

## Lösungen zu Aufgabe 1

- a) Was versteht man unter der Ordnungszahl und was sind Isotope? (2P)

**Ordnungszahl = Zahl der Protonen**

**Isotope = Atome gleicher Ordnungszahl aber verschiedener Masse (verschiedener Anzahl der Neutronen)**

- b) Geben Sie die Anzahl der Elektronen, Protonen, Neutronen in den Atomen des Elements Zinn mit der Massenzahl 118 und der Massenzahl 120 an! (2P)

$$N(e^-) = n(p^+) = 50$$

<sup>118</sup>Sn: 68 Neutronen

<sup>120</sup>Sn: 70 Neutronen

- c) Wie lautet die Hypothese von Avogadro? (1P)

**Bei gleichen Bedingungen enthalten gleiche Volumina idealer Gase gleich viele Teilchen.**

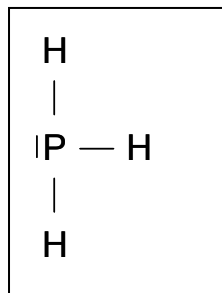
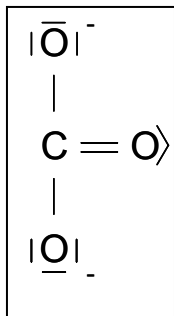
- d) Geben Sie den räumlichen Aufbau von CO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SF<sub>6</sub> und H<sub>2</sub>S an! (4P)

**CO<sub>2</sub>: Linear      NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: trigonal planar (Winkel 120°)**

**SF<sub>6</sub>: Oktaeder      H<sub>2</sub>S: Gewinkelt**

**Eine eindeutige bildliche Darstellung ist ebenfalls richtig!**

- e) Geben Sie die Lewis-Formeln des Carbonats (CO<sub>3</sub>)<sup>2-</sup> und von Phosphin (PH<sub>3</sub>) an! (2P)



**Darstellungen, aus denen die trigonale Struktur und die Mesomerie des CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> hervorgeht, sind auch richtig**

- f) Formulieren Sie die Zustandsgleichung für ideale Gase! (1P)

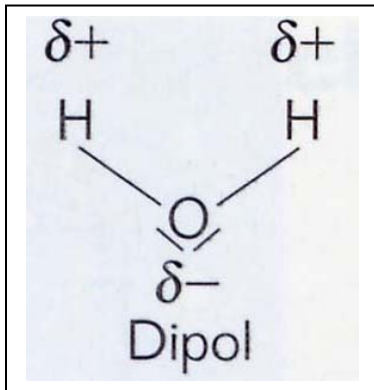
$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

- g) Geben Sie an, wie viele Elektronen die Elemente Calcium und Fluor aufnehmen bzw. abgeben, wenn sie ionische Bindungen eingehen! Begründen Sie ihre Aussage! (3P)

**Ca erreicht Edelgaskonfiguration durch Abgabe von 2 e<sup>-</sup>,**

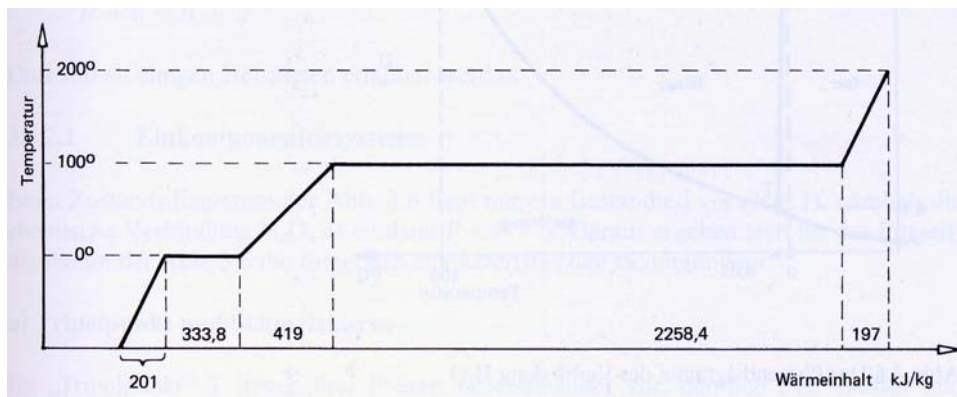
**F erreicht Edelgaskonfiguration durch Aufnahme von 1 e<sup>-</sup>.**

- h) Skizzieren Sie die Verteilung der Elektronen in der O-H- Bindung des Wassers!  
Entscheiden Sie aufgrund Ihrer Skizze, ob Wasser ein Dipolmoment hat! (2P)



Darstellungen, in denen die Striche der OH- Bindungen durch Keile mit dem dicken Ende beim O ersetzt sind, werden ebenfalls als richtig gewertet.

- i) Skizzieren Sie den Verlauf der Temperatur, wenn man, vom festen Zustand ausgehend, Wasser mit konstanter Heizleistung erwärmt! Machen Sie kenntlich, in welchen Bereichen Ihrer Skizze Phasenübergänge zu erkennen sind! (3P)



Horizontale bei 0°C soll mit „Schmelzen“, bei 100 °C mit „Sieden“ gekennzeichnet sein

Zahlenwerte sind **nicht** als Antwort gefordert, es genügt, wenn der lineare Anstieg und die Haltezeiten während der Phasenübergänge zu erkennen sind.

Steigung und Länge der Abschnitte nicht wichtig!

## Aufgabe 2

- a) Wie berechnet sich die freie Reaktionsenthalpie  $\Delta_R G$  aus der Reaktionsenthalpie  $\Delta_R H$  und der Reaktionsentropie  $\Delta_R S$ ? (1P)

$$\Delta_R G = \Delta_R H - T \cdot \Delta_R S$$

Erklären Sie mit Hilfe dieser (Gibbs-Helmholtz) Gleichung, warum Eisen bei hoher Temperatur schmilzt, obwohl der Vorgang endotherm ist! (2P)

Die **positive Reaktionsenthalpie** wird durch die **Zunahme der Entropie überkompensiert**, dadurch ist

$$\Delta_R G = \Delta_R H - T \cdot \Delta_R S < 0.$$

- b) In welche Richtung verschieben sich durch Erhöhung der Temperatur die Gleichgewichte folgender Reaktionen



- c) Bei Raumtemperatur ist das Löslichkeitsprodukt von  $\text{CaF}_2$   $4 \cdot 10^{-12} \text{ (Mol/l)}^3$ . Welche Konzentration von  $\text{Ca}^{2+}$  stellt sich in neutralem Wasser ein und welche Konzentration stellt sich ein, wenn die Konzentration von  $\text{F}^-$   $0.1 \text{ Mol/l}$  beträgt? (2P)

Aus der Zusammensetzung von  $\text{CaF}_2$  folgt:  $c(\text{F}^-) = 2 \cdot c(\text{Ca}^{2+})$

Mit  $K_{\text{LP}} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{F}^-]^2$  erhält man:

$$[\text{Ca}^{2+}] = 1.0 \cdot 10^{-4} \text{ Mol/l.}$$

Mit  $[\text{F}^-] = 0.1 \text{ Mol/l}$  erhält man:

$$[\text{Ca}^{2+}] = 4.0 \cdot 10^{-10} \text{ Mol/l.}$$

- d) Die Bildung von Ethin ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) aus Ethen ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) ist eine Gleichgewichtsreaktion. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung! (1P)



In welche Richtung verschiebt sich das Gleichgewicht bei einer Druckerhöhung? (1 P)

**Nach links oder auf die Seite des Ethen oder auf die Seite des Edukts**

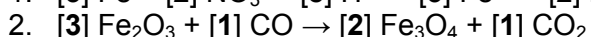
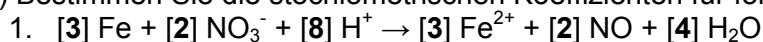
- e) Geben Sie für die Reaktion  
 $\text{H}_3\text{PO}_4 + 2 \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$   
an, welche Spezies als Säure und welche als Base reagiert! (2P)

**$\text{H}_3\text{PO}_4$ : Säure  $\text{NH}_3$ : Base**

- f) Welche Oxidationszahlen haben die fett gedruckten Elemente in den Verbindungen



- g) Bestimmen Sie die stöchiometrischen Koeffizienten für folgende Redoxreaktionen. (2 P)



- h) Geben Sie die Gleichungen der Redoxreaktionen an, die beim Entladen eines Nickel-Cadmium-Akkumulators ablaufen! Was geschieht beim Laden? (3P)



**Beim Laden: Umkehrung der Reaktionen durch Umpolen**

### Aufgabe 3

- a) Nennen Sie je eine technisch wichtige Eigenschaft zu drei der folgenden Metalle:

Aluminium (Al), Kobalt (Co), Eisen (Fe), Titan (Ti) und Kupfer (Cu)! (3P)

**Al: Glänzend, duktil, geringe Dichte, korrosionsbeständig durch Passivschicht, niedriger Schmelzpunkt (660 °C)**

**Co: Stahlgrau, Glänzend, magnetisch, gegen Luft und verdünnte Säuren beständig, hoher Schmelzpunkt (1495 °C)**

**Fe: Silberweiß, weich, magnetisch, keine Passivierbarkeit, hoher Schmelzpunkt (1535 °C)**

**Ti: Silberweiß, schmiedbar, zäh, geringe Dichte, hoher Schmelzpunkt (1660 °C), korrosionsbeständig gegen Luft, Seewasser, Bleichlaugen, Salpetersäure, Königswasser**

**Cu: Weich, zäh, dehnbar, relativ hoher Schmelzpunkt (1082 °C), gute thermische und elektrische Leitfähigkeit.**

Aus der Liste sind **3 Metalle** auszuwählen, **zu jedem eine Eigenschaft** zu nennen; die Studenten haben die freie Auswahl

- b) Nennen Sie zu zwei der in Aufgabe a) genannten Metalle die wichtigste Herstellungsmethode und je eine wichtige technische Anwendung! (4P)

Al: Herstellung durch Schmelzflusselektrolyse;

Verwendung: **Leichtmetall (als Legierung), Elektrotechnik und Elektronik (geringe Wärmeleitfähigkeit), Verpackungsmaterial, Flugzeug- und Fahrzeugbau, Optik und Lichttechnik (Reflektionseigenschaften)**

Co: Herstellung durch Reduktion der Oxide mit Kohle;

Verwendung: **Legierungsmetall, Überzugsmetall, permanente Magnete**

Fe: Herstellung durch Reduktion von  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mit CO;

Verwendung: **Stahlherstellung, Gusseisen**

Ti: Herstellung durch Reduktion von  $\text{TiCl}_4$  mit Mg unter Schutzgas

Verwendung: **Flugzeugbau, Raketentechnik, Stahl (Carbidfänger), Legierungen**

Cu: Herstellung durch Elektrolyse von  $\text{CuSO}_4$ ;

Verwendung: **Elektrotechnik, Herstellung von Messing und Bronze**

Aus der Liste sind **2 Metalle** auszuwählen, **zu jedem Herstellungsmethode und Anwendung** zu nennen; die Studenten haben die freie Auswahl

- c) Was versteht man unter Korrosion und was unter einem Lokalelement? (2P)

Korrosion: **Zerstörung von Werkstoffen durch chemische Reaktionen.**

Lokalelement: Entsteht durch **leitenden Kontakt zwischen edlerem und unedlerem Metall**, wenn die **Kontaktstelle in einen Elektrolyten eintaucht.**

Eindeutig erkennbare Skizze ist ebenfalls richtig!

- d) Nennen Sie zwei wichtige Methoden zum Korrosionsschutz! (2P)

**Überzüge, Opferelektroden, Eigenschutz = Passivierung, Fremdstrom**

Die Studenten haben unter den o.a. Stichworten die freie Auswahl; Nennung konkreter Verfahren wie **Emaillieren, Lackieren, Galvanisieren, Opferanoden aus Mg, Passivierung durch Zusatz von Cr, Al oder Si** lassen wir ebenfalls gelten!

- e) Nennen Sie zwei Rohstoffe, aus denen Eisen gewonnen wird! (2P)

**Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Limonit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) in  $\text{H}_2\text{O}$ , Eisenspat ( $\text{FeCO}_3$ ), Pyrit ( $\text{FeS}_2$ )**

- f) Im Hochofen wird durch die Boudouard-Reaktion freier Kohlenstoff gebildet, der sich im Eisen löst.

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung der Boudouard-Reaktion! (1P)



Welche nachteilige Auswirkung hat der gelöste Kohlenstoff auf die Eigenschaften von Roheisen? (1P)

Roheisen wird **spröde**.

Nennen Sie ein Verfahren bei der Herstellung von Stahl, durch das der Gehalt an Kohlenstoff herabgesetzt wird! (1P)

**Sauerstoff- Blasverfahren („Windfrischen“)** oder **Elektrostahlverfahren**

- g) Nennen Sie drei Elemente der Platinmetalle! (1P)

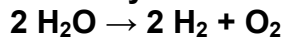
**Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium und Platin**

Worin besteht die technische Bedeutung der Platinmetalle? (1P)

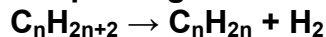
**Katalysatoren**

- h) Nennen Sie ein Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff und formulieren Sie die zugehörige Reaktionsgleichung! (2P)

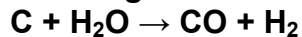
**Elektrolyse von Wasser**



**Abspaltung von H<sub>2</sub> aus Alkanen**



**Wassergasreaktion**



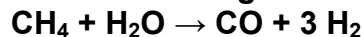
**Pyrolyse von Methan**



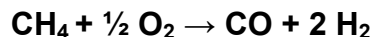
Herstellung von Wasserstoff aus Kohlenwasserstoffen

**Aus Erdgas**

**Steamreforming**

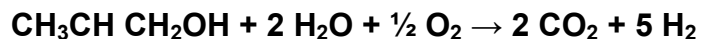


**Partielle Oxidation**



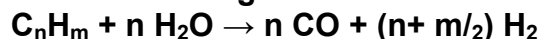
**Methanol / Ethanol**

**ATR**

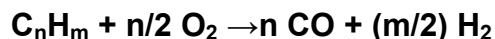


**Erdöl**

**Steamreforming**



**Partielle Oxidation**



## Lösungen zu Aufgabe 4.1

- a) Welche Hybridisierung haben C-Atome in Einfach-, Doppel- und in Dreifachbindungen? Welche räumliche Anordnung der von einem zentralen C-Atom ausgehenden Bindungen ergibt sich daraus? (3P)

Einfachbindung:  $sp^3 \rightarrow$  **Tetraeder**, Doppelbindung:  $sp^2 \rightarrow$  **Planar, Winkel  $120^\circ$** ,

Dreifachbindung:  $sp \rightarrow$  **Linear**

Skizze, in der die Anordnung erkennbar ist, genügt auch!

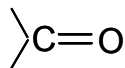
- b) Geben Sie die typische Atomanordnung (funktionelle Gruppe) folgender Verbindungsklassen an: (6P)

Alkene, Alkohole, Ketone, Amine, Ester, Amide!

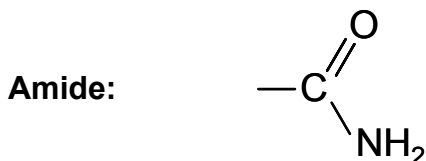
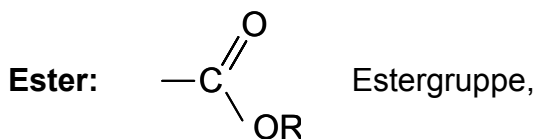
**Alkene: C=C-Doppelbindung,**

**Alkohole: R-OH,**

**Ketone:**



**Amine: R-NH<sub>2</sub> (Aminogruppe)**



- c) Nennen Sie die wesentlichen Strukturmerkmale von Aromaten! (2P)

**Molekül ist planar** gebaut, alle **Bindungen gleich lang**, **ringförmig delocalisiertes  $\pi$ -Elektronensystem** mit  $4n+2$  Elektronen

(2 davon sind ausreichend!)

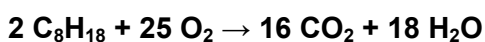
- d) Nennen Sie das grundsätzliche Verfahren, nach dem in der Raffinerie Erdöl getrennt wird! (1P)

**Fraktionierte Destillation** nach unterschiedlichem Siedepunkt der Komponenten

- e) Welche funktionellen Gruppen sind in Aminosäuren auf jeden Fall enthalten? (2P)

**-NH<sub>2</sub> oder Aminogruppe** und :  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$  oder **Carboxylgruppe** oder **COOH-Gruppe**

- f) Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die vollständige Oxidation von n-Oktan und von 2,2,4-Trimethylpentan! (2P)

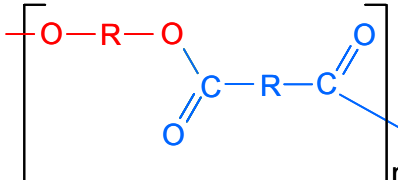
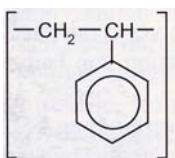


g) Was versteht man unter Polykondensation und was unter Polymerisation? (2P)

**Polykondensation: Polymerbildung unter Abspaltung von H<sub>2</sub>O oder anderer kleiner Moleküle**

**Polymerisation: Herstellung hochmolekularer organischer Verbindungen aus niedermolekularen Monomeren**

h) Geben Sie die Konstitutionsformeln der charakteristischen Gruppen von Polyestern und von Polystyrol an! (2P)

Polyester:		Polystyrol:	
------------	---	-------------	---

### Aufgabe 5

a) Was ist das Prinzip der Katalyse? (1P)

**Beschleunigung chemischer Reaktionen durch Herabsetzen der Aktivierungsenergie, ggf. durch Änderung des Reaktionsweges**

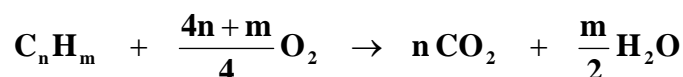
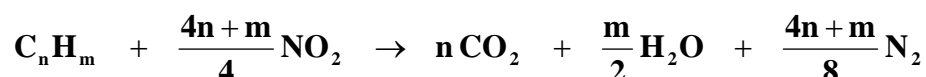
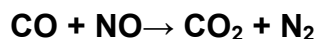
b) Welche Schadstoffe werden neben CO<sub>2</sub> in mit Benzin und welche in mit Diesel betriebenen Kraftfahrzeugen hauptsächlich gebildet? (5P)

Benzin: **Unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC), NO<sub>x</sub>, CO**

Diesel: **NO<sub>x</sub>, Ruß**

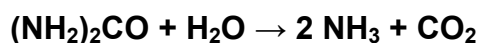
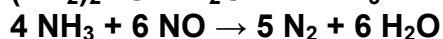
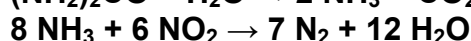
c) Wie kann der Ausstoß von Schadstoffen in Fahrzeugen mit stöchiometrisch betriebenen Benzinmotoren verringert werden (Erläuterung mittels Reaktionsgleichungen)! (3P)

Verminderung durch **Dreiwegkatalysator**



d) Wie kann der Ausstoß von Schadstoffen in Fahrzeugen mit Dieselmotoren verringert werden (Nennen und erläutern Sie ein Verfahren)! (3P)

**Harnstoff- SCR**



e) Welche Kennzahl wird als Maß für die Klopfestigkeit von Kraftstoffen in Ottomotoren verwendet? (2P)

**Oktanzahl**

f) Was ist eine Elementarreaktion? Erläutern Sie dies am Beispiel der Reaktionen  $\text{OH} + \text{H} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  und  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$  ! (3 P)

**Reaktion läuft molekular so ab, wie es die Reaktionsgleichung beschreibt.**

$\text{H} + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  **Elementarreaktion;**  $\omega'_{\text{H}_2\text{O}} = k(T) \cdot [\text{H}] \cdot [\text{O}]$

$2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$  **keine Elementarreaktion;**  $\omega'_{\text{H}_2\text{O}} = k(T) \cdot [\text{H}_2]^a \cdot [\text{O}_2]^b$

g) Wie viele Liter (bei 0°C und 101.3 kPa) gasförmigen Wasserstoffs benötigt man, um 6,8 t Ammoniak herzustellen? (Hinweis: Runden Sie molare Massen (g/mol) und das molare Volumen (l/mol) auf ganze Zahlen.) (2P)

**$n(6800 \text{ kg NH}_3) = 400000 \text{ mol}$ , für ihre Herstellung braucht man  $1.5 \cdot 400000 \text{ mol H}_2$ ;  
mit  $V_m = 22 \text{ l/mol}$  ergibt sich:  **$V(\text{H}_2) = 13200000 \text{ l} = 13200 \text{ m}^3$****

Berechnung mit Hilfe des idealen Gasgesetzes natürlich ebenfalls erlaubt und als richtig zu werten.