

## 1.4. Aufgaben zum Atombau

### Aufgabe 1: Elementarteilchen

- Nenne die drei klassischen Elementarteilchen und vergleiche ihre Massen und Ladungen.
- Wie kann man Elektronen nachweisen?
- Warum sind Neutronenstrahlen viel gefährlicher als Elektronen- oder Protonenstrahlen?
- Warum bewegen sich Protonen und Neutronen in der Regel viel langsamer als Elektronen?

### Aufgabe 2: Unit und Mol

- Welche Masse haben 7 Mol Protonen?
- Wie viele Neutronen haben die Masse 10 g?
- Wie viele Elektronen haben die Masse 10 g?

### Aufgabe 3: Radioaktive Strahlung

- Nenne und charakterisiere die drei Arten radioaktiver Strahlung.
- Wie lassen sich die Strahlungsarten unterscheiden?
- Warum sind  $\gamma$ -Strahlen viel gefährlicher als  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen?

### Aufgabe 4: Streuversuch und Atommodell von Rutherford

- Aluminium hat die Ordnungszahl 13 und die Massenzahl 27. Welche drei Aussagen lassen sich daraus über das Element machen?
- Welche Masse haben 10 Kohlenstoffatome ( ${}^6\text{C}$ ) ?
- Welche Masse haben 5 mol Neonatome ( ${}_{10}\text{Ne}$ )?
- Welche Masse haben 10 000  $\alpha$ -Teilchen?
- Wie viele Atome sind durchschnittlich in 10 g Kupfer ( ${}_{29}\text{Cu}$ ) enthalten?
- Wie viele Neutronen enthält ein durchschnittliches Kupferatom ( ${}_{29}\text{Cu}$ ) ?
- Wie viel Protonen enthält ein Goldatom ( ${}_{79}\text{Au}$ ) ?
- Wie viele Elektronen sind durchschnittlich in 1 kg Eisen ( ${}_{26}\text{Fe}$ ) enthalten?
- Wie viel Neutronen enthalten 20 g Mangan ( ${}_{25}\text{Mn}$ ) im Durchschnitt ?

### Aufgabe 5: Isotope

Berechne die durchschnittliche Masse eines Atomes der folgenden Elemente:

- Neon: 90,92 %  ${}^{20}\text{Ne}$  + 0,26 %  ${}^{21}\text{Ne}$  + 8,82 %  ${}^{22}\text{Ne}$
- Lithium: 7,42 %  ${}^6\text{Li}$  + 92,58 %  ${}^7\text{Li}$
- Chlor: 75 %  ${}^{35}\text{Cl}$  + 25 %  ${}^{37}\text{Cl}$
- Blei: 1,4 %  ${}^{204}\text{Pb}$  + 24,1 %  ${}^{206}\text{Pb}$  + 22,1 %  ${}^{207}\text{Pb}$  + 52,4 %  ${}^{208}\text{Pb}$

### Aufgabe 6

In einem Raum befinden sich  $N(0) = 500$  Radon-222-Atome mit der Halbwertszeit  $T_{1/2} = 3,8$  d. Nach wie vielen Wochen sind sie alle zerfallen?

### Aufgabe 7: Spektrale Zerlegung und Wellenmodell des Lichtes

- Beschreibe den Zusammenhang zwischen Farbe, Wellenlänge und Energie des sichtbaren Lichtes.
- Nenne 5 Arten elektromagnetischer Strahlung und ordne sie nach Wellenlänge bzw. Energie.
- Beschreibe die Wirkung von drei Arten elektromagnetischer Strahlung auf den menschlichen Körper.

### Aufgabe 8: Linienspektren und Bohrsches Atommodell

Beschreibe den Aufbau zur Erzeugung des Linienspektrums von Natrium.

### Aufgabe 9: Linienspektren und Bohrsches Atommodell

Zeichne jeweils ein Schalenmodell mit drei möglichen Übergängen. Ordne die Übergänge den drei Farben zu.

- a)  ${}_1\text{H}$ : Blau, Grün, Gelb      b)  ${}_3\text{Li}$ : Orange, Orange-Rot, Rot.      c)  ${}_{11}\text{Na}$ : Gelb, Orange, Rot

### Aufgabe 10: Ionisierungsenergien

Zeichne jeweils ein Schalenmodell der beiden Atome und entscheide, welches von ihnen die höhere Ionisierungsenergie hat. Begründe Deine Entscheidung mit Hilfe der folgenden Regeln: Die elektrische Anziehung zweier Teilchen nimmt mit wachsender Ladung der Teilchen zu und mit wachsendem Abstand der Teilchen ab.

- a)  ${}_3\text{Li}$  und  ${}_4\text{Be}$       b)  ${}_3\text{Li}$  und  ${}_{11}\text{Na}$       c)  ${}_3\text{Li}$  und  ${}_9\text{F}$       d)  ${}_{10}\text{Ne}$  und  ${}_{11}\text{Na}$

### Aufgabe 11: Verlauf der Ionisierungsenergien und Grenzen des Bohrschen Modells

- Zeichne ein Schalenmodell des Argonatoms und des Kaliumatoms nach der  $2n^2$ -Regel.
- Welches Atom müsste nach dieser Darstellung die höhere Ionisierungsenergie besitzen?
- Wie müsste das Kaliumatom aussehen, wenn man den tatsächlichen Verlauf der Ionisierungsenergie von Argon nach Kalium berücksichtigt?
- Für welche Elemente gilt das Bohrsche Schalenmodell nicht mehr?

### Aufgabe 12: Orbitalmodell

Zeichne jeweils ein Kästchenschema und bezeichne alle besetzten Orbitale:

- Stickstoff  ${}_7\text{N}$  und Phosphor  ${}_{15}\text{P}$
- Natrium  ${}_{11}\text{Na}$ , Kalium  ${}_{19}\text{K}$  und Rubidium  ${}_{37}\text{Rb}$

### Aufgabe 13: Orbitalmodell

Begründe mit Hilfe des Kästchenschemas, wie viele Elektronen **mindestens** aufgenommen oder abgegeben werden müssen, um eine stabile Anordnung mit **vollbesetzten Unterniveaus** zu erhalten. Gib außerdem die Ladung des dabei entstehenden Ions an.

- a)  ${}_3\text{Li}$ ,  ${}_{11}\text{Na}$  und  ${}_{19}\text{K}$       c)  ${}_5\text{B}$  und  ${}_{13}\text{Al}$       e)  ${}_7\text{N}$  und  ${}_{15}\text{P}$       g)  ${}_{21}\text{Sc}$ ,  ${}_{24}\text{Cr}$  und  ${}_{25}\text{Mn}$   
b)  ${}_4\text{Be}$ ,  ${}_{12}\text{Mg}$  und  ${}_{20}\text{Ca}$       d)  ${}_6\text{C}$  und  ${}_{14}\text{Si}$       f)  ${}_8\text{O}$  und  ${}_{16}\text{S}$

### Aufgabe 14: Edelgasregel

Die Edelgase mit voll besetzten s- und p-Unterniveaus sind besonders stabil und haben in ihrer Periode jeweils die höchsten Ionisierungsenergien. Die übrigen Atome suchen durch Abgabe oder Aufnahme von Elektronen die Konfiguration des nächstgelegenen Edelgases zu erreichen. Ist die Zahl der aufzunehmenden oder abzugebenden Elektronen zu groß, so begnügen sie sich mit halb- oder voll besetzten s- oder p- oder d-Unterniveaus, um eine möglichst **gleichmäßige** und **stabile** Verteilung der Elektronen zu erreichen. Erkläre mit Hilfe eines Kästchenschemas, warum

- Zinn  ${}_{50}\text{Sn}$  die Ionen  $\text{Sn}^{2+}$  und  $\text{Sn}^{4+}$ , aber weder  $\text{Sn}^+$  noch  $\text{Sn}^{3+}$  bildet.
- Antimon  ${}_{51}\text{Sb}$  die Ionen  $\text{Sb}^{3+}$  und  $\text{Sb}^{5+}$ , aber weder  $\text{Sb}^{2+}$  noch  $\text{Sb}^{4+}$  bildet.
- Zink  ${}_{30}\text{Zn}$  ausschließlich das Ion  $\text{Zn}^{2+}$  bildet.
- Silber  ${}_{47}\text{Ag}$  ausschließlich das Ion  $\text{Ag}^+$  bildet.
- Eisen  ${}_{26}\text{Fe}$  sowohl das stabile  $\text{Fe}^{3+}$ -Ion als auch das für die Atmung wichtige aber weniger stabile  $\text{Fe}^{2+}$ -Ion bildet.

## 1.4. Lösungen zu den Aufgaben zum Atombau

### Aufgabe 1: Elementarteilchen

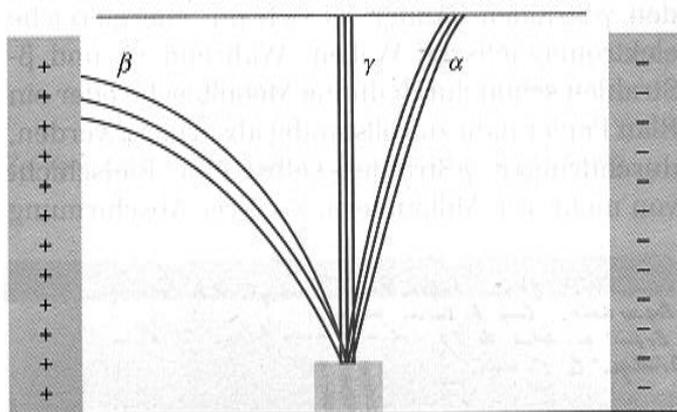
- Protonen haben eine Masse von 1 u und besitzen eine positive Elementarladung  
Neutronen haben eine Masse von 1 u und sind ungeladen  
Elektronen haben eine Masse von  $1/2000$  u und besitzen eine negative Elementarladung
- Ein negativ aufgeladener Glühdraht sendet Elektronen aus, die im Vakuum eine große Reichweite haben und durch positiv bzw. negativ geladene Metallplatten auf einen Schirm gelenkt werden können, dessen Beschichtung aus z.B. Zinksulfid beim Auftreffen der Elektronen leuchtet.
- Sie haben keine Ladung und können Materie fast ungehindert durchdringen, da sie durch die anderen geladenen Elementarteilchen in der Materie nur bei direktem Aufprall abgelenkt werden
- Sie haben eine viel größere Masse.

### Aufgabe 2: Unit und Mol

- 7 u
- 10 mol
- 20 000 mol

### Aufgabe 3: Radioaktive Strahlung

- $\alpha$ -Strahlung besteht aus  $\text{He}^{2+}$ -Ionen bzw. -Atomkernen mit jeweils 2 Protonen und 2 Neutronen. Sie wird bereits durch ein Blatt Papier aufgehalten.  
 $\beta$ -Strahlung besteht aus schnellen Elektronen und kann z.B. durch ein Buch abgeschirmt werden.  
 $\gamma$ -Strahlung besteht aus sehr energiereichen Röntgenstrahlen und zum Schutz sind 2 m Beton oder dicke Bleibleche notwendig.
- Man stellt auf beiden Seiten der Strahlung positiv bzw. negativ geladene Ablenkplatten auf. Die positiv geladenen  $\alpha$ -Strahlen werden zur negativen Platte abgelenkt und die negativ geladenen  $\beta$ -Strahlen zur positiven geladenen Platte. Die ungeladenen  $\gamma$ -Strahlen werden nicht abgelenkt. (siehe rechts)
- Sie lassen sich durch elektrische Ladungen nicht ablenken und durchdringen Materie nahezu ungehindert.



### Aufgabe 4: Streuversuch und Atommodell von Rutherford

- Ein Al-Atom besteht aus 13 Elektronen, 13 Protonen und  $27 - 13 = 14$  Neutronen. Ein Al-Atom hat eine Masse von 27 u. Ein Mol Al-Atome haben eine Masse von 27 g.
- 10 C-Atome haben eine Masse von  $10 \cdot 12 \text{ u} = 120 \text{ u}$ .
- 5 mol Ne-Atome haben eine Masse von  $5 \cdot 20 \text{ g} = 100 \text{ g}$ .
- 1 Ein  $\alpha$ -Teilchen besteht aus einem  $\text{He}^{2+}$ -Ion mit jeweils 2 Protonen und 2 Neutronen. Es hat also eine Masse von 4 u.  
10 000  $\alpha$ -Teilchen haben also eine Masse von  $10\,000 \cdot 4 \text{ u} = 40\,000 \text{ u}$ .
- 63,5 g Cu enthalten 1 mol Atome  $\quad \quad \quad | : 63,5$   
1 g Cu enthält  $\frac{1}{63,5}$  mol Atome  $\quad \quad \quad | \cdot 10$   
10 g Kupfer enthalten durchschnittlich  $\frac{10}{63,5} \text{ mol} \approx 0,157 \text{ mol Cu-Atome}$
- Ein Kupferatom besitzt durchschnittlich  $63,5 - 29 = 34,5$  Neutronen
- Ein Goldatom besitzt 79 Protonen, 79 Elektronen und  $197 - 79 = 118$  Neutronen
- 56 g Fe enthalten 1 mol Atome und 26 mol Elektronen  $\quad \quad \quad | : 56$   
1 g Fe enthalten  $\frac{1}{56}$  mol Atome und  $\frac{26}{56}$  mol Elektronen  $\quad \quad \quad | \cdot 1000$   
1000 g Fe enthalten  $\frac{1000}{56} \text{ mol} \approx 17,9 \text{ mol Atome}$  mit  $\frac{26000}{56} \approx 465,9 \text{ mol Elektronen}$
- 55 g Mn enthalten 1 mol Atome und  $55 - 25 = 30$  mol Neutronen  $\quad \quad \quad | : 56$   
1 g Mn enthalten  $\frac{1}{55}$  Mol Atome und  $\frac{30}{55}$  Mol Neutronen  $\quad \quad \quad | \cdot 20$   
20 g Mangan enthalten  $\frac{20}{55}$  Mol Atome und  $\frac{20 \cdot 30}{55} \text{ Mol} \approx 10,9 \text{ mol Neutronen}$

### Aufgabe 5: Isotope

- a) Neon:  $0,9092 \cdot 20 \text{ u} + 0,0026 \cdot 21 \text{ u} + 0,0882 \cdot 22 \text{ u} = 20,18 \text{ u}$   
 b) Lithium:  $0,00742 \cdot 6 \text{ u} + 0,9258 \cdot 7 \text{ u} = 6,94 \text{ u}$   
 c) Chlor:  $0,75 \cdot 35 \text{ u} + 0,25 \cdot 37 \text{ u} = 35,5 \text{ u}$   
 d) Blei:  $0,014 \cdot 204 \text{ u} + 0,241 \cdot 206 \text{ u} + 0,221 \cdot 207 \text{ u} + 0,524 \cdot 208 \text{ u} = 207,2 \text{ u}$

### Aufgabe 6

|      |     |     |     |      |       |         |         |         |         |         |
|------|-----|-----|-----|------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| t/d  | 0   | 3,8 | 7,6 | 11,4 | 15,2  | 19      | 22,8    | 26,6    | 30,4    | 34,2    |
| N(t) | 500 | 250 | 125 | 62,5 | 31,25 | 15,6125 | 7,80625 | 3,90... | 1,95... | 0,98... |

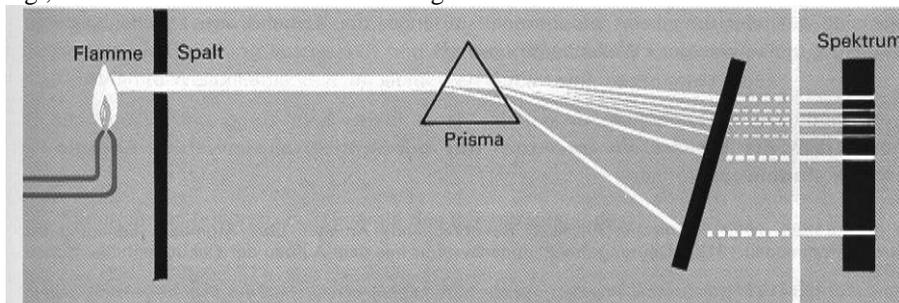
Nach  $t = 34,2 \text{ d}$  bzw. nach knapp 5 Wochen ist weniger als eines übrig, d.h., sie sind alle zerfallen.

### Aufgabe 7: Spektrale Zerlegung und Wellenmodell des Lichtes

- a) In der Reihe der Regenbogenfarben Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau steigen Frequenz und Energiegehalt und die Wellenlänge nimmt ab.  
 b) In der Reihe Radiowellen, Wärmestrahlung, sichtbares Licht, UV-Strahlung und Röntgenstrahlung nehmen die Wellenlänge ab und der Energiegehalt zu.  
 c) Röntgenstrahlung schädigt Zellen und insbesondere Zellkerne tief im Gewebe und erzeugt Krebs. UV-Strahlung schädigt Zellen nur an der Oberfläche und erzeugt Sonnenbrand und schließlich Hautkrebs. IR-Strahlung erhöht nur die Teilchenbewegung und erzeugt Wärme.

### Aufgabe 8: Linienspektren und Bohrsches Atommodell

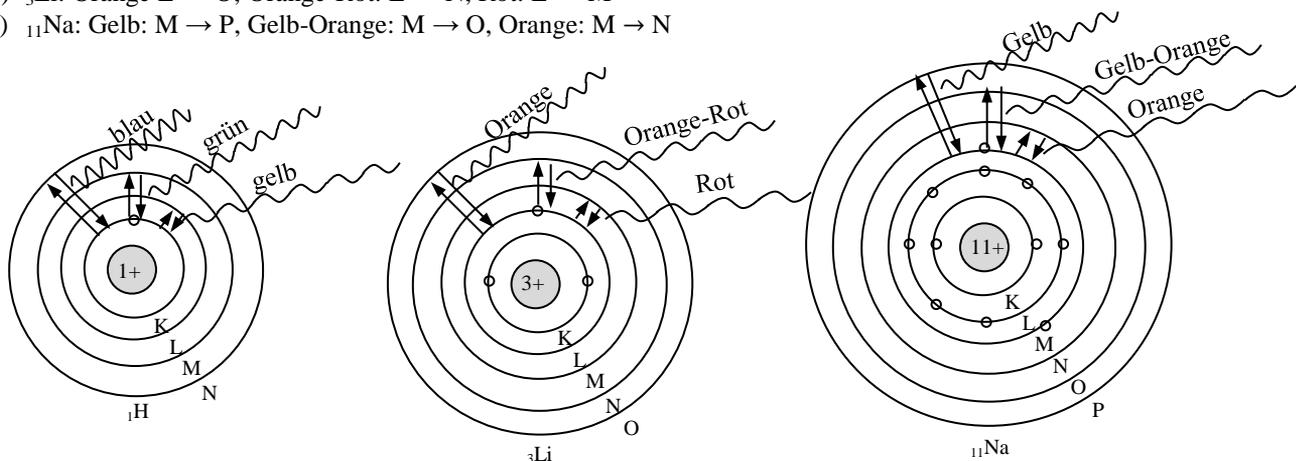
Das Licht heißen Natriumdampfes wird über eine Blende und eine Linse auf ein Prisma geleitet, das es in seine verschiedenen Farbkomponenten zerlegt, welche auf einem Schirm sichtbar gemacht werden:



### Aufgabe 9: Linienspektren und Bohrsches Atommodell

mögliche Übergänge:

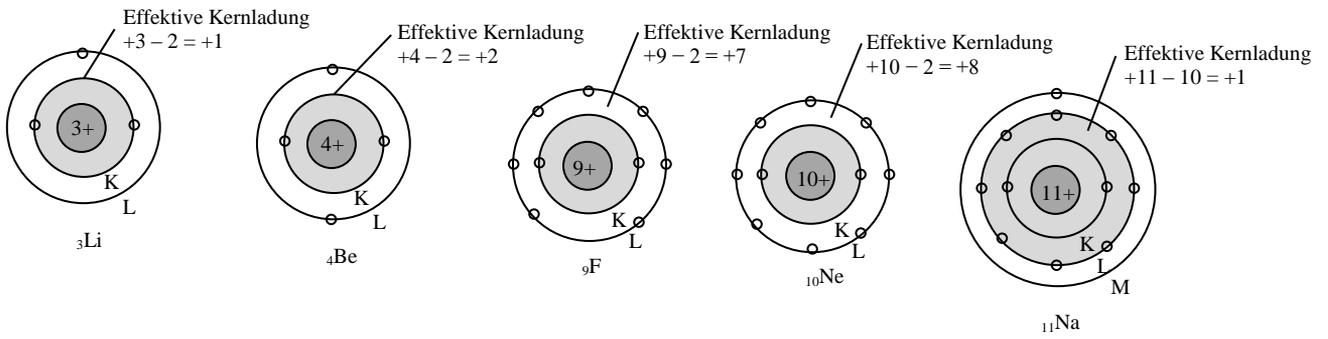
- a)  ${}^1_1\text{H}$ : Blau:  $K \rightarrow M$ , Grün:  $K \rightarrow L$ , Gelb:  $K \rightarrow N$   
 b)  ${}^3_3\text{Li}$ : Orange  $L \rightarrow O$ , Orange-Rot:  $L \rightarrow N$ , Rot:  $L \rightarrow M$   
 c)  ${}^{11}_{11}\text{Na}$ : Gelb:  $M \rightarrow P$ , Gelb-Orange:  $M \rightarrow O$ , Orange:  $M \rightarrow N$



### Aufgabe 10: Ionisierungsenergien

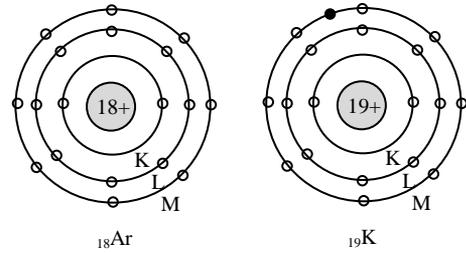
Die inneren Elektronen schirmen einen ihrer Ladung entsprechenden Teil der Kernladung ab. Auf die Außenelektronen wirkt nur noch die **effektive Kernladung** = Protonenzahl – Zahl der inneren Elektronen

- a)  ${}^3_3\text{Li} < {}^4_4\text{Be}$  wegen höherer effektiver Kernladung + 2 und gleichem Kernabstand in Be  
 b)  ${}^3_3\text{Li} > {}^{11}_{11}\text{Na}$  wegen größerem Abstand und gleicher effektiver Kernladung + 1 in Na  
 c)  ${}^3_3\text{Li} < {}^9_9\text{F}$  wegen höherer effektiver Kernladung + 7 und gleichem Kernabstand in F  
 d)  ${}^{10}_{10}\text{Ne} > {}^{11}_{11}\text{Na}$  wegen größerem Abstand und höherer effektiver Kernladung + 8 in Ne



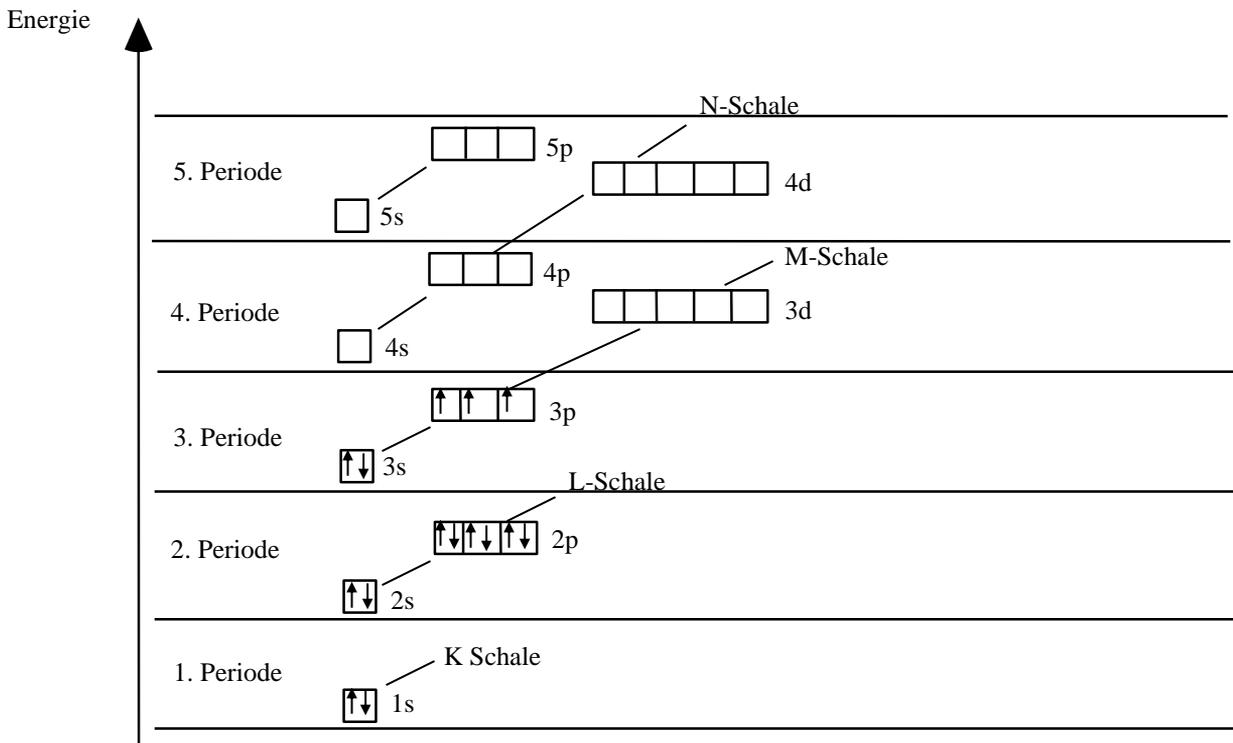
**Aufgabe 11: Verlauf der Ionisierungsenergien und Grenzen des Bohrschen Modells**

Das Kaliumatom  ${}_{19}\text{K}$  hat eine viel kleiner Ionisierungsenergie als Argon  ${}_{18}\text{Ar}$ , was darauf schließen lässt, dass sich die effektive Kernladung vermindert und der Kernabstand vergrößert hat. Das 19. Elektron (schwarz markiert) muss also schon auf der N-Schale ( $n = 4$ ) liegen, obwohl die M-Schale ( $n = 3$ ) mit 8 Elektronen noch lange nicht voll besetzt ist. Nach Bohr kann sie nämlich  $2n^2 = 18$  Elektronen aufnehmen. Das Bohr-Modell gilt also nur für die ersten 18 Elemente

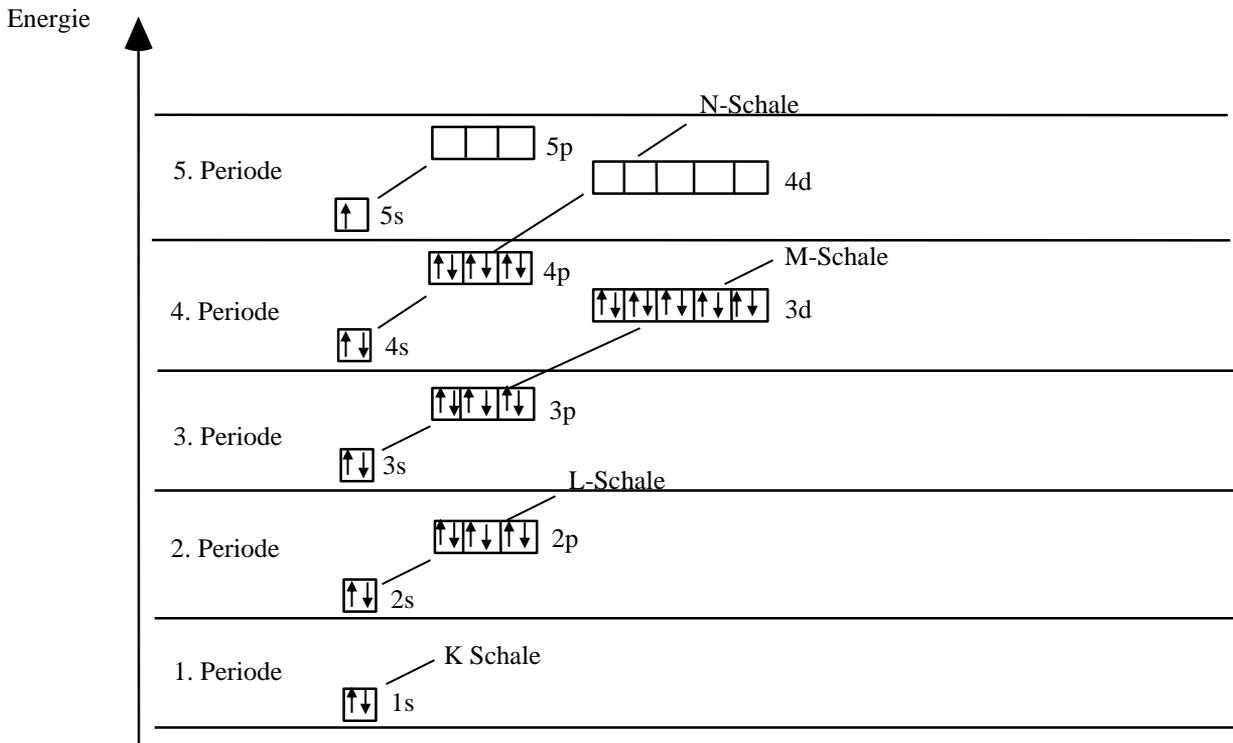


**Aufgabe 12: Orbitalmodell**

Beispiel Phosphor  ${}_{15}\text{P}$ :

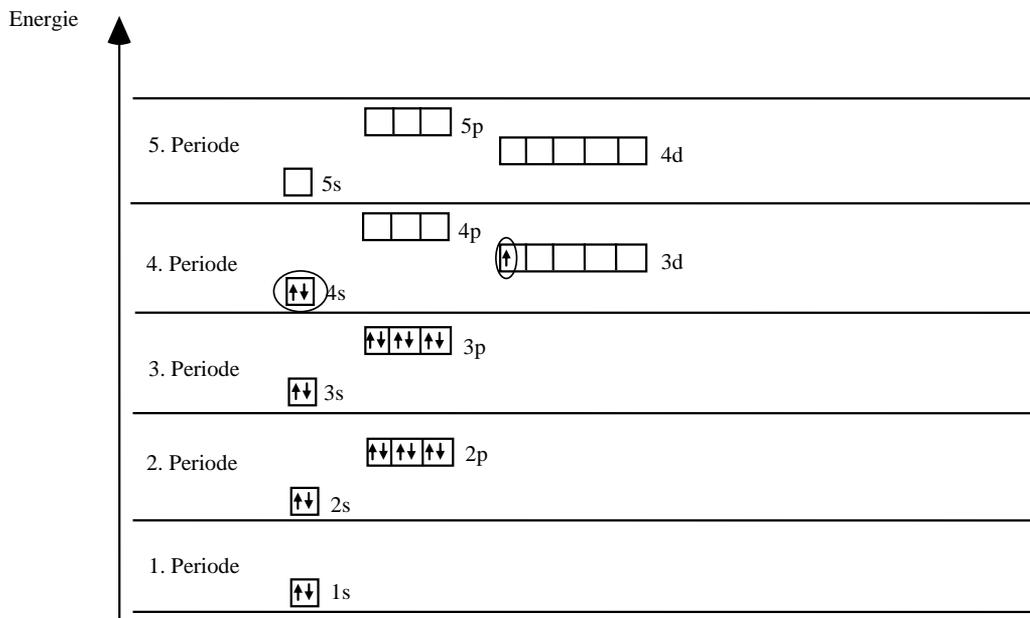


Beispiel Rubidium  $_{37}\text{Rb}$ :

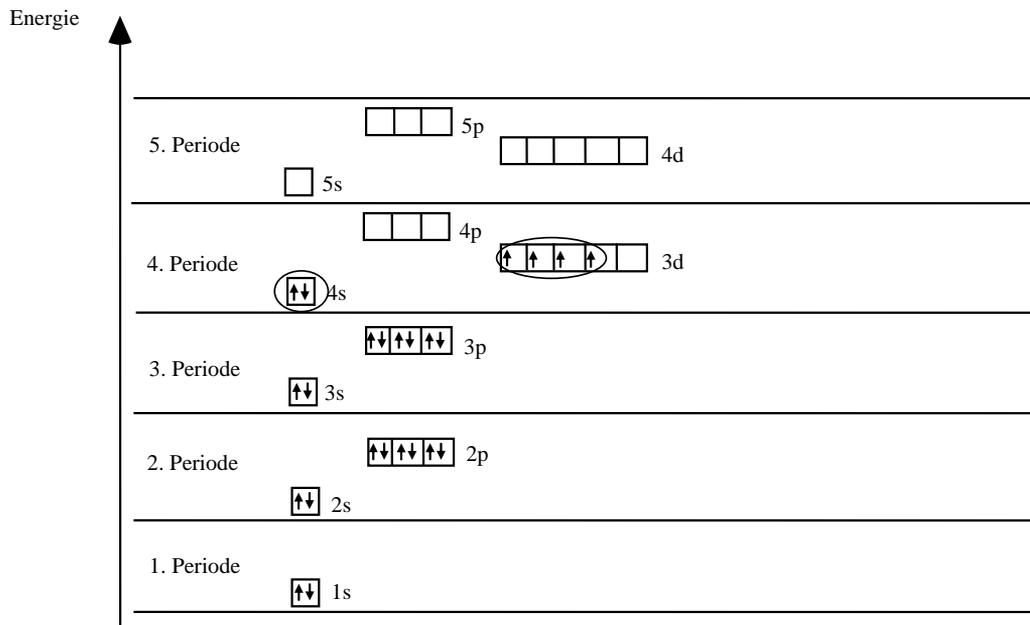


**Aufgabe 13: Orbitalmodell**

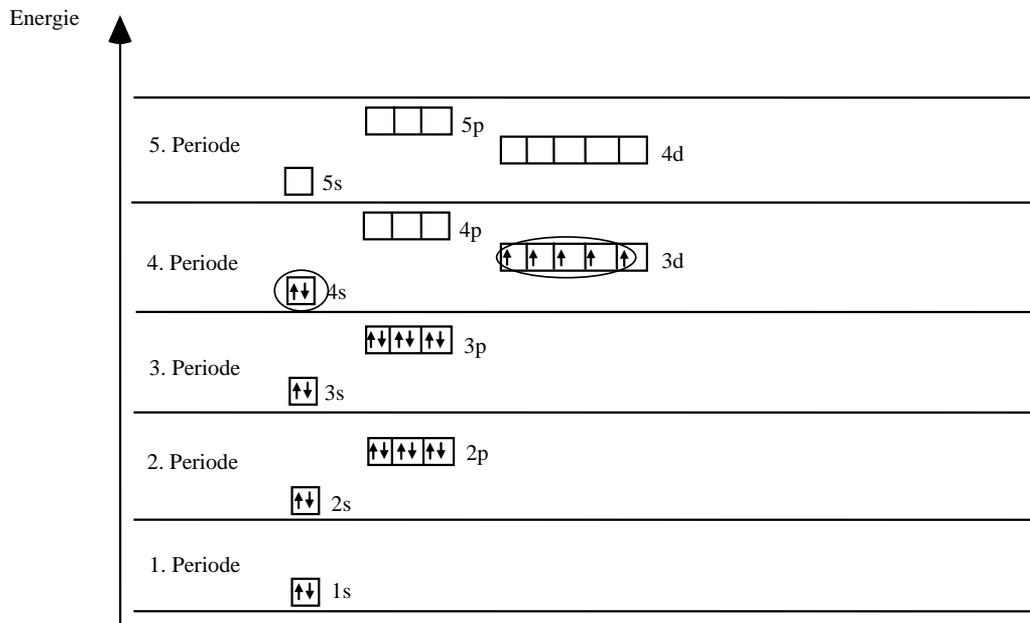
- $_{3}\text{Li}^+$ : Hauptniveau 1 vollständig besetzt; Edelgaskonfiguration des  $_{2}\text{He}$ .
- $_{11}\text{Na}^+$ : Hauptniveau 2 vollständig besetzt; Edelgaskonfiguration des  $_{10}\text{Ne}$
- $_{19}\text{K}^+$ : Unterniveaux 3s und 3 p vollständig besetzt. Edelgaskonfiguration des  $_{18}\text{Ar}$
- $_{4}\text{Be}^{2+}$ : Hauptniveau 1 vollständig besetzt; Edelgaskonfiguration des  $_{2}\text{He}$
- $_{12}\text{Mg}^{2+}$ : Hauptniveau 2 vollständig besetzt; Edelgaskonfiguration des  $_{10}\text{Ne}$
- $_{20}\text{Ca}^{2+}$ : Unterniveaux 3s und 3 p vollständig besetzt. Edelgaskonfiguration des  $_{18}\text{Ar}$
- $_{5}\text{B}^{3+}$ : Hauptniveau 1 vollständig besetzt; Edelgaskonfiguration des  $_{2}\text{He}$
- $_{13}\text{Al}^{3+}$ : Hauptniveau 2 vollständig besetzt; Edelgaskonfiguration des  $_{10}\text{Ne}$
- $_{6}\text{C}^{4+}$ : Hauptniveau 1 vollständig besetzt; Edelgaskonfiguration des  $_{2}\text{He}$
- $_{6}\text{C}^{-4}$ : Hauptniveau 2 vollständig besetzt; Edelgaskonfiguration des  $_{10}\text{Ne}$
- $_{14}\text{Si}^{4+}$ : Hauptniveau 2 vollständig besetzt; Edelgaskonfiguration des  $_{10}\text{Ne}$
- $_{14}\text{Si}^{-4}$ : Unterniveaux 3s und 3 p vollständig besetzt. Edelgaskonfiguration des  $_{18}\text{Ar}$
- $_{7}\text{N}^{3-}$ : Hauptniveau 2 vollständig besetzt; Edelgaskonfiguration des  $_{10}\text{Ne}$
- $_{15}\text{P}^{3-}$ : Unterniveaux 3s und 3 p vollständig besetzt. Edelgaskonfiguration des  $_{18}\text{Ar}$
- $_{6}\text{O}^{2-}$ : Hauptniveau 2 vollständig besetzt; Edelgaskonfiguration des  $_{10}\text{Ne}$
- $_{16}\text{S}^{2-}$ : Unterniveaux 3s und 3 p vollständig besetzt. Edelgaskonfiguration des  $_{18}\text{Ar}$
- $_{21}\text{Sc}^+$ : Unterniveaux 3s, 3 p und 4s vollständig besetzt oder  $_{21}\text{Sc}^{3+}$ : Edelgaskonfiguration des  $_{18}\text{Ar}$ :



${}_{24}\text{Cr}^{4+}$ : Unterniveaux 3s, 3 p und 4s vollständig besetzt oder  ${}_{24}\text{Cr}^{6+}$ : Edelgaskonfiguration des  ${}_{18}\text{Ar}$



${}_{25}\text{Mn}^{5+}$ : Unterniveaux 3s, 3 p und 4s vollständig besetzt oder  ${}_{25}\text{Mn}^{7+}$ : Edelgaskonfiguration des  ${}_{18}\text{Ar}$



#### Aufgabe 14: Edelgasregel

- $\text{Sn}^{2+}$ : 5s Unterniveau voll besetzt,  $\text{Sn}^{4+}$ : 4 Hauptniveau voll besetzt
- $\text{Sb}^{3+}$ : 5s Unterniveau voll besetzt,  $\text{Sb}^{5+}$ : 4 Hauptniveau voll besetzt
- $\text{Zn}^{2+}$ : 3d-Unterniveau voll besetzt
- $\text{Ag}^+$ : 4d-Unterniveau voll besetzt
- $\text{Fe}^{3+}$ : 3d-Unterniveau halb besetzt, 4s leer,  $\text{Fe}^{2+}$ : 3d halb besetzt und 4s halb besetzt