

### Lösungen III.1

- wenn man für die Atomgröße  $10^{-10}$  m und für die Kerngröße  $10^{-15}$  m annimmt, ergibt sich:
  - 16 000 km (also größer als die Erde!) bzw.  $0,4 \mu\text{m}$ , also ist der Kern nicht sichtbar
  - der gezeigte Würfel hat das Volumen  $a^3 = 1,76 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$ , in einem Würfel der Kantenlänge  $1 \text{ mm}^3$  befinden sich also  $5,69 \cdot 10^{19}$  solcher Würfel  
zu jedem Würfel gehören 8 Atome (Vorsicht: die Atome an den Ecken, Kanten und in den Flächen gehören jeweils teilweise schon zu benachbarten Würfeln!), also sind es insgesamt  $4,56 \cdot 10^{20}$  Atome; Faktor:  $5 \cdot 10^{10}$
- 0,1 bis 0,2 nm bzw. 0,4 bis 0,6 nm
- Silizium; von innen nach außen: 2 bzw. 8 bzw. 4 Elektronen auf den Schalen
- a) 2, 8, 8, 18                      b)  $\text{Ru}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Se}^{2-}$ , ...
- $\text{F}^-$ ,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , ...

#### Kernaufbau:

- ${}^1_1\text{H}$ : 1, 0, 1;     ${}^2_1\text{H}$ : 1, 1, 1;     ${}^3_1\text{H}$ : 1, 2, 1;     ${}^{12}_6\text{C}$ : 6, 6, 6;     ${}^{13}_6\text{C}$ : 6, 7, 6     ${}^{14}_6\text{C}$ : 6, 8, 6     ${}^{16}_8\text{O}$ : 8, 8, 8  
 ${}^{23}_{11}\text{Na}$ : 11, 12, 11     ${}^{27}_{13}\text{Al}$ : 13, 14, 13     ${}^{31}_{15}\text{P}$ : 15, 16, 15     ${}^{32}_{16}\text{S}$ : 16, 16, 16     ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ : 20, 20, 20  
 ${}^{235}_{92}\text{U}$ : 92, 143, 92     ${}^{238}_{92}\text{U}$ : 92, 146, 92

- Te:  $m = 127,60 \text{ u}$ ; I:  $m = 126,9 \text{ u}$   
I hat nur ein stabiles Isotop: I127; Te hat auch schwerere Isotope: Te128, Te130 (also mehr Neutronen!)
- a) 35,5 u    b) 24,325 u                                      4.  ${}^{15}_7\text{N}$ ;  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ ;  ${}^{234}_{92}\text{U}$

### Lösungen III.2

1.

Element	Helium	Lithium	Kohlenstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Fluor	Neon	Natrium	Chlor	Argon
Ordnungszahl	2	3	6	7	8	9	10	11	17	18
Valenzelektronen	2	1	4	5	6	7	8	1	7	8

2. Gruppennummer: chemisches Verhalten, Anzahl Valenzelektronen

Periodennummer = Anzahl gefüllter Schalen + 1

also: 2 Valenzelektronen, 3 gefüllte Schalen

3. (angegeben sind die Ionen, die in der Natur am häufigsten vorkommen; es gibt es auch noch andere!)

N: 2,5            F: 2, 7            Mg: 2, 8, 2            P: 2, 8, 5            S: 2, 8, 6

K: 2, 8, 8, 1            Ca: 2, 8, 8, 2            Br: 2, 8, 8, 17

$\text{Mg}^{2+}$ : 2, 8             $\text{K}^+$ : 2, 8, 8             $\text{Ca}^{2+}$ : 2, 8, 8

$\text{N}^{3-}$ : 2,8             $\text{F}^-$ : 2, 8             $\text{P}^{3-}$ : 2, 8, 8             $\text{S}^{2-}$ : 2, 8, 8             $\text{Br}^-$ : 2, 8, 8, 18

4. im Allgemeinen wird gelten (aber nicht immer!):

Dichte, Reaktionsfähigkeit, Schmelz- und Siedetemperatur nehmen alle zu

### Lösungen III.3

1. O<sub>2</sub>, ClF: Atombindung; NaCl, LiF: Ionenbindung; CuSn und Na: Metallbindung

2. nur d und f (beides Verbindungen aus Metall und Nichtmetall)

3. a) Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>      b) Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>      c) Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>      d) Na<sup>+</sup>, S<sup>2-</sup>      e) Al<sup>3+</sup>, Cl<sup>-</sup>

4. a) Fe<sup>3+</sup>, O<sup>2-</sup>      b) Ag<sup>+</sup>, S<sup>2-</sup>      c) Cu<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>      d) Ti<sup>4+</sup>, O<sup>2-</sup>

5. a) LiCl      b) KBr      c) CaCl<sub>2</sub>      d) AlF<sub>3</sub>      e) MgI<sub>2</sub>      f) Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>

g) MgS      h) Na<sub>2</sub>S      i) Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>

6.

Elementepaar	Kation	Anion	Formel	Name	Anwendung
<b>Na, Cl</b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>NaCl</b>	<b>Natriumchlorid</b>	<b>Kochsalz</b>
Ga, As	Ga <sup>3+</sup>	As <sup>3-</sup>	GaAs	<b>Galliumarsenid</b>	LED
<b>Ca, Cl</b>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CaCl <sub>2</sub>	Calciumchlorid	Geschmacksverstär. E 509
K, O	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>O<sup>2-</sup></b>	K <sub>2</sub> O	Kaliumoxid	Düngemittel
<b>Mg, N</b>	Mg <sup>2+</sup>	N <sup>3-</sup>	Mg <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	Magnesiumnitrid	(Ammoniaksynthese)
<b>Al, O</b>	Al <sup>3+</sup>	O <sup>2-</sup>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aluminiumoxid	Keramik
Al, Cl	Al <sup>3+</sup>	Cl <sup>-</sup>	AlCl <sub>3</sub>	<b>Aluminiumchlorid</b>	Schweißhemmer
<b>Li, N</b>	Li <sup>+</sup>	N <sup>3-</sup>	Li <sub>3</sub> N	Lithiumnitrid	(Legierung)
Ca, O	Ca <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>	CaO	Calciumoxid	<b>Gebannter Kalk</b>
B, N	B <sup>3+</sup>	N <sup>3-</sup>	BN	<b>Bornitrid</b>	Make-Up, zweithärtestes M.
<b>Sn, O</b>	Sn <sup>4+</sup>	O <sup>2-</sup>	SnO <sub>2</sub>	Zinn(IV)oxid	(Trübungsmittel) Milchglas
<b>Mg, O</b>	Mg <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>	MgO	Magnesiumoxid	Trennmittel E 530, Kreide
Fe, O	Fe <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>	FeO	<b>Eisen(II)oxid</b>	Rost
Fe, O	Fe <sup>3+</sup>	O <sup>2-</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>Eisen(III)oxid</b>	Rost (rotbraune Farbe)
Cu, O	Cu <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>	CuO	<b>Kupfer(II)oxid</b>	Tenorit (Mineral), Supraleit.

7.  
frei beweglichen Elektronen; positiv; Elektronengas; Aluminium; freie Beweglichkeit der Elektronen; Stöße mit den stärker schwingenden Atomrümpfen; Schwingungen / Bewegungsenergie; elektrische Anziehung

8. Metallbindungen sind biegsam, weil sich die Elektronen bei einer Verschiebung der Atomrümpfe mitbewegen → elektrische Anziehung bleibt erhalten. Ionenbindungen sind spröde, weil bei einer Verschiebung der Ionen sich jeweils gleiche Ladungen nahe kommen → elektrische Abstoßung.

9.

	H	C	O	Cl
H	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	HCl
	$\text{H} - \text{H}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \bar{\text{O}} - \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\text{H} - \bar{\text{Cl}}$
	Wasserstoff(gas)	Methan	Wasser	Salzsäure
C		C	CO <sub>2</sub>	CCl <sub>4</sub>
		$\begin{array}{ccc}   &   &   \\ -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} \\   &   &   \\ -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} \\   &   &   \\ -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} \end{array}$	$\bar{\text{O}} = \text{C} = \bar{\text{O}}$	$\begin{array}{c}   \bar{\text{Cl}}   \\   \\ \bar{\text{Cl}} - \text{C} - \bar{\text{C}} \\   \\   \bar{\text{Cl}}   \end{array}$
		Kohlenstoff	Kohlendioxid	Tetrachlormethan
O			O <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub> O
			$\bar{\text{O}} = \bar{\text{O}}$	$\begin{array}{c}   \bar{\text{O}} - \bar{\text{Cl}} \\   \\   \bar{\text{Cl}}   \end{array}$
			Sauerstoff(gas)	Dichloroxid
Cl				Cl <sub>2</sub>
				$\bar{\text{Cl}} - \bar{\text{Cl}}$
				Chlor(gas)

### Elektronegativität:

1. Edelgase gehen praktisch keine Bindungen ein, also kann man bei diesen nicht davon reden, wie stark ihre Atomkerne die bindenden Elektronen anziehen. Die Alkalimetalle können mit dem Sauerstoff in der Luft reagieren; die Differenz der Elektronegativitäten ist dabei in allen Fällen größer als 1,7 – also entstehen Salze.
2. Na und Al stehen in der 3. Periode, C, N, O in der 2. Periode. Na- und Al-Atome sind also größer als C-, N-, O-Atome, die bindenden Elektronen befinden sich also weiter von den Atomkernen entfernt, werden also schwächer angezogen, also ist die Elektronegativität kleiner. Al steht im Periodensystem in derselben Periode weiter rechts als Na, also ist die Kernladung von Al größer als die von Na, also werden die bindenden Elektronen in Al-Atomen stärker angezogen, also ist die Elektronegativität von Al größer als die von Na. Dasselbe gilt für C,N,O. Die Reihenfolge ist also: Na, Al, C, N, O.
3. (a) 0 → (unpolare) Atombindung; H<sub>2</sub>  
(b) 0,35 → (polare) Atombindung; CH<sub>4</sub>  
(c) 0,84 → (polare) Atombindung; NH<sub>3</sub>  
(d) 1,24 → (polare) Atombindung; H<sub>2</sub>O  
(e) 2,13 → Ionenbindung; MgO  
(f) 0,96 → (polare) Atombindung; HCl  
(g) 0,38 → (polare) Atombindung; H<sub>2</sub>S  
(h) 1,43 → (polare) Atombindung; CF<sub>4</sub>  
(i) 3,00 → Ionenbindung; LiF
4. N<sub>2</sub>: kein Dipol (unpolare Bindung); CH<sub>4</sub>: kein Dipol (vier polare Bindungen; die vier Dipolmomente sind gleich groß, aber jeweils zwei sind entgegengesetzt gerichtet → addieren sich vektoriell zu null); NH<sub>3</sub>: Dipol (drei polare Bindungen, Dipolmomente jeweils gleich groß, nur zwei davon entgegengesetzt gerichtet → addieren sich nicht zu null).

### Lösungen III.4

1.  
a)  $4 \text{ P} + 5 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ P}_2\text{O}_5$       b)  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$       c)  $2 \text{ NCl}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3 \text{ Cl}_2$   
d)  $\text{O}_2 + 2 \text{ H}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$       e)  $\text{S} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S}$       f)  $\text{N}_2 + 3 \text{ H}_2 \rightarrow 2 \text{ NH}_3$   
g)  $2 \text{ P} + 3 \text{ Br}_2 \rightarrow 2 \text{ PBr}_3$       h)  $\text{C} + 2 \text{ H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$       i)  $\text{Mg} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{MgCl}_2$   
j)  $2 \text{ Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{ NaCl}$       k)  $2 \text{ Al} + 3 \text{ Br}_2 \rightarrow 2 \text{ AlBr}_3$       l)  $\text{Si} + 2 \text{ F}_2 \rightarrow \text{SiF}_4$   
m)  $4 \text{ P} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_6$       n)  $\text{N}_2 + 3 \text{ Cl}_2 \rightarrow 2 \text{ NCl}_3$

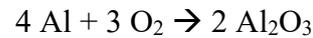
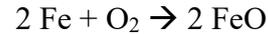
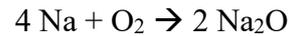
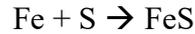
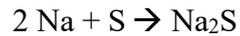
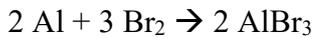
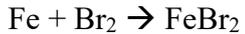
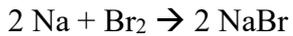
2.  
a)  $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{ O}_2 \rightarrow 3 \text{ CO}_2 + 4 \text{ H}_2\text{O}$   
b)  $2 \text{ C}_4\text{H}_{10} + 13 \text{ O}_2 \rightarrow 8 \text{ CO}_2 + 10 \text{ H}_2\text{O}$   
c)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 \rightarrow 6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$

3.  
 $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + 1 \text{ e}^-$ ;  $\text{H}_2\text{O} + 1 \text{ e}^- \rightarrow \text{H} + \text{OH}^-$ ;  $2 \text{ Na} + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ NaOH} + \text{H}_2$   
 $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + 1 \text{ e}^-$ ;  $\text{HCl} + 1 \text{ e}^- \rightarrow \text{H} + \text{Cl}^-$ ;  $2 \text{ Na} + 2 \text{ HCl} \rightarrow 2 \text{ NaCl} + \text{H}_2$

4.  
 $2 \text{ Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ Fe(II)O}$  bzw.  $2 \text{ Fe} + 2 \text{ H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ Fe(II)(OH)}_2$   
 $4 \text{ Fe} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ Fe}_2\text{(III)O}_3$  bzw.  $4 \text{ Fe} + 6 \text{ H}_2\text{O} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ Fe(III)(OH)}_3$

5. 1 ml Sauerstoff bleibt übrig

6.



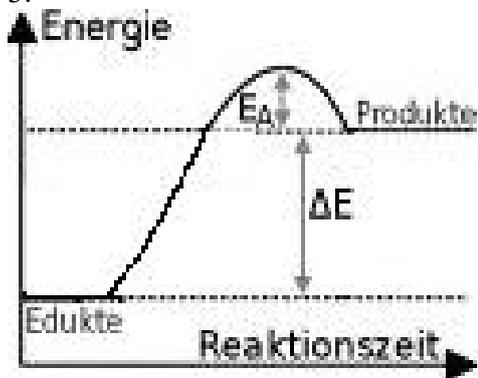
### Lösungen III.5

1. exotherm: z. B. Kamin-/Lagerfeuer, Kerze, Gasherd, ...

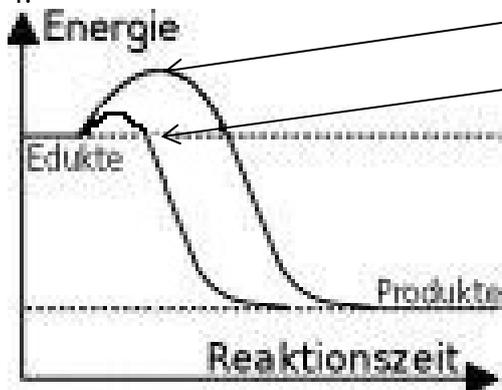
endotherm: z. B. Eier kochen, Fleisch anbraten, Verdunstungskühle (Wasser, Schweiß, ...)

2. Wenn die Reaktion an der einen Stelle anfängt, wird Energie frei; diese liefert Aktivierungsenergie für die Stellen daneben ==> Reaktion fängt auch dort an usw.

3.



4.



ohne Katalysator

mit Katalysator:  
kleinere Aktivierungsenergie. schneller

5.

1 Molekül Methan hat eine Masse von 16 u ( $12 + 4 \cdot 1$ ) =  $2,66 \cdot 10^{-26}$  kg

in 1 kg gibt es also  $3,76 \cdot 10^{25}$  Moleküle Methan = 62,5 mol

→ Heizwert:  $62,5 \cdot 890 \text{ kJ} = 55,6 \text{ MJ pro kg}$

6.

Energie wird benötigt, um

- Na zu verdampfen: 109 kJ
- Cl<sub>2</sub> in Atome aufspalten: 121 kJ
- Na ionisieren: 502 kJ

Energie wird frei, wenn:

- Cl ionisiert wird (Elektronen aufnimmt): 363 kJ
- das Gitter gebildet wird (durch elektrische Anziehung): 780 kJ