

5.1. Atombau

Mit dem einfachen Teilchenmodell lassen sich Eigenschaften und Reaktionen der Materie nur teilweise erklären: Warum ist Wasser _____ und Salz fest? Warum löst sich Salz in _____, aber nicht in Öl? Warum hat Wasser die Zusammensetzung _____ und nicht H_3O ? Warum leiten _____ den elektrischen Strom, _____ und _____ aber nicht? Die **Kräfte** und **Reaktionen** zwischen Atomen und Molekülen im flüssigen und festen Zustand lassen sich erst verstehen, wenn man ihren **Aufbau** untersucht.

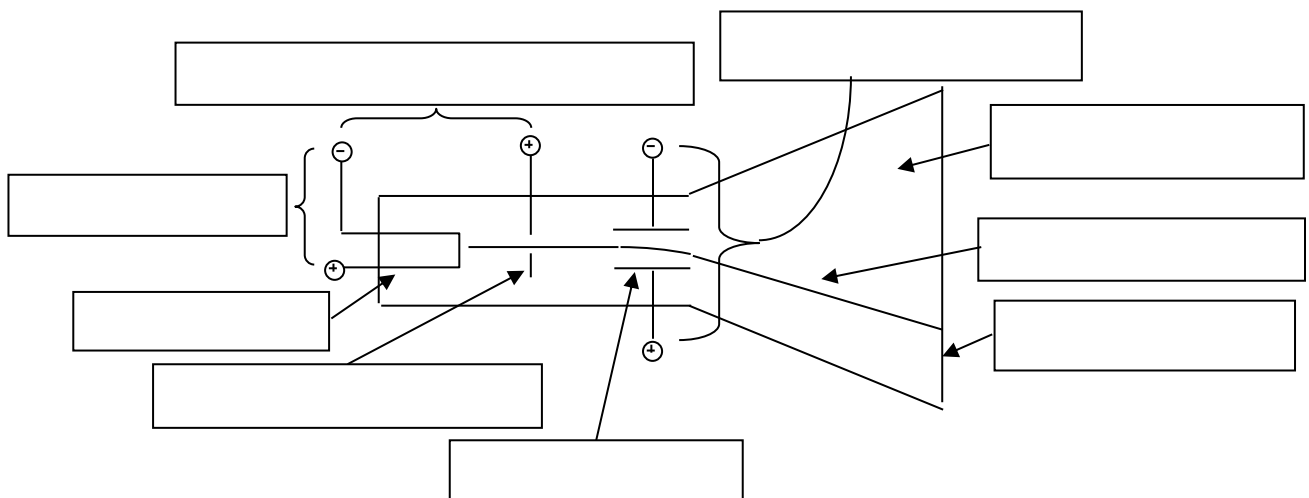
5.1.1. Elementarteilchen

Elektrische Kräfte und Ladungen

1. Körper können _____ oder _____ elektrisch aufgeladen werden.
2. _____ geladene Körper ziehen sich an, _____ geladene Körper stoßen sich ab.
3. Die Ladungskräfte nehmen mit wachsender Ladung ____ und mit wachsendem Abstand ____.

Nachweis von Elektronen mit dem Kathodenstrahlrohr (Braunsche Röhre)

Beschrifte mit den folgenden Begriffen: *Ablenkplatten, Ablenkspannung 100 V, Glühkathode, Glühspannung 6 V, Beschleunigungsanode, Beschleunigungsspannung 1000 V, Elektronenstrahl, Leuchtschirm aus ZnS, Vakuumröhre*



Name	Masse in u (unit)	Ladung
Proton p^+ (griech. proton = erster)		
Neutron n (lat. neuter = keiner von beiden)		
Elektron e^- (griech. elektron = Bernstein)		

unit = atomare Masseneinheit mit $1 \text{ g} = 602,2 \text{ Trilliarden u} = 1 \text{ Mol u}$.

1 Mol Neutronen wiegen _____,

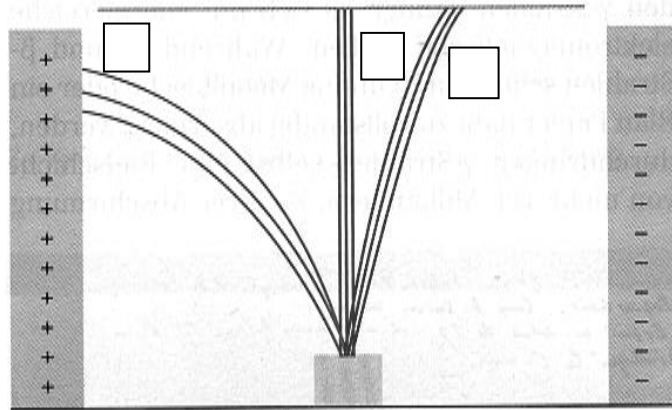
1 Mol Protonen wiegen _____,

1 Mol Elektronen wiegen nur _____ !

5.1.2. Radioaktive Strahlung

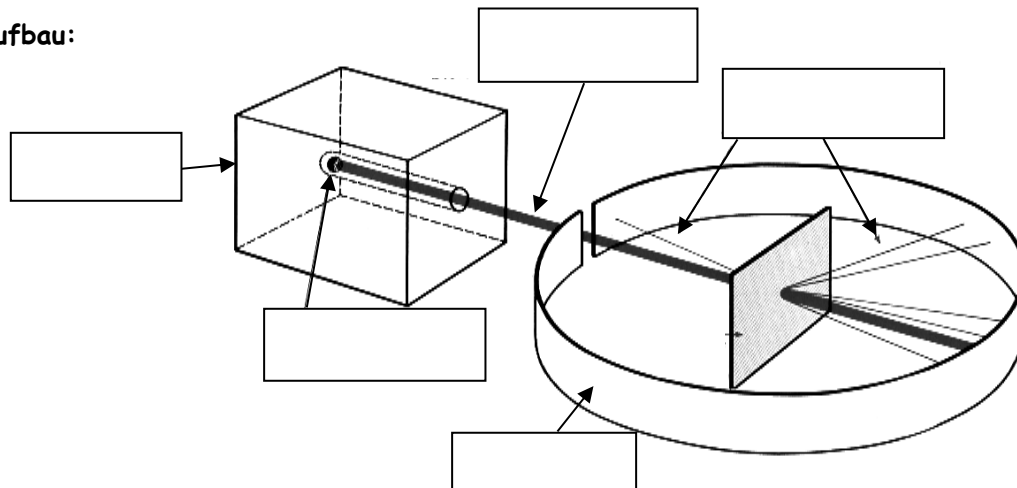
Beim Zerfall instabiler Atome entsteht **radioaktive Strahlung**, die man nach ihren Ablenkungsverhalten im **elektrischen Feld** eines Plattenkondensators in drei Arten unterteilt:

Bezeichnung	besteht aus	Abschirmung durch
α - Strahlung	He^{2+} - Teilchen = ___ Protonen + ___ Neutronen	
β - Strahlung	Elektronen	
γ - Strahlung	sehr energiereiche Röntgenstrahlung	



5.1.3. Streuversuch und Atommodell von Rutherford

Aufbau:

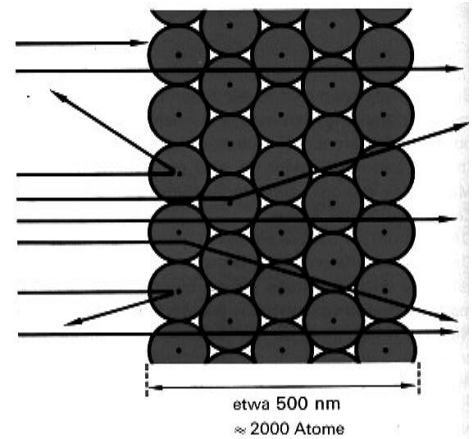


Durchführung:

Beschuss einer dünnen ____folie (ca. ____ Atomlagen) mit ____-Teilchen (He^{2+}) und Bestimmung der Bahn dieser Teilchen durch Schwärzung von Filmmaterial.

Beobachtung:

Fast ____ α -Teilchen durchdringen die Goldfolie ungehindert.

**Erklärung durch das Atommodell von Rutherford:**

Die Atome sind im Wesentlichen _____. Der **Atomkern** besteht aus _____ und _____. Er ist sehr _____ und _____ geladen. Die Elektronen halten sich in der **Atomhülle** auf, die ca. _____ mal so groß ist wie der Atomkern. Der Teilchenstrahl wird nur abgelenkt, wenn er genau das Zentrum (den _____) eines Atoms trifft:

Im **Periodensystem** bedeuten

Ordnungszahl = Zahl der _____

= Zahl der _____

Massenzahl = Gesamtzahl der _____ und _____

= Masse von 1 Atom in ____

= Masse von 1 Mol Atomen in ____

Schreibweise: $\overset{\text{Massenzahl}}{\underset{\text{Ordnungszahl}}{\text{Elementsymbol}}}$

Grenzen des Rutherford-Modells:

Das Rutherford-Modell erklärt zwar das Phänomen der Radioaktivität und das Ergebnis des _____versuchs, kann aber keine Aussagen zur chemischen Bindung liefern.

5.1.4. Isotope

Atome, die sich nur in der Zahl der _____ unterscheiden, nennt man **Isotope**. Die meisten Elemente kommen in der Natur als _____ verschiedener Isotope vor. Die _____ **Atommasse** eines Elements erhält man aus den Atommassen der Isotope als _____ unter Berücksichtigung der natürlichen Isotopenhäufigkeit.

Beispiel:

Das Element Bor besteht aus 19,78 % ^{10}B und 80,22 % ^{11}B . Von 100 Boratomen haben also durchschnittlich 19,78 Stück die Masse 10 u und 80,22 Stück die Masse 11 u.

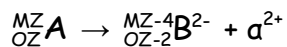
Die durchschnittliche Masse eines Boratoms ist also

$m =$ _____

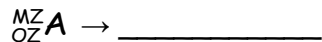
5.1.5. Zerfallsreihen

Isotope mit hohen Massenzahlen sind häufig instabil und daher radioaktiv.

α -Zerfall: Abspaltung eines α -Teilchens (2 Protonen und 2 Neutronen) vom Kern:



β^- -Zerfall: Ein Neutron zerfällt in ein Proton, welches im Kern bleibt, und ein Elektron, das den Kern verlässt:



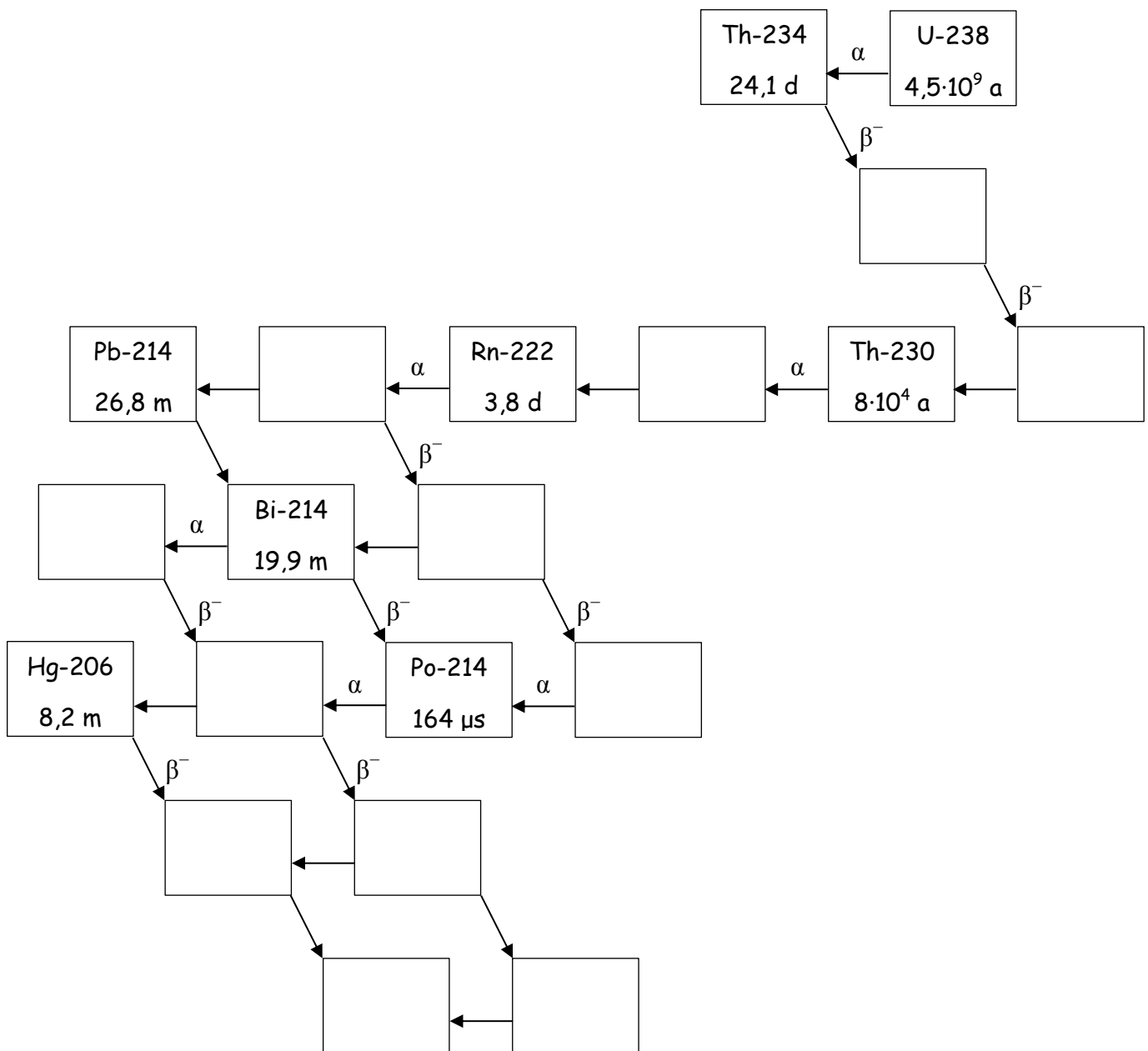
β^+ -Zerfall: Ein Proton zerfällt in ein Neutron, welches im Kern bleibt, und ein Positron (positiv geladenes Elektron), das ein Elektron der Hülle vernichtet und dabei γ -Strahlung aussendet:



In der **Nuklidkarte** werden alle Isotope nach _____zahl Z und _____zahl N aufgetragen.

Die **Halbwertszeit** $T_{1/2}$ ist die Zeit, in der die _____ der ursprünglich vorhandenen Teilchen zerfallen ist

Die natürliche Radioaktivität auf der Erde entsteht durch nur drei **Zerfallsreihen**. Z.B. beschreibt die **Uran-Radium-Reihe** den Zerfall von **Uran U** (nach dem im gleichen Jahr 1789 entdeckten Planeten _____) über _____ **Th** (nach dem nordischen Kriegsgott _____), _____ **Pa** (da es u.a. in Actinium zerfallen kann), **Radium Ra** (von lat. radius = _____), _____ **Rn** (entsteht aus Radium), _____ **Po** (nach dem Geburtsland der Entdeckerin Marie Curie), _____ **Bi** (von altdeutsch wise mine = schlechtes Erz), _____ **Tl** (nach thallos = sprießendes Blatt von der grünen Spektrallinie), _____ **Hg** (engl. mercury oder früher quicksilver, lat. hydrargirum = flüssiges Silber) zu _____ **Pb** (lat. Plumbum).



Physiologische Wirkung radioaktiver Isotope:

Isotop	Halbwertszeit	Vorkommen
^{129}I	15,7 Mio Jahre	reichert sich in der _____ an
^{90}Sr	28,5 Jahre	reichert sich anstelle von _____ Ca in den _____ an
^{137}Cs	30,7 Jahre	wird anstelle von _____ Na und _____ K aufgenommen
^{40}K	1,38 Mill Jahre	wird anstelle von _____ Na und _____ K aufgenommen
^{222}Rn	3,8 Tage	wird als Gas über die _____ aufgenommen, entsteht aus natürlich vorkommendem _____ im Mauerwerk

5.1.6. Zerfallsgesetze

Beispiel:

Von einer beliebigen Anzahl Radon-218-Atomen sind nach der Halbwertszeit $T_{1/2} = 30 \text{ ms}$ jeweils die Hälfte zerfallen. Für $N_0 = 100$ Atome gilt also das

Zerfallsgesetz:

Nach t Zeiteinheiten (Z.B. _____ a, _____ d, _____ h, _____ m, _____ s oder _____ ms) sind von ursprünglich N_0 Atomen noch

$N(t) =$ _____ Atome übrig.

Zeit t in ms	Anzahl $N(t)$	Exponent $n =$
0	$N(0) = 100$	
30	$N(1) =$	
60	$N(2) =$	
90	$N(3) =$	
t	$N(t) =$	

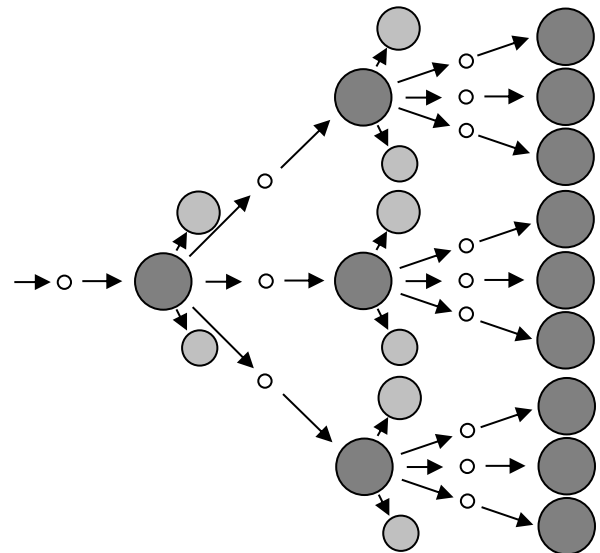
5.1.7. Kernenergie

Durch die Kollision der freigesetzten Atombruchstücke mit anderen Atomen entsteht beim radioaktiven Zerfall auch Wärme, die in _____ zur Stromerzeugung genutzt wird. Diese Kollisionen können ihrerseits zum Zerfall neuer Atome führen, so dass sich der radioaktive Zerfall in einer _____ lawinenartig ausbreitet und verstärkt.

Beispiel:

Kettenreaktion bei der Spaltung eines Uran-235-Kerns durch langsame Neutronen. Da jeder Urankern selbst wieder 2 - 3 Neutronen aussendet, verdoppelt oder verdreifacht sich die Zahl der Spaltungen bei jedem Schritt:

-  $^{235}\text{Uran}$
-  langsames Neutron
-  $^{139}\text{Barium}$
-  $^{94}\text{Krypton}$

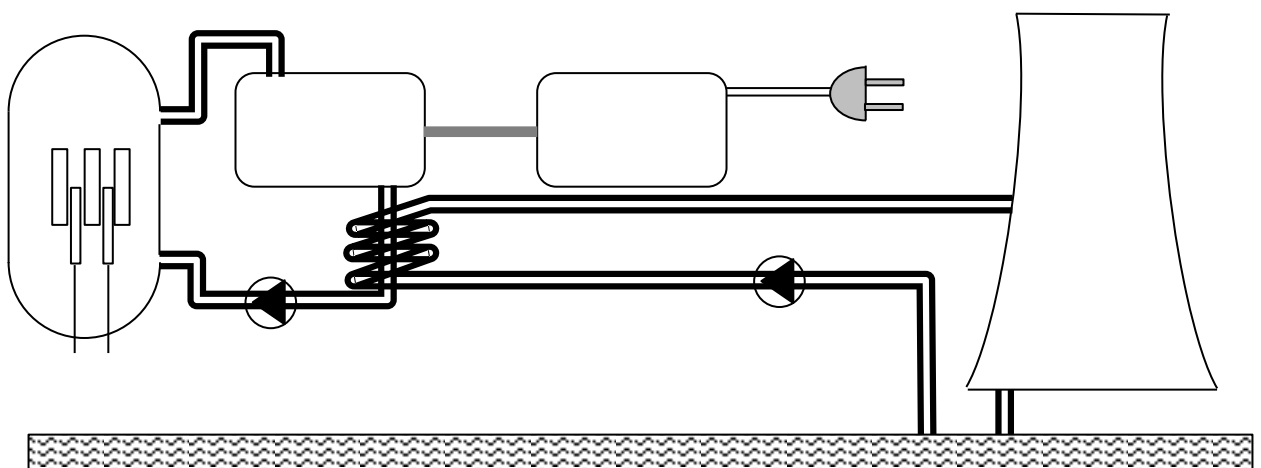


Schritt	1	2	3	4	5	6	...	n
Zahl der Folgespaltungen	3						...	

Ist die Konzentration der spaltbaren Kerne genügend hoch („kritische Masse“), so kommt es zur _____ **explosion**. In Kernkraftwerken ist die Konzentration der spaltbaren Kerne _____, so dass eine Atomexplosion auch bei einer unkontrollierten Kettenreaktion nicht möglich ist! Um die Kettenreaktion trotz der geringen Konzentration zu ermöglichen, dienen _____ wie das (Kühl-)Wasser und zusätzliche Borsäure dazu, die _____ (wirkungslosen) Neutronen auf eine wirksame Geschwindigkeit _____. Die Leistung des Reaktors wird durch _____ aus absorbierendem Material (z.B. **Graphit**) reguliert. Werden die Steuerstäbe ganz _____ **gefahren**, so wird fast alle Strahlung absorbiert und die Kettenreaktion klingt ab (**Abschaltung**). Werden die Steuerstäbe ganz _____ **gefahren**, so verstärkt sich die Kettenreaktion immer mehr, bis schließlich der Kern _____ und durch das Betonfundament in Richtung Erdkern dringt („**China-Syndrom**“).

Bei dem preiswerten **Siedewasserreaktor** führt der **Primärkreis** den _____ (Hochdruck)heißdampf direkt auf die Turbinen, welche dadurch ebenfalls _____ werden. Die Steuerstäbe werden **von unten** in den Kern gefahren bzw. im Notfall mit Druckluft „eingeschossen“. Für die _____ des „entspannten“ (Niederdruck)dampfes ist ein **Sekundärkühlkreis** mit Kühlung durch _____ und/oder _____ notwendig.

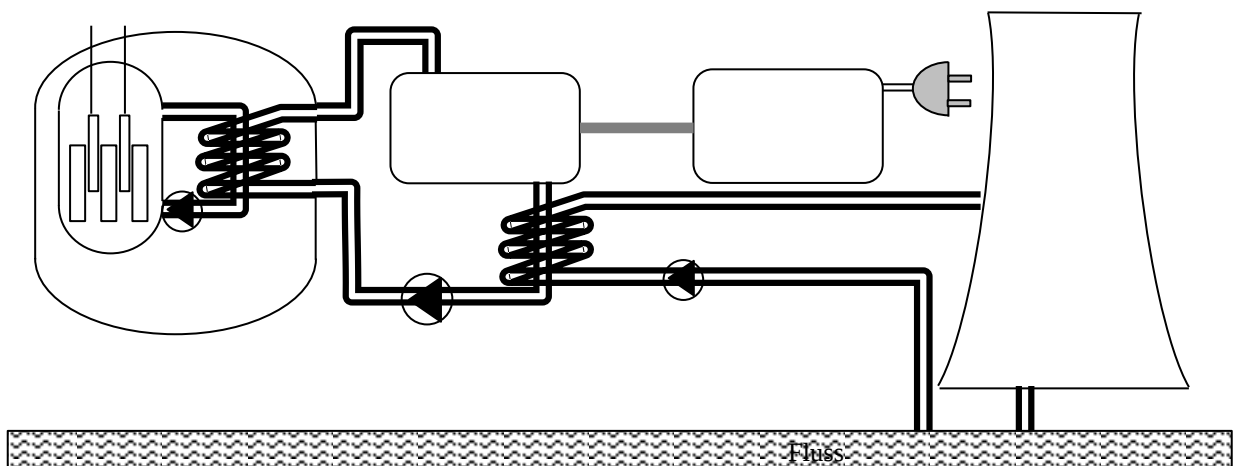
Beispiel KK Leibstadt/AG (Toshiba-Westinghouse 1984, Leistung 1000 MW, Luftkühlung)
 Ergänze: Druckbehälter, Kühlturm, Fluss, Turbine, Generator, Brennstäbe, Steuerstäbe, Pumpe (2x), Kondensator, Primärkreis, Sekundärkreis, Hochdruckheißdampf



Bei dem teureren **Druckwasserreaktor** erwärmt der **Primärkreis** zunächst einen schwächer radioaktiven **Sekundärkreis**, der die Turbinen antreibt, welche dadurch _____ radioaktiv belastet sind. Die Steuerstäbe werden **von oben** in den Kern gefahren und _____ im Störfall ganz hinein, was automatisch zur Abschaltung führt. In **U-Booten** werden aus _____gründen nur Druckwasserreaktoren eingesetzt!

Beispiel Gösgen/SO (Siemens KWU 1972, Leistung 1000 MW, Luftkühlung)

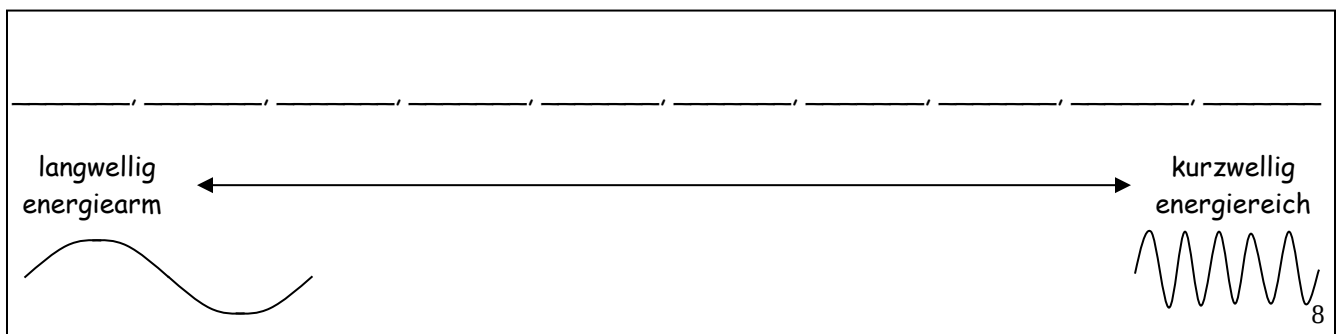
Ergänze: Druckbehälter, Kühlturm, Fluss, Turbine, Generator, Brennstäbe, Steuerstäbe, Pumpe (3x), Kondensator, Wärmetauscher, Frischwasser, Hochdruckheißdampf, Primärkreis, Sekundärkreis, Tertiärkreis



5.1.8. Spektrale Zerlegung und Wellenmodell des Lichtes

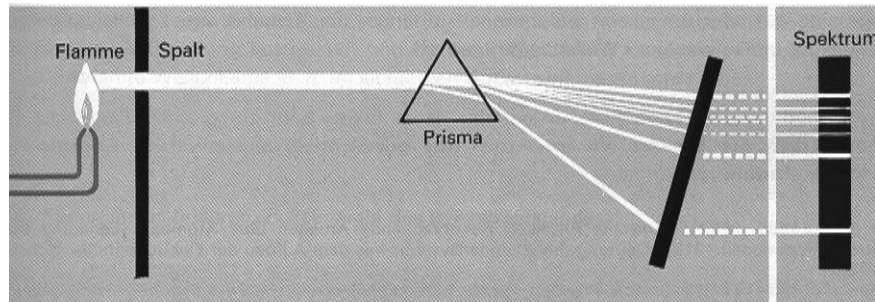
Die Zerlegung des Lichtes in seine einzelnen Farben durch ein _____ oder ein Gitter lässt sich mit dem Wellenmodell erklären: Man beschreibt Licht als **elektromagnetische** _____ ähnlich wie Radiowellen oder Röntgenstrahlen. Die **Energie** einer elektromagnetischen Welle nimmt mit sinkender Wellenlänge _____. Aus diesem Grund ist elektromagnetische Strahlung umso gefährlicher, je _____ welliger die Strahlung ist!

Ordne die folgenden Strahlungsarten nach Wellenlänge/Energiegehalt/Gefährlichkeit: Ultraviolett (UV), Infrarot (IR), Röntgenstrahlen, γ -Strahlen, Radiowellen, rotes, gelbes, violettes, grünes, blaues Licht:



5.1.9. Linienspektren der Elemente und Atommodell von Bohr

Aufbau:

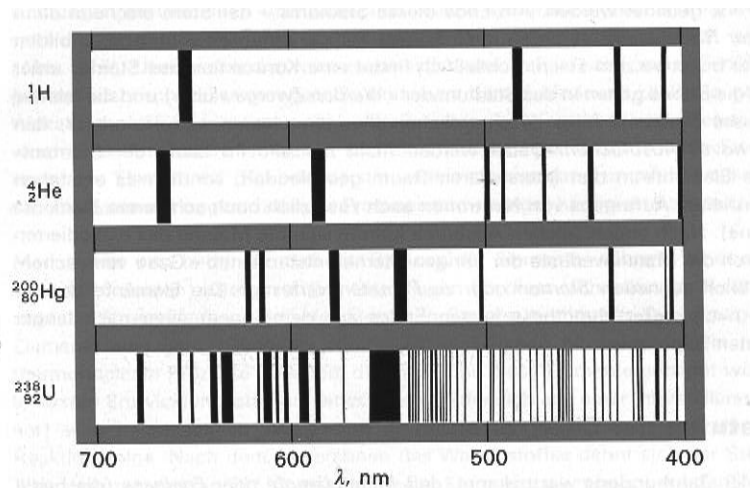


Durchführung:

Der Dampf reiner Elemente wird in einem Glaskolben erhitzt. Das dabei entstehende Licht wird durch ein _____ in seine einzelnen Farben bzw. _____ zerlegt und auf einem dunklen _____ sichtbar gemacht.

Beobachtung:

Der Dampf sendet Licht ganz bestimmter Wellenlänge (bzw. _____ bzw. Farbe) aus, wenn man ihm genügend Energie in Form von _____ zuführt. Die spektrale Zerlegung des ausgesendeten Lichtes durch das _____ ergibt ein für jedes Element charakteristisches



Linienspektrum. Das einfachste Linienspektrum erhält man vom _____ ${}^1\text{H}$:

Erklärung der Linienspektren mit dem Bohrschen Schalenmodell

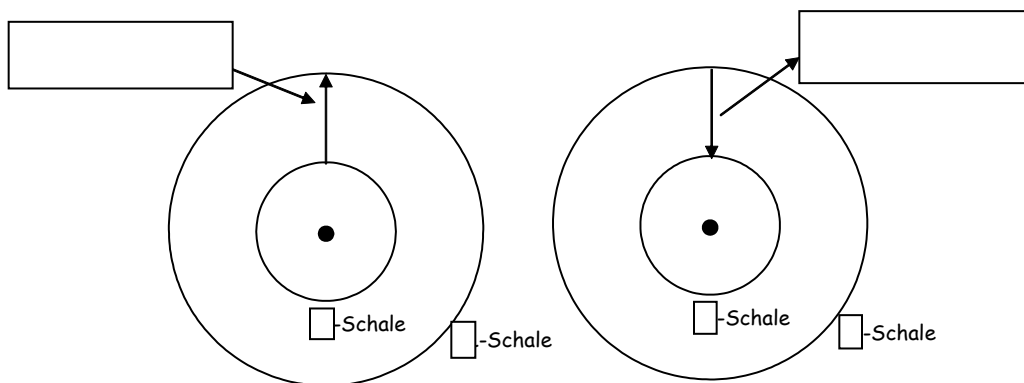
Die Elektronen bewegen sich auf festen **Schalen** um den _____. Jede Schale entspricht einer bestimmten **Energie**. Die _____ der Schalen nimmt nach außen hin zu. Die n-te Schale von innen kann genau $2n^2$ Elektronen aufnehmen.

	1. Gruppe	2. Gruppe	3. Gruppe	4. Gruppe	5. Gruppe	6. Gruppe	7. Gruppe	8. Gruppe
1. Periode	1 ${}^1\text{H}$							2 ${}^2\text{He}$
2. Periode	3 ${}^3\text{Li}$	4 ${}^4\text{Be}$	5 ${}^5\text{B}$	6 ${}^6\text{C}$	7 ${}^7\text{N}$	8 ${}^8\text{O}$	9 ${}^9\text{F}$	10 ${}^{10}\text{Ne}$
3. Periode	11 ${}^{11}\text{Na}$	12 ${}^{12}\text{Mg}$	13 ${}^{13}\text{Al}$	14 ${}^{14}\text{Si}$	15 ${}^{15}\text{P}$	16 ${}^{16}\text{S}$	17 ${}^{17}\text{Cl}$	18 ${}^{18}\text{Ar}$

n	$2n^2$
1	
2	
3	
4	

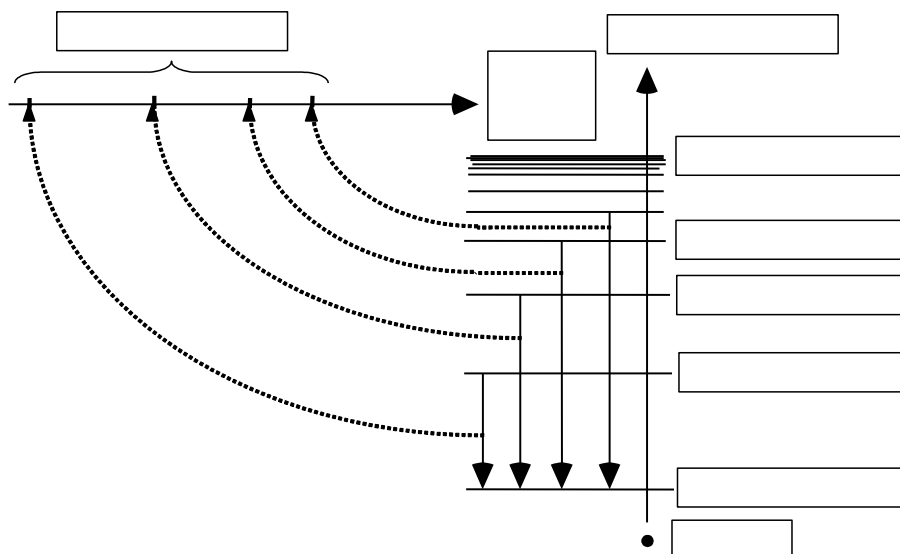
Nach _____ hin (in Richtung wachsender n) liegen die Schalen immer _____ zusammen und nähern sich der **Kontinuumsgrenze**. Unterhalb dieser Grenze befindet sich das Elektron im **Anziehungsbereich des Kerns** und kann nur die **festen _____ zustände** einnehmen, die den Bohrschen _____ entsprechen. **Oberhalb** der Kontinuumsgrenze hat das Elektron die **Atomhülle _____** und kann sich im freien Raum mit beliebiger Geschwindigkeit bzw. _____ bewegen.

Durch _____ zufuhr (Funken oder Hitze) wird ein Elektron auf eine höher liegende Schale _____. Beim Zurückfallen sendet es Licht aus, dessen Energie (bzw. _____ bzw. _____ länge) gerade der Energiedifferenz der beiden Schalen entspricht:



Da die Elektronen auch mehrere _____ überspringen können, gibt es verschiedene Übergangsmöglichkeiten, die jeweils einer Linie im Spektrum entsprechen:

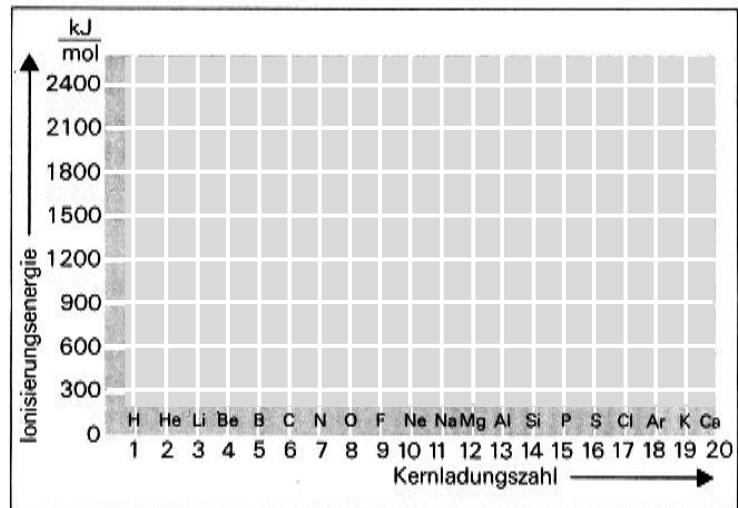
Beschrifte die Skizze mit den folgenden Begriffen: Bohrsche Schalen, $n = 1$ (K-Schale), $n = 2$ (L-Schale), $n = 3$ (M-Schale, $n = 4$ (N-Schale), $n = \infty$ (Kontinuumsgrenze), Energie, Energie/Farbe, Kern, Linienspektrum



5.1.10 Verlauf der Ionisierungsenergie und Grenzen des Bohrschen Modells

Ionisierungsenergien in kJ/mol

H 1318							He 2379
Li 528	Be 906	B 807	C 1093	N 1407	O 1320	F 1687	Ne 2087
Na 502	Mg 744	Al 584	Si 793	P 1018	S 1006	Cl 1257	Ar 1527
K 452	Ca 596						



Erklärung mit dem Schalenmodell:

Anstieg H-He: _____ Kernladung,
daher _____ Anziehung

Abfall He-Li: neue Schale, die _____ vom Kern entfernt ist:
daher _____ Anziehung

Anstieg Li-Ne: _____

Abfall Ne-Na: _____

Anstieg Na-Ar: _____

Abfall Ar-K: _____

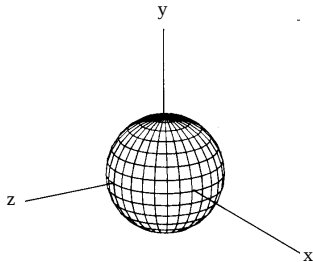
Grenzen des Bohrschen Modells:

1. Der **grobe** Verlauf der Ionisierungsenergien und Linienspektren lässt sich mit Bohr erklären.
2. Metall-Metall-Bindungen (→ 1.6. Metallbindungen) und Metall-Nichtmetall-Bindungen (→ 1.5. Ionenbindung) lassen sich ebenfalls mit dem Schalenmodell deuten.
3. Der **genaue** Verlauf der Ionisierungsenergien und Linienspektren (Aufspaltung der Hauptlinien in mehrere Unterlinien bei verbesserter Auflösung der Spektralapparate) sowie die Nichtmetall-Nichtmetall-Bindung (→ 1.7. Elektronenpaarbindung) finden mit diesem Modell keine Erklärung.

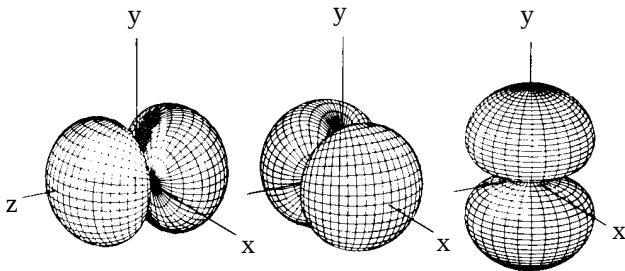
5.1.11. Das Orbitalmodell

Die Bohrschen „Schalen“ haben mit dem **Aufenthaltort** der Elektronen **nichts zu tun** und geben nur ihr _____ an. Der Aufenthaltort der Elektronen wird durch räumlich fest orientierte Elektronenwolken (_____) beschrieben, die jeweils maximale _____ Elektronen mit entgegengesetzter Drehrichtung aufnehmen können..

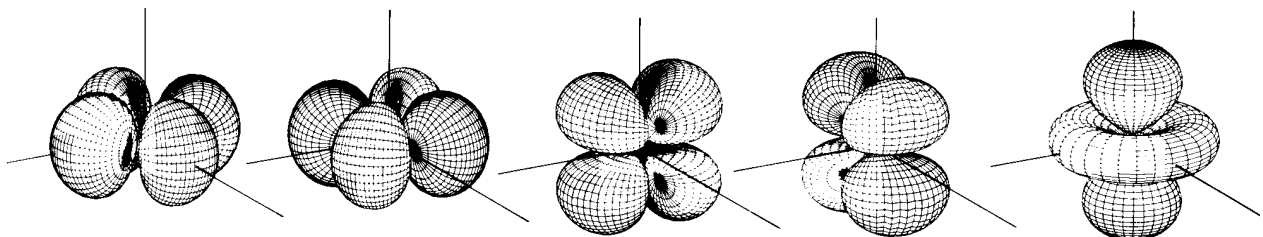
Vom 1. Hauptniveau an steht **jeweils ein** kugelförmiges **s-Orbital** zur Verfügung:



Vom 2. Hauptniveau an stehen **zusätzlich drei** hantelförmige **p-Orbitale** zur Verfügung:



Vom 3. Hauptniveau an stehen **zusätzlich fünf** doppelhantelförmige **d-Orbitale** zur Verfügung:



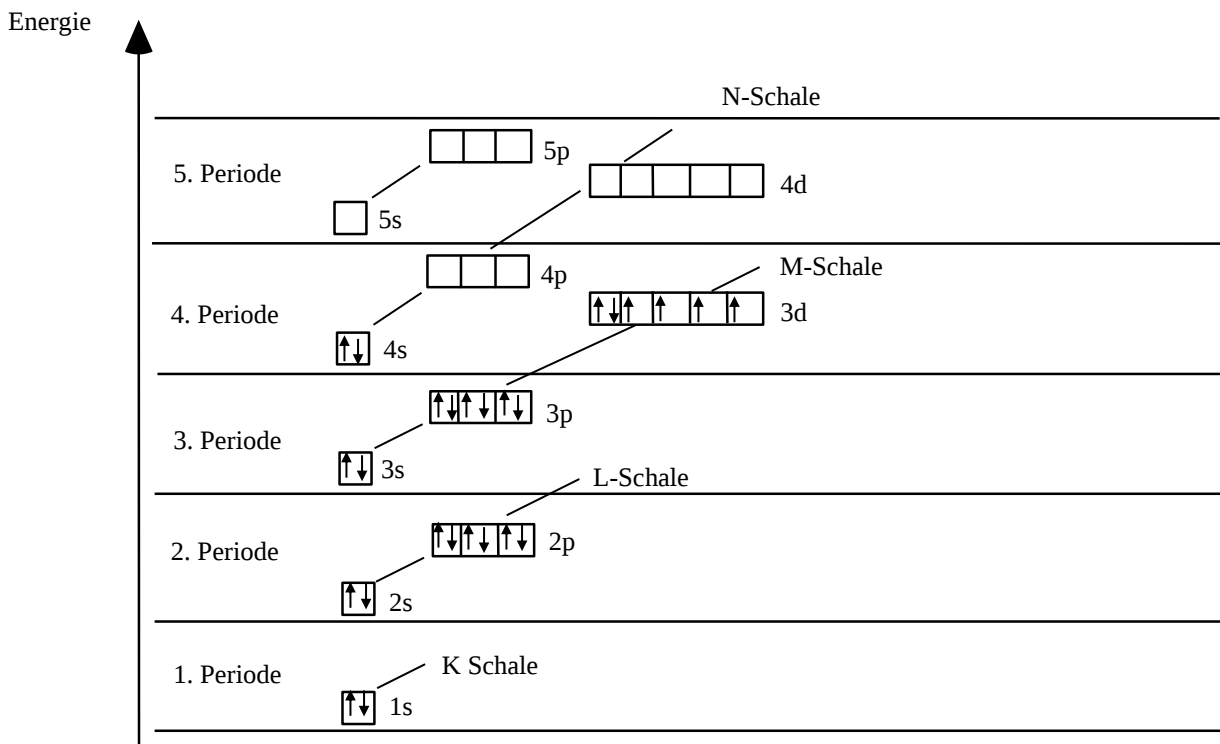
Vom 4. Hauptniveau an stehen **zusätzlich sieben** kompliziert geformte **f-Orbitale** zur Verfügung.

Kästchenschreibweise und Auffüllung der Orbitale

Die s-, p-, d- und f-Orbitale liegen innerhalb des jeweiligen **Hauptniveaus** jeweils auf dem gleichen **Unterniveau**. Vereinfacht stellt man die _____ als **Kästchen** dar und trägt die _____ als **Pfeile** gemäß ihrer Drehrichtung ein. Die Orbitale werden nach den folgenden Regeln durch _____ aufgefüllt:

1. Die Auffüllung der Schalen geschieht in Richtung **wachsender Energie**, also von _____ nach _____.
2. Aufgrund der elektrischen _____ erhält jedes Orbital eines Unterniveaus **zunächst nur** _____ Elektron
3. Jedes Orbital kann **maximal** _____ Elektronen entgegengesetzter Drehrichtung aufnehmen.

Beispiel Eisen $_{26}\text{Fe}$:



Perioden und Schalen

Da bei der Auffüllung der Orbitale z.B. die _____-Orbitale vor den 3d-Orbitalen, die _____-Orbitale vor den 4d-Orbitalen usw. aufgefüllt werden, **fallen die Perioden nicht mit den Schalen zusammen!**

Deutung des Verlaufs der Ionisierungsenergien mit dem Orbitalmodell

- Abfall Be-B: - Abschirmung des Kerns durch das voll besetzte _____-Unterniveau
- Abfall N-O: - Abschirmung durch gleichmäßig halb besetztes _____-Unterniveau.
- Abfall Mg-Al: - Abschirmung durch voll besetztes _____-Unterniveau
- Abfall P-S: - Abschirmung durch gleichmäßig halb besetztes _____-Unterniveau.

5.1. Atombau

Mit dem einfachen Teilchenmodell lassen sich Eigenschaften und Reaktionen der Materie nur teilweise erklären: Warum ist Wasser **flüssig** und Salz fest? Warum löst sich Salz in **Wasser** aber nicht in Öl? Warum hat Wasser die Zusammensetzung **H₂O** und nicht H₃O? Warum leiten **Metalle** den elektrischen Strom, **Holz** und **Plastik** aber nicht? Die **Kräfte** und **Reaktionen** zwischen Atomen und Molekülen im flüssigen und festen Zustand lassen sich erst verstehen, wenn man ihren **Aufbau** untersucht.

5.1.1. Elementarteilchen

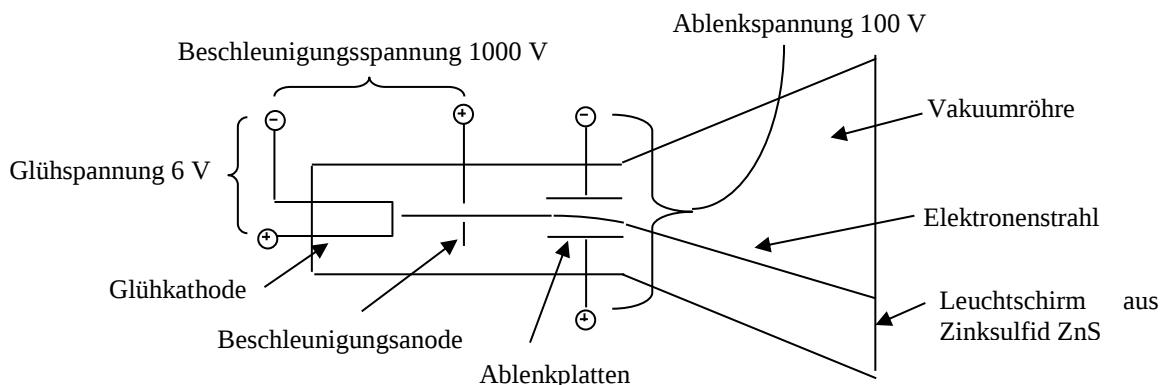
FWU-Film Elektrostatik, Versuche OHP-Folie/Papier, Glasstab/Gummistab, Luftballons, Elektroskop.

Kräfte und Ladungen

1. Körper können positiv oder negativ elektrisch aufgeladen werden.
2. Entgegengesetzt geladene Körper ziehen sich an, gleichsinnig geladene Körper stoßen sich ab.
3. Die Ladungskräfte nehmen mit wachsender Ladung zu und mit wachsendem Abstand ab.

Braunsche Röhre zeigen, youtube [Ferdinand Bauer und die Kathodenstrahlröhre](#)

Nachweis von Elektronen mit dem Kathodenstrahlrohr (Braunsche Röhre)



Elemente I S. 131 Universum S. 107 / Chemie heute S. 162 youtube [Elementarteilchen](#)

Name	Masse in u (unit)	Ladung
Proton p⁺ (griech. πρωτοσ = erster)	1	positive Elementarladung
Neutron n (lat. neuter = keiner von beiden)	1	–
Elektron e⁻ (griech. ηλεκτρον = Bernstein)	$\frac{1}{2000}$	negative Elementarladung

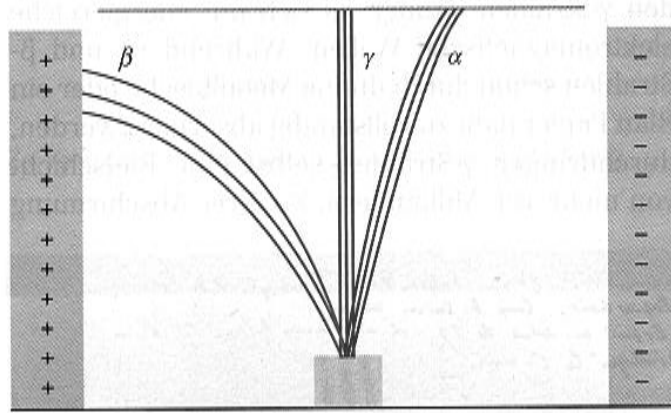
unit = atomare Masseneinheit mit 1 g = 602 200 000 000 000 000 000 u = 1 Mol u
 ⇒ 1 mol Neutronen bzw. 1 Mol Protonen haben die Masse 1 g.

Übungen: Aufgaben zum Atombau Nr. 1 und 2

5.1.2. Radioaktive Strahlung

Universum S. 114, youtube [Marie Curie und die Entdeckung der Radioaktivität \(43'\)](#) oder [Marie Curie und die Radioaktivität \(15'\)](#)

Beim Zerfall instabiler Atome entsteht **radioaktive Strahlung**, die man nach ihren Ablenkungsverhalten im **elektrischen Feld** eines Plattenkondensators in drei Arten unterteilt:



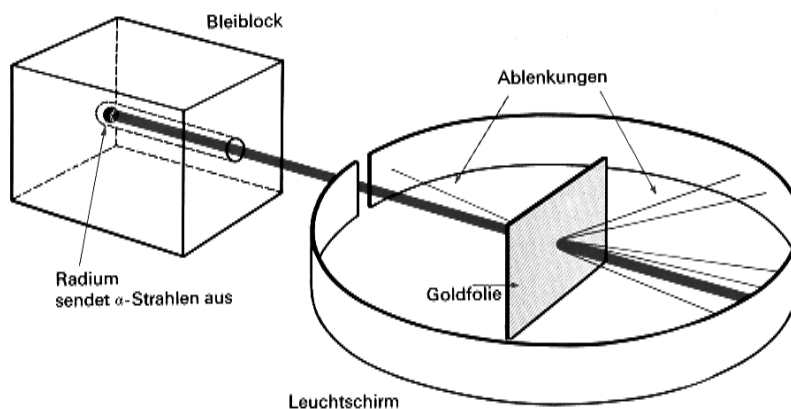
Bezeichnung	besteht aus	Abschirmung durch
α Strahlung	He^{2+} - Teilchen (2 Protonen + 2 Neutronen)	Blatt Papier
β - Strahlung	Elektronen	dickes Buch
γ - Strahlung	sehr energiereiche Röntgenstrahlung	2 m Beton

Übungen: Aufgaben zum Atombau Nr. 3

5.1.3. Streuversuch und Atommodell von Rutherford

Elemente I S. 130 / Chemie heute S. 161 / Universum S. 104 / youtube [TERRA X Rutherfordscher Streuversuch](#)

Aufbau:



Durchführung:

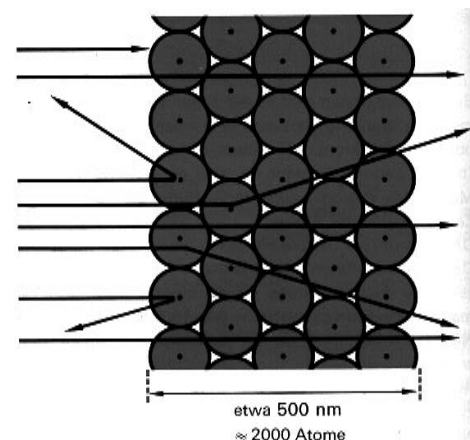
Beschuss einer dünnen Goldfolie (ca. 2000 Atomlagen) mit α -Teilchen (He^{2+}) und Bestimmung der Bahn dieser Teilchen durch Schwärzung von Filmmaterial.

Beobachtung:

Fast alle α -Teilchen durchdringen die Goldfolie ungehindert.

Erklärung durch das Atommodell von Rutherford:

Die Atome sind im Wesentlichen leer. Der **Atomkern** besteht aus Protonen und Neutronen. Er ist sehr klein und positiv geladen. Die Elektronen halten sich in der **Atomhülle** auf, die ca. 10 000 mal so groß ist wie der Atomkern. Der Teilchenstrahl wird nur abgelenkt, wenn er genau das Zentrum (den **Kern**) eines Atoms trifft:



Elemente I S. 132 / Chemie heute S. 162 / Universum S. 107

Im **Periodensystem** bedeuten

Ordnungszahl = Zahl der Elektronen

= Zahl der Protonen

Massenzahl = Gesamtzahl der Neutronen und Protonen

= Masse von 1 Atom in u (unit)

= Masse von 1 Mol Atomen in g

Schreibweise: $\overset{\text{Massenzahl}}{\text{Ordnungszahl}} \text{Elementsymbol}$

Grenzen des Rutherford-Modells:

Das Rutherford-Modell erklärt zwar das Phänomen der Radioaktivität und das Ergebnis des Streuversuchs, kann aber wie das Teilchenmodell keine Aussagen zur chemischen Bindung liefern.

Übungen: Aufgaben zum Atombau Nr. 4, Film zum Atombau (1. Kurzfilm)

5.1.4. Isotope

Elemente I S. 133 / Chemie heute S. 163 / Universum S. 108

Atome, die sich nur in der Zahl der Neutronen unterscheiden, nennt man **Isotope**. Die meisten Elemente kommen in der Natur als Mischung verschiedener Isotope vor. Die **durchschnittliche Atommasse** eines Elements erhält man aus den Atommassen der Isotope als **Mittelwert** unter Berücksichtigung der natürlichen Isotopenhäufigkeit.

Beispiel:

Das Element Bor besteht aus 19,78 % ^{10}B und 80,22 % ^{11}B . Von 100 Boratomen haben also durchschnittlich 19,78 Stück die Masse 10 u und 80,22 Stück die Masse 11 u. Die durchschnittliche Masse eines Boratoms ist also

$$m = \frac{19,78 \cdot 10\text{u} + 80,22 \cdot 11\text{u}}{100} = 0,1978 \cdot 10\text{ u} + 0,8022 \cdot 11\text{ u} = 10,80\text{ u}$$

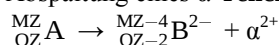
Übungen: Aufgaben zum Atombau Nr. 5

5.1.5. Zerfallsreihen

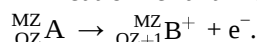
Legende zur Nuklidkarte, Universum S. 118

Isotope mit hohen Massenzahlen sind häufig instabil und daher radioaktiv.

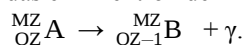
α -Zerfall: Abspaltung eines α -Teilchens (2 Protonen und 2 Neutronen) vom Kern:



β^- -Zerfall: Ein Neutron zerfällt in ein Proton, welches im Kern bleibt, und ein Elektron, das den Kern verlässt:



β^+ -Zerfall: Ein Proton zerfällt in ein Neutron, welches im Kern bleibt, und ein Positron (positiv geladenes Elektron), das ein Elektron der Hülle vernichtet und dabei γ -Strahlung aussendet:



In der **Nuklidkarte** werden alle Isotope nach Protonenzahl Z und Neutronenzahl N aufgetragen.

Die **Halbwertszeit** $T_{1/2}$ ist die Zeit, in der die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Teilchen zerfallen ist

Übungen: Aufgaben zum Atombau Nr. 6

Lücken mit Hilfe des PSE ausfüllen

Die natürliche Radioaktivität auf der Erde entsteht durch nur drei Zerfallsreihen. Z.B. beschreibt die **Uran-Radium-Reihe** den Zerfall von **Uran U** (nach dem im gleichen Jahr 1789 entdeckten Planeten **Uranus**) über **Thorium Th** (nach dem nordischen Kriegsgott Thor), **Protactinium Pa** (da es u.a. in Actinium zerfallen kann), **Radium Ra** (von lat. radius = Strahl), **Radon Rd** (entsteht aus Radium), **Polonium Po** (nach dem Geburtsland der Entdeckerin Marie Curie), **Bismut Bi** (von altddeutsch wise mine = schlechtes Erz), **Thallium Tl** (nach thallos = sprießendes Blatt von der grünen Spektrallinie), **Quecksilber Hg** (engl. mercury oder früher quicksilver, lat. hydrargirum = flüssiges Silber) zu **Blei Pb** (lat. Plumbum).

Lücken mit Hilfe der Nuklidkarte ausfüllen, Universum S. 121

5.1.6. Zerfallsgesetze

Universum S. 119

Beispiel:

Von einer beliebigen Anzahl Radon-218-Atom sind nach der Halbwertszeit $T_{1/2} = 30$ ms jeweils die Hälfte zerfallen.
Für $N_0 = 100$ Atome gilt also:

Zerfallsgesetz:

Nach t Zeiteinheiten (Je nach Angabe der Halbwertszeit in der Nuklidkarte Jahre a, Tage d, Stunden h, Minuten m, Sekunden s oder Millisekunden ms) sind von ursprünglich N_0 Atomen noch

$$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}} \text{ Atome übrig.}$$

Zeit t	Anzahl N(t)	Exponent n =
0 s	$N(0) = N_0 = 100$	0
30 s	$N(1) = N_0 \cdot \frac{1}{2} = 50$	1
60 s	$N(2) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 25$	2
90 s	$N(3) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 12,5$	3
t	$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n$	$\frac{t}{T_{1/2}}$

Übungen: Aufgaben zum Atombau Nr. 8 und 9

5.1.7. Kernenergie

Universum S. 129

Durch die Kollision der freigesetzten Atombruchstücke mit anderen Atomen entsteht beim radioaktiven Zerfall auch Wärme, die in **Kernkraftwerken** zur Stromerzeugung genutzt wird. Diese Kollisionen können ihrerseits zum Zerfall neuer Atome führen, so dass sich der radioaktive Zerfall in einer **Kettenreaktion** lawinenartig ausbreitet und verstärkt.

Beispiel:

Kettenreaktion bei der Spaltung eines Uran-235-Kerns durch **langsame** Neutronen.

Da jeder Urankern selbst wieder 2 – 3 Neutronen aussendet, verdoppelt oder verdreifacht sich die Zahl der folgenden Spaltungen bei jedem Schritt:

○ langsames Neutron



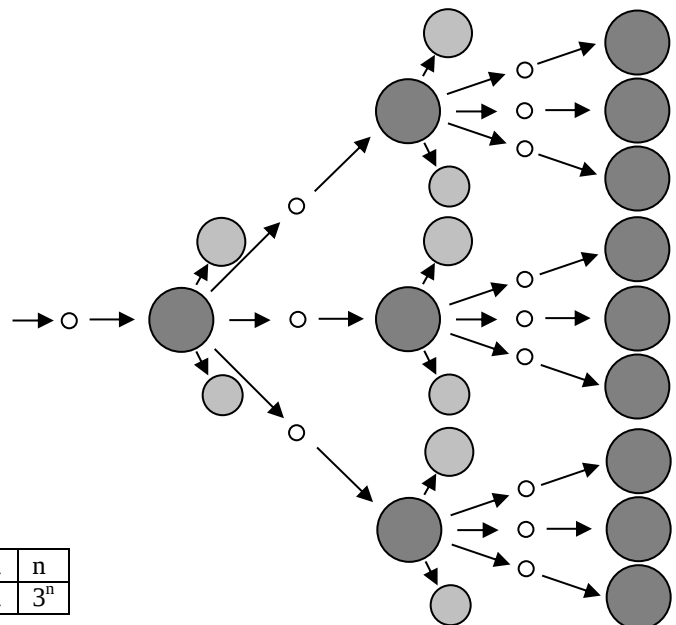
$^{235}\text{Uran}$



$^{139}\text{Barium}$



$^{94}\text{Krypton}$



Schritt	1	2	3	4	5	6	...	n
Zahl der Folgespaltungen	3	9	27	81	243	729	...	3^n

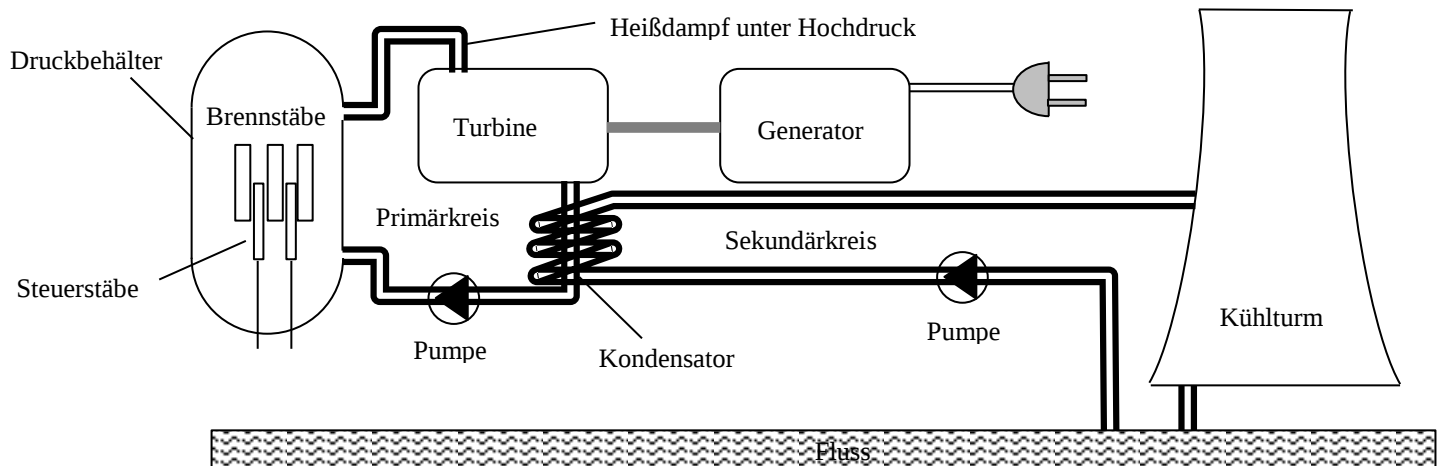
Planet Schule [Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?](#)

Ist die Konzentration der spaltbaren Kerne genügend hoch („**kritische Masse**“), so kommt es zur **Atomexplosion**. In Kernkraftwerken ist die Konzentration der spaltbaren Kerne geringer, so dass eine Atomexplosion auch bei einer unkontrollierten Kettenreaktion nicht möglich ist! Um die Kettenreaktion trotz der geringen Konzentration zu ermöglichen, dienen **Moderatoren** wie das (Kühl-)Wasser und zusätzliche Borsäure dazu, die **schnellen** (wirkungslosen) Neutronen auf eine wirksame Geschwindigkeit **abzubremsen**. Die Leistung des Reaktors wird durch **Steuerstäbe** aus absorbierendem Material (z.B. **Graphit**) reguliert. Werden die Steuerstäbe ganz **hereingefahren**, so wird fast alle Strahlung absorbiert und die Kettenreaktion klingt ab (**Abschaltung**). Werden die Steuerstäbe ganz **herausgefahren**, so verstärkt sich die Kettenreaktion immer mehr, bis schließlich der Kern **schmilzt** und durch das Betonfundament in Richtung Erdkern dringt („**China-Syndrom**“).

Bei dem preiswerten **Siedewasserreaktor** führt der **Primärkreis** den **radioaktiven** (Hochdruck)heißdampf direkt auf die Turbinen, welche dadurch **verstrahlt** werden. Die Steuerstäbe werden **von unten** in den Kern gefahren, bzw. im Notfall mit Druckluft „eingeschossen“. Für die **Kondensation** des „entspannten“ (Niederdruck)dampfes ist ein **Sekundärkühlkreis** mit Kühlung durch Flusswasser und/oder Luft notwendig.

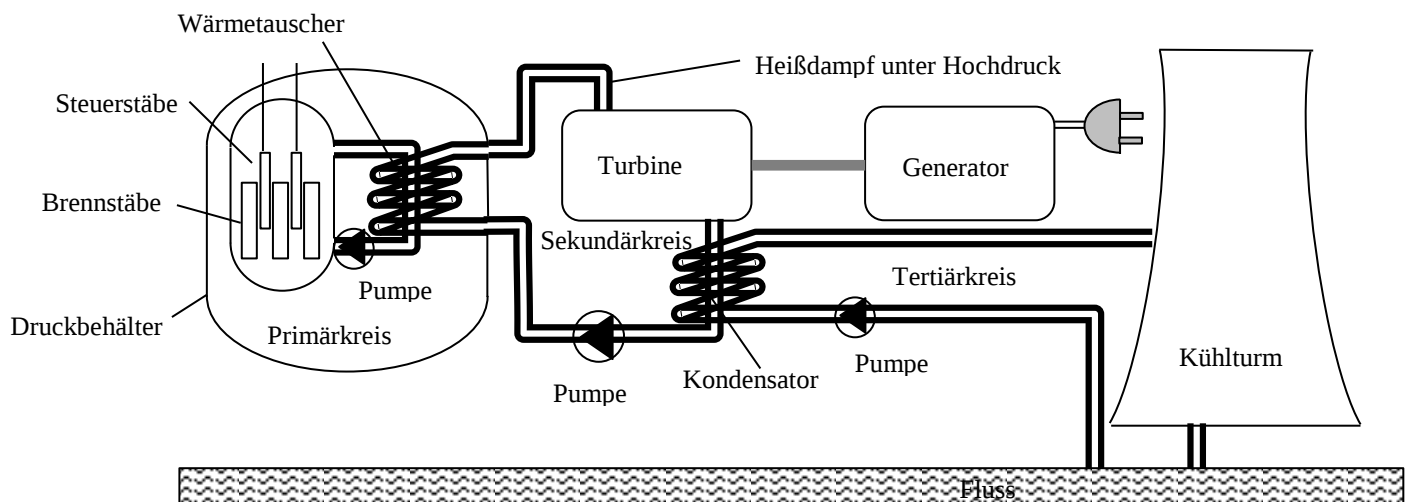
Bilder nach Beschreibung beschriften, Druckwasserreaktor auf Universum S. 129

Beispiel KK Leibstadt/AG (Hersteller Westinghouse, Baujahr 1984, Leistung 1000 MW, Luftkühlung)



Bei dem teureren **Druckwasserreaktor** erwärmt der **Primärkreis** zunächst einen schwächer radioaktiven **Sekundärkreis**, der die Turbinen antreibt, welche dadurch kaum radioaktiv belastet sind. Die Steuerstäbe werden **von oben** in den Kern gefahren und **fallen** im Störfall ganz hinein, was automatisch zur Abschaltung führt. In **U-Booten** werden ausschließlich Druckwasserreaktoren eingesetzt.

Beispiel KK Gösgen/SO (Hersteller Siemens/KWU, Baujahr 1972, Leistung 1000 MW)

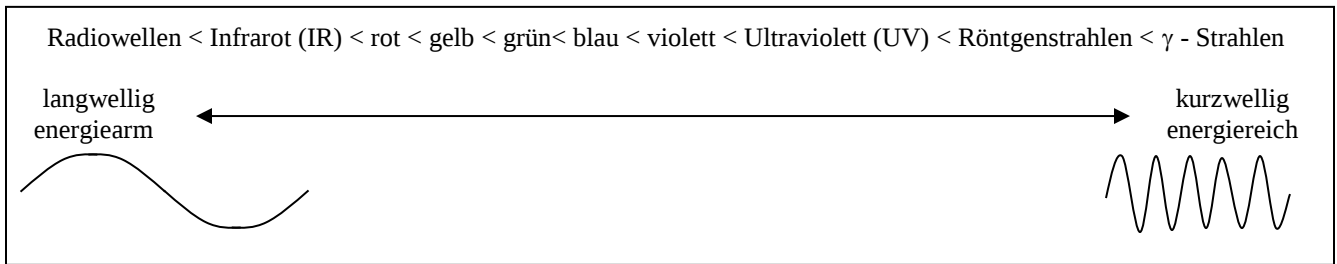


Übungen: Aufgaben zum Atombau Nr. 10

5.1.8. Spektrale Zerlegung und Wellenmodell des Lichtes

Spektrale Zerlegung des Lichtes an optischer Bank mit Prisma beobachten, Spektralkarte

Die Zerlegung des Lichtes in seine einzelnen Farben durch ein Prisma oder ein Gitter lässt sich mit dem Wellenmodell erklären: Man beschreibt Licht als **elektromagnetische Welle** ähnlich wie Radiowellen oder Röntgenstrahlen. Die **Energie** einer elektromagnetischen Welle nimmt mit sinkender Wellenlänge zu. Aus diesem Grund ist elektromagnetische Strahlung umso gefährlicher, je kürzerwellig die Strahlung ist!

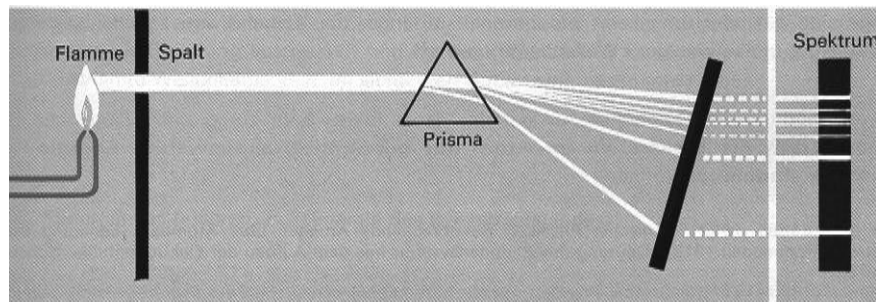


Übungen: Aufgaben zum Atombau Nr. 10

5.1.9. Linienspektren der Elemente und Atommodell von Bohr

Flammenfärbung der Alkalimetalle und Na-Dampf-Lampe

Aufbau:

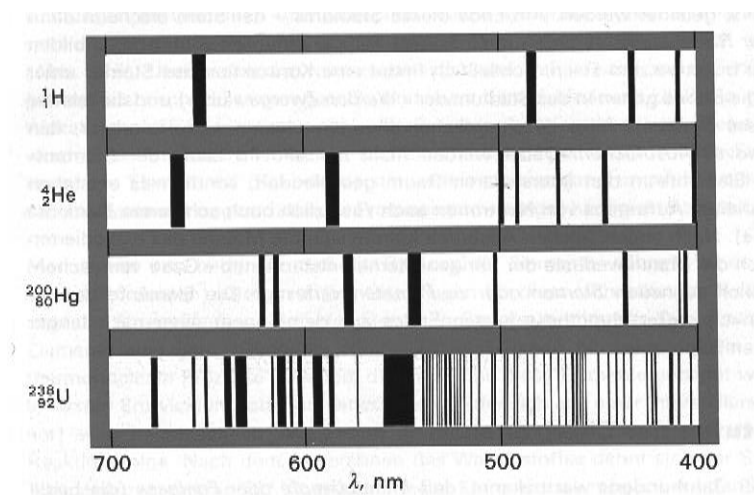


Durchführung:

Der Dampf reiner Elemente wird in einem Glaskolben erhitzt. Das dabei entstehende Licht wird durch ein Prisma in seine einzelnen Farben bzw. Wellenlängen zerlegt und auf einem dunklen Schirm sichtbar gemacht.

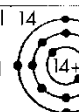
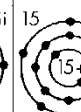
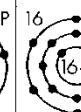
Beobachtung:

Der Dampf sendet Licht ganz bestimmter Wellenlänge (bzw. Energie bzw. Farbe) aus, wenn man ihm genügend Energie in Form von Hitze zuführt. Die spektrale Zerlegung des ausgesendeten Lichtes durch das Prisma ergibt ein für jedes Element charakteristisches Linienspektrum. Das einfachste Linienspektrum erhält man vom Wasserstoff.

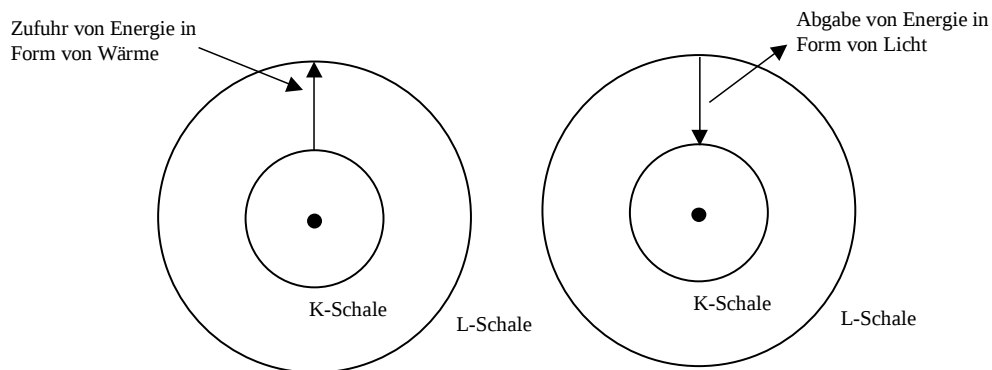


Erklärung der Linienspektren mit dem Bohrschen Schalenmodell

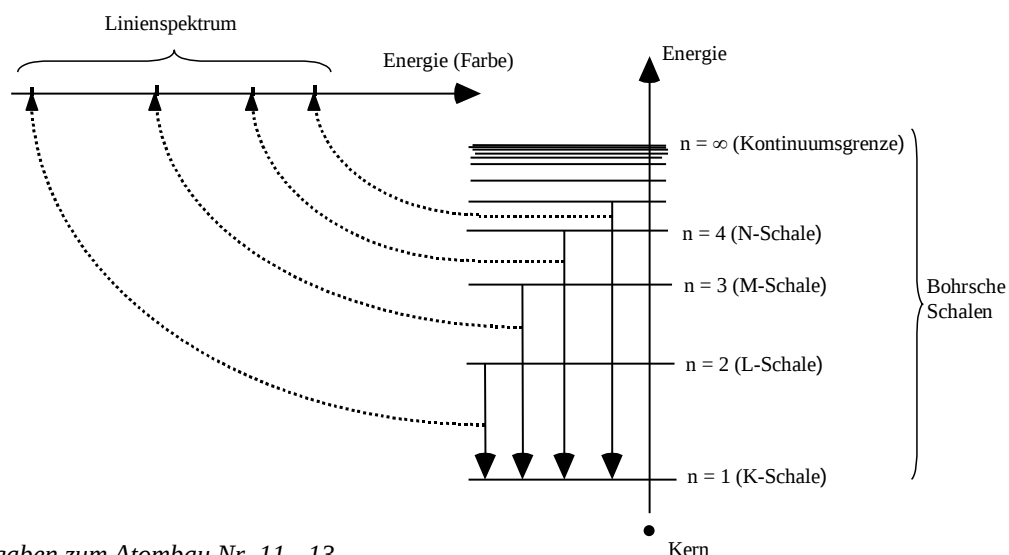
Die Elektronen bewegen sich auf festen **Schalen** um den Kern. Jede Schale entspricht einer bestimmten **Energie**. Die Energie der Schalen nimmt nach außen hin zu. Die n-te Schale von innen kann genau $2n^2$ Elektronen aufnehmen.

	1. Gruppe	2. Gruppe	3. Gruppe	4. Gruppe	5. Gruppe	6. Gruppe	7. Gruppe	8. Gruppe
1. Periode	1 H 							2 He 
2. Periode	3 Li 	4 Be 	5 B 	6 C 	7 N 	8 O 	9 F 	10 Ne 
3. Periode	11 Na 	12 Mg 	13 Al 	14 Si 	15 P 	16 S 	17 Cl 	18 Ar 

Nach außen hin (in Richtung wachsender n) liegen die Schalen immer enger zusammen und nähern sich der **Kontinuumsgrenze**. Unterhalb dieser Grenze befindet sich das Elektron im Anziehungsbereich des Kerns und kann nur die festen Energiezustände einnehmen, die den Bohrschen Schalen entsprechen. Oberhalb der Kontinuumsgrenze hat das Elektron die Atomhülle verlassen und kann im freien Raum je nach Geschwindigkeit beliebige Energien haben. Durch Energiezufuhr (Funken oder Hitze) wird ein Elektron auf eine höher liegende Schale angehoben. Beim Zurückfallen sendet es Licht aus, dessen Energie (bzw. Farbe bzw. Wellenlänge) gerade der Energiedifferenz der beiden Schalen entspricht:



Da die Elektronen auch mehrere Schalen überspringen können, gibt es verschiedene Übergangsmöglichkeiten, die jeweils einer Linie im Spektrum entsprechen:



Übungen: Aufgaben zum Atombau Nr. 11 - 13

5.1.10. Verlauf der Ionisierungsenergie und Grenzen des Bohrschen Modells

Erklärung mit dem Schalenmodell:

Anstieg H-He: wachsende Kernladung, höhere Anziehung

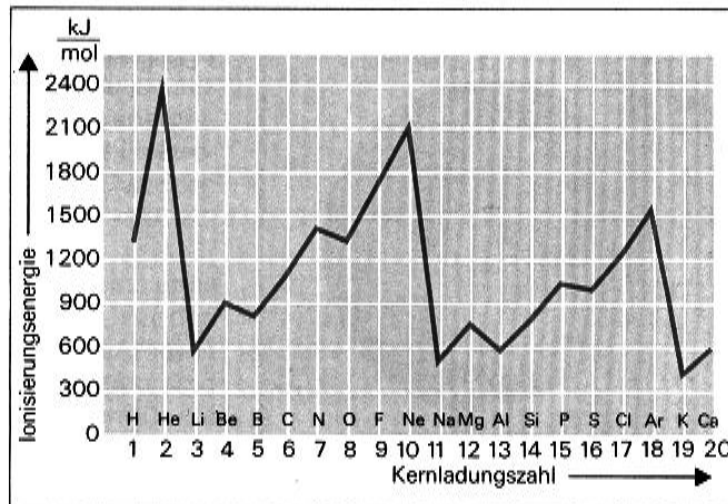
Abfall He-Li: neue Schale, die weiter vom Kern entfernt ist; Abschirmung der Kernladung durch die darunter liegende K-Schale

Anstieg Li-Ne: wachsende Kernladung

Abfall Ne-Na: neue Schale

Anstieg Na-Ar: wachsende Kernladung

Abfall Ar-K: neue Schale ?!



Grenzen des Bohrschen Modells:

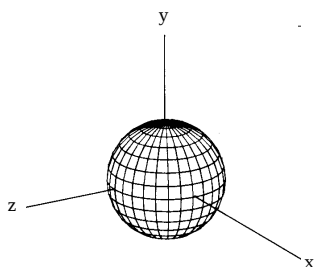
1. Der **grobe** Verlauf der Ionisierungsenergien und Linienspektren lässt sich mit Bohr erklären.
2. Metall-Metall-Bindungen (→ 1.6. Metallbindungen) und Metall-Nichtmetall-Bindungen (→ 1.5. Ionenbindung) lassen sich ebenfalls mit dem Schalenmodell deuten.
3. Der **genaue** Verlauf der Ionisierungsenergien und Linienspektren (Aufspaltung der Hauptlinien in mehrere Unterlinien bei verbesserter Auflösung der Spektralapparate) sowie die Nichtmetall-Nichtmetall-Bindung (→ 1.7. Elektronenpaarbindung) finden mit diesem Modell keine Erklärung.

Übungen: Aufgaben zum Atombau Nr. 11

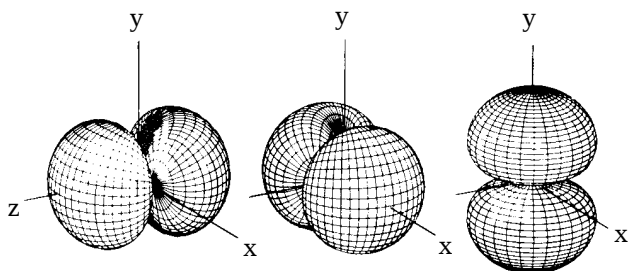
5.1.11. Das Orbitalmodell

Die Bohrschen „Schalen“ haben mit dem **Aufenthaltort** der Elektronen **nichts zu tun** und geben nur ihr **Energieniveau** an. Der Aufenthaltort der Elektronen wird durch räumlich fest orientierte Elektronenwolken (**Orbitalen**) beschrieben, die jeweils maximale zwei Elektronen mit entgegen gesetzter Drehrichtung aufnehmen können..

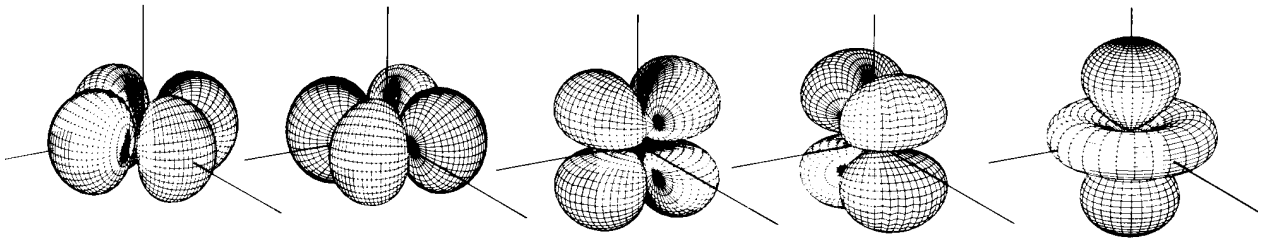
Vom 1. Hauptniveau an steht **jeweils ein** kugelförmiges **s-Orbital** zur Verfügung:



Vom 2. Hauptniveau an stehen **zusätzlich drei** hantelförmige **p-Orbitale** zur Verfügung:



Vom 3. Hauptniveau an stehen **zusätzlich fünf** doppelhantelförmige **d-Orbitale** zur Verfügung:



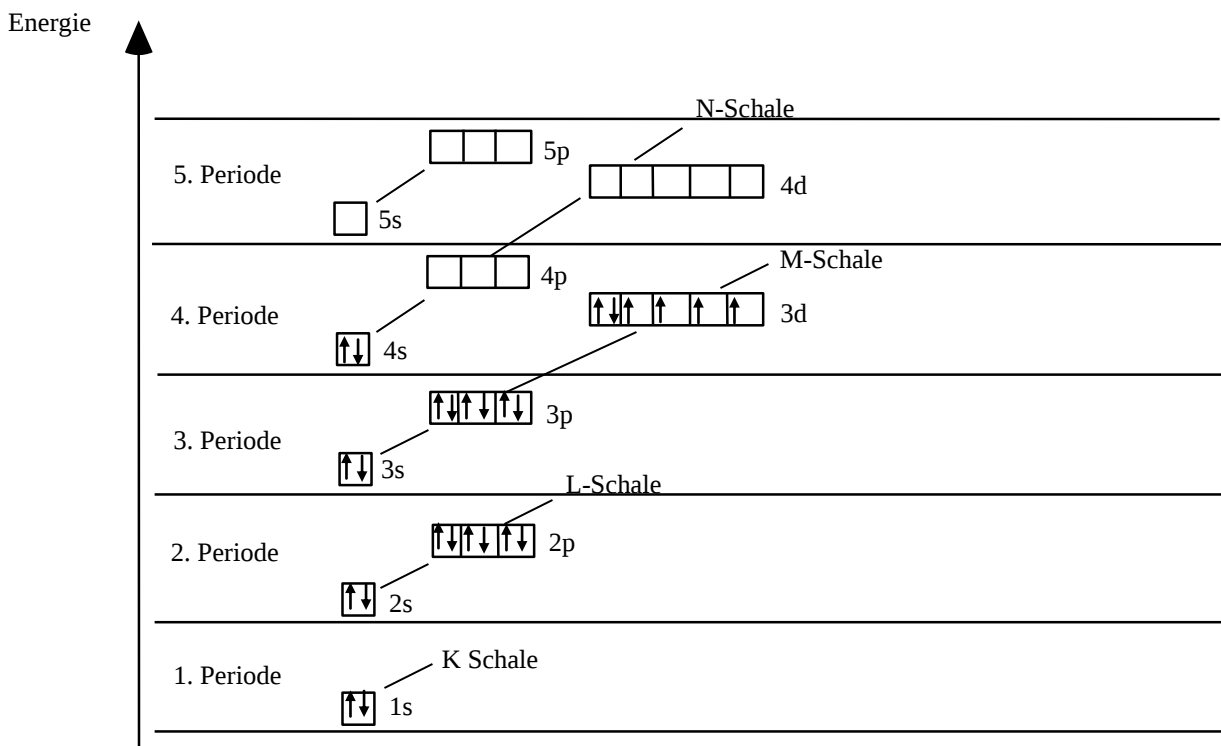
Vom 4. Hauptniveau an stehen **zusätzlich sieben** kompliziert geformte **f-Orbitale** zur Verfügung:

Kästchenschreibweise und Auffüllung der Orbitale

Die s-, p-, d- und f-Orbitale liegen innerhalb des jeweiligen **Hauptniveaus** jeweils auf dem gleichen **Unterniveau**. Vereinfacht stellt man die **Orbitale** als **Kästchen** dar und trägt die **Elektronen** als **Pfeile** gemäß ihrer Drehrichtung ein. Die Orbitale werden nach den folgenden Regeln durch Elektronen aufgefüllt :

1. Die Auffüllung der Schalen geschieht in Richtung **wachsender Energie**, also **von unten nach oben**.
2. Aufgrund der elektrischen Abstoßung erhält jedes Orbital eines Unterniveaus **zunächst nur ein Elektron**
3. Jedes Orbital kann **maximal zwei** Elektronen entgegen gesetzter Drehrichtung aufnehmen.

Beispiel Eisen $_{26}\text{Fe}$:



Perioden und Schalen

Da bei der Auffüllung der Orbitale z.B. die 4s-Orbitale vor den 3d-Orbitalen, die 5s-Orbitale vor den 4d-Orbitalen usw. aufgefüllt werden, **fallen die Perioden nicht mit den Schalen zusammen!**

Deutung des Verlaufs der Ionisierungsenergien mit dem Orbitalmodell

- Abfall Be-B: - Abschirmung des Kerns durch das voll besetzte 2s-Unterniveau
- Abfall N-O: - Abschirmung durch gleichmäßig halb besetztes 2p-Unterniveau.
- Abfall Mg-Al: - Abschirmung durch voll besetztes 3s-Unterniveau
- Abfall P-S - Abschirmung durch gleichmäßig halb besetztes 3p-Unterniveau.

Übungen: Aufgaben zum Atombau Nr. 12-14