorption?
- Warum stürzen die Elektronen nicht in den Kern?

4.4 Atommodell nach Bohr (1913)

Frühe Neuzeit

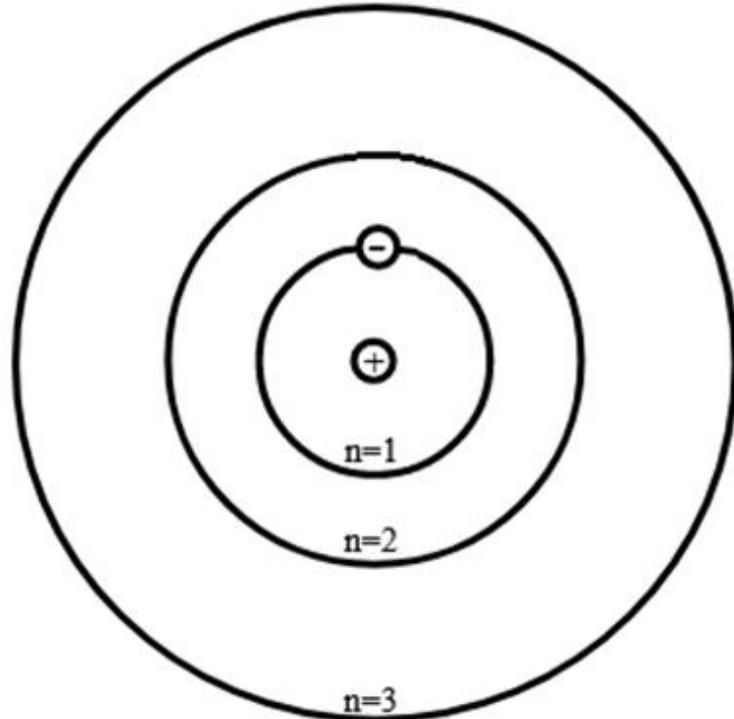


Niels Bohr (1885-1962)

- dänischer Physiker
- 1913: Theorie über die Elektronenstruktur des Wasserstoffatoms
- 1922: Nobelpreis für Physik

4.4 Atommodell nach Bohr (1913)

Frühe Neuzeit

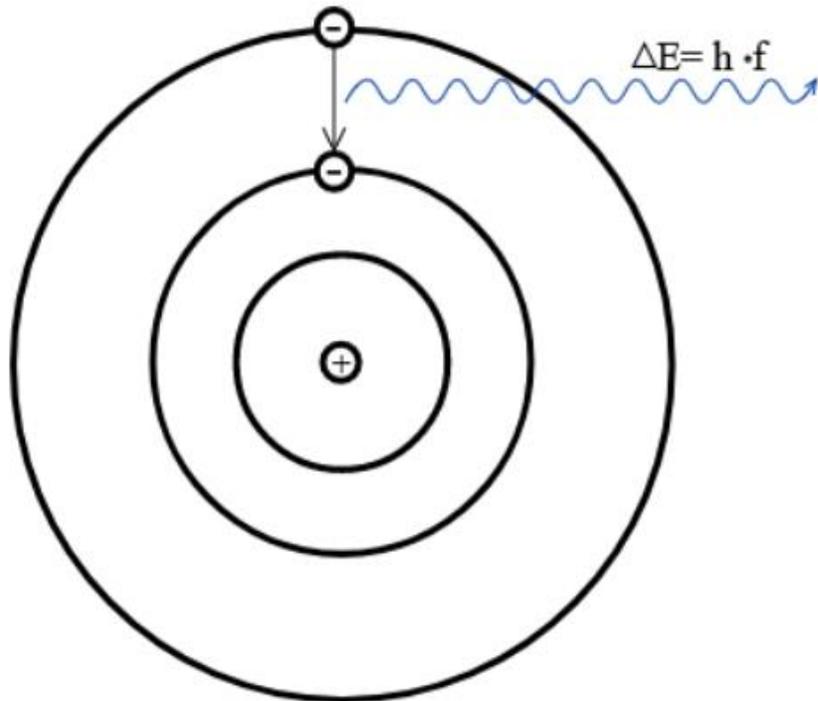


Bohrsches Atommodell

- Wasserstoff besteht aus einem Atomkern (Proton) und einem Elektron
- Elektron umkreist Atomkern auf konzentrisch angeordneten Bahnen
- jede Bahn entspricht einem diskreten Energieniveau

4.4 Atommodell nach Bohr (1913)

Frühe Neuzeit

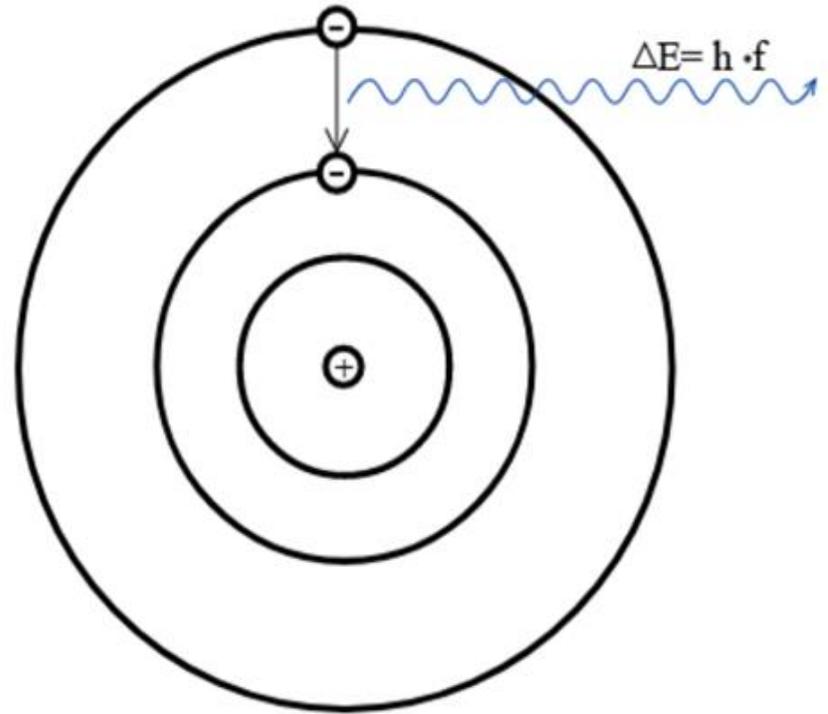


- 1) Dem Elektron steht nur eine kleine Anzahl an Bahnen zur Verfügung, auf denen es sich strahlungslos um den Kern bewegt.
- 2) Elektronen absorbieren oder emittieren Energie beim Übergang in verschiedene Energieniveaus (Quantensprünge).

Erklärung der Emission anhand des Bohrschen Atommodells

4.4 Atommodell nach Bohr (1913)

Frühe Neuzeit →



Schwächen des Modells:

- Postulate durch kein wissenschaftliches Fundament gestützt
- erklärt „nur“ das Absorptions- und Emissionsspektrum von Wasserstoff oder wasserstoffähnlichen Ionen

4.5 Modellerweiterungen

Frühe Neuzeit



- Schalenmodell
 - Atomhülle aus verschiedenen Schalen K,L,M...
 - Schalen können eine gewisse Anzahl an Elektronen aufnehmen:

$$e = 2 \cdot n^2$$

mit e ... Elektronenanzahl
n ... Nummer der Schale

4.5 Modellerweiterungen

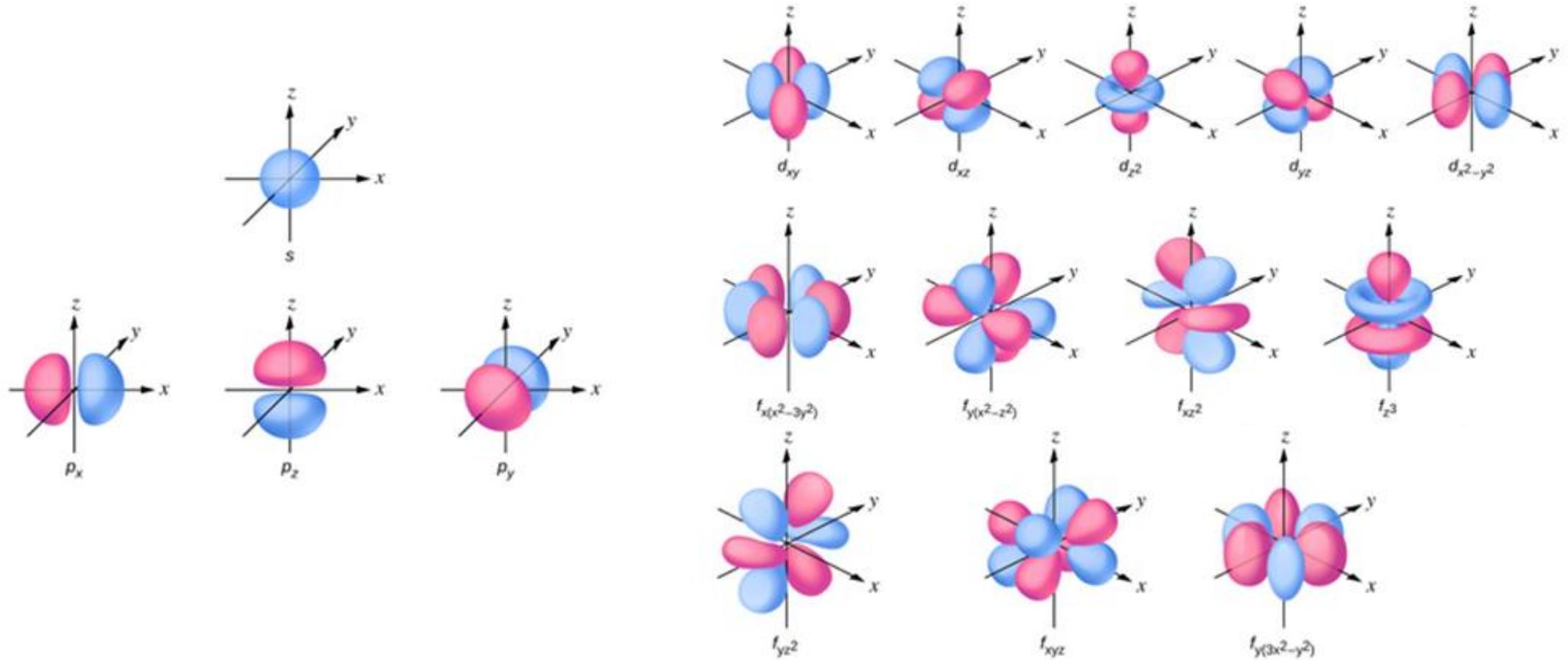
Frühe Neuzeit



- Orbitalmodell:
 - Elektronen bewegen sich dreidimensional um den Kern (Orbitale)
 - Orbitale sind der Raum, in dem sich die Elektronen am wahrscheinlichsten aufhalten

4.5 Modellerweiterungen

Frühe Neuzeit



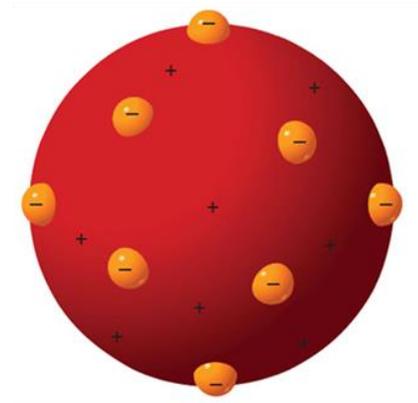
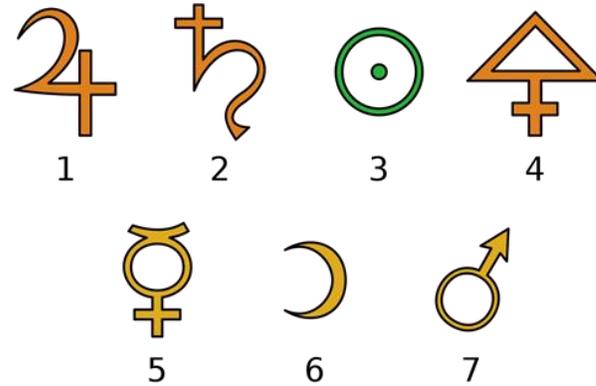
Fazit

Antike

Mittelalter

Frühe Neuzeit

Gegenwart



4-Elemente-Brunnen aus Gröbenzell

Alchemistische Symbole von Elementen

Atommodell nach Thomson

Orbitalmodell

„We each exist for but a short time, and in that time explore but a small part of the whole universe. But humans are a curious species. We wonder, we seek answers.”

– STEPHEN HAWKING (1942-2018), britischer Physiker

5. Quellen

- Bildquellen:

https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Datei:Rutherfordsches_Atommodell.png (07.06.2021)

<https://www.leifiphysik.de/atomphysik/atomaufbau/grundwissen/streuversuch-und-atommodell-von-rutherford> (07.06.2021)

<https://www.wissen.de/lexikon/rutherford-ernest-baron> (07.06.2021)

<http://www.tomchemie.de/rutherford.htm> (07.06.2021)

<http://www.biologie-schule.de/niels-bohr.php> (07.06.2021)

https://physik.osz-biv.de/GK/ph-4_2015/bohr15.php (08.06.21.)

<https://www.youtube.com/watch?v=ZD2HWNkA6WI> (29.05.2021)

<https://timenote.info/de/John-Dalton> (31.05.2021)

<https://meinstein.ch/physik/atomlehre/> (03.06.2021)

<https://www.halbleiter.org/grundlagen/atombau/> (03.01.2021)

<https://www.grund-wissen.de/physik/atomphysik/atommodelle.html> (03.06.2021)

<http://www.phil-fak.uni-duesseldorf.de/philo/galerie/antike/demokrit.html> (07.06.2021)

5. Quellen

- Bildquellen

<https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/bewegte-ladungen-feldern/geschichte/joseph-john-thomson-1856-1940> (03.06.2021)

https://www.google.com/search?q=thomson+rosinenkuchenmodell&client=firefox-b-d&sxsrf=ALeKk0277PV0zAQZbwUii3EzQT269mGNLw:1622783466800&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi-wNfAm_3wAhV68OAKHeLQDcAQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1600&bih=758#imgrc=Jorz3q6OSVYzjM
(04.06.2021)

<http://ritaroots.weebly.com/chemistry-lessons.html> (04.06.2021)

https://www.schullv.de/chemie/basiswissen/grundlagen_chemie/atommodelle (04.06.2021)

<https://www.wissen.de/lexikon/lenard-philipp> (04.06.2021)

<https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-elektron/versuche/elektronenbeugungsroehre>
(04.06.2021)

https://histomania.com/app/Dynamidenmodell_W1268904 (04.06.2021)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Alchemie#/media/Datei:ElementeAlchemisten.svg> (07.06.2021)

https://www.helpster.de/kugelwolkenmodell-erklaerung_212734 (17.06.2021)

5. Quellen

- Textquellen:

K. W. Ford, *The Physics Teacher* **2018**, 56, 500—502.

L. K. James, *Nobel Laureats in Chemistry 1901—1992*, American Chemical Society and the Chemical Heritage Foundation, United States, **1993**, 57.

M. Eckert, *Physik in unserer Zeit* **2013**, 44 (4), 168—173.

J. Bleck-Neuhaus, *Elementare Teilchen Von den Atomen über das Standardmodell bis zum Higgs-Boson*, Springer Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, **2013**, 73—117.

<https://www.youtube.com/watch?v=ZD2HWNkA6WI> (29.05.2021)

J. Höcht, *Atommodelle-experimentelle und theoretische Meilensteine* **2015**, 5—7.

M. Welke, *Die Atomtheorie im Wandel der Zeit* **2008**, 1,9

https://www.cumschmidt.de/s_modelle03.htm (03.06.2021)