

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 Uran mit der Massenzahl 235 und der Massenzahl 238 an! (2P)

$$N(e^-) = n(p^+) = 92$$

²³⁵U: 143 Neutronen

²³⁸U: 146 Neutronen

- c) Geben Sie die Elektronenkonfiguration von Phosphor an! (1P)

P(OZ = 15): 1² 2s² 2p⁶ 3s² 3p³ Ebenfalls richtig: [Ne] 3s² 3p³

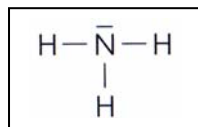
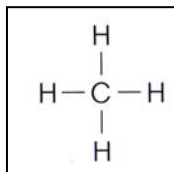
- d) Geben Sie den räumlichen Aufbau von HCN, BF₃, CH₄ und H₂O an! (4P)

HCN: Linear BF₃: trigonal planar (Winkel 120°)

CH₄: Tetraeder H₂O: Gewinkelt

Eine eindeutige bildliche Darstellung ist ebenfalls richtig!

- e) Geben Sie die Lewis-Formeln von Methan (CH₄) und von Ammoniak (NH₃) an! (2P)



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

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

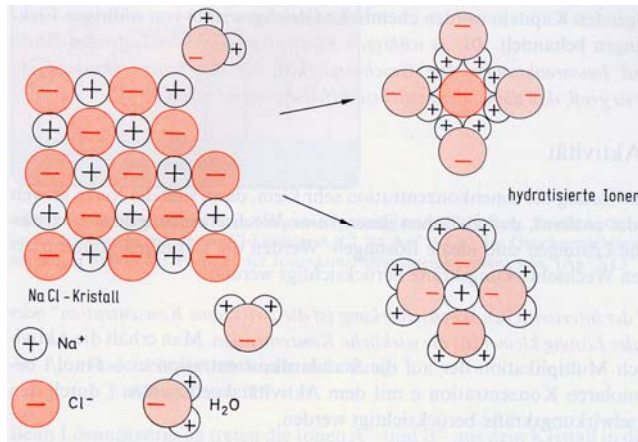
- g) Geben Sie an, wie viele Elektronen die Elemente Lithium und Sauerstoff aufnehmen bzw. abgeben, wenn sie ionische Bindungen eingehen! Begründen Sie ihre Aussage! (3P)

Li erreicht Edelgaskonfiguration durch Abgabe von 1 e⁻,

O erreicht Edelgaskonfiguration durch Aufnahme von 2 e⁻.

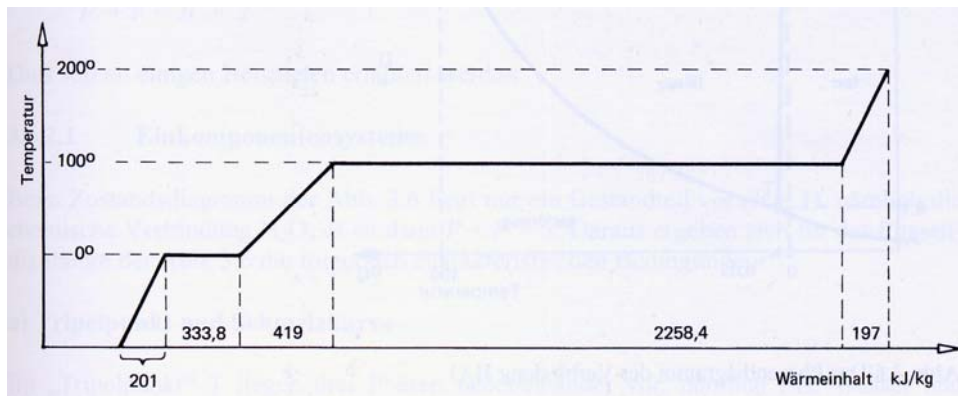
- h) Durch welche Wechselwirkungen zwischen Ionen und Wasser wird beim Lösen die Gitterenergie überwunden? (2P)

Wechselwirkung zwischen Dipolen des H₂O und Ionen (H mit Anionen, O mit Kationen) setzt Hydratationsenthalpie frei



Für die Lösung der Klausuraufgabe genügt es, wenn zu erkennen ist, dass die Kationen mit dem negativen, die Anionen mit dem positiven Ende des Dipols in Wechselwirkung treten; die verbale Beschreibung oben ist ebenfalls ausreichend.

- 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 sich NH_4Cl in Wasser spontan löst, 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 lösen sich $1.43 \cdot 10^{-3}$ g AgCl in 1 l Wasser. Wie groß ist das Löslichkeitsprodukt von AgCl in Wasser? (2P)

In 1l lösen sich

$$n(\text{AgCl}) = \frac{m(\text{AgCl})}{M(\text{AgCl})} = \frac{0.00143 \text{ g} \cdot \text{Mol}}{143 \text{ g}} = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ Mol AgCl.}$$

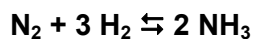
Aus der Zusammensetzung von AgCl folgt: $c(\text{Ag}^+) = c(\text{Cl}^-) = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ Mol/l}$.

Mit $K_{LP} = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-)$ erhält man:

$$K_{LP}(\text{AgCl}) = 1.0 \cdot 10^{-10} \text{ (Mol/l)}^2.$$

- d) Die Bildung von Ammoniak (NH_3) aus den Elementen ist eine Gleichgewichtsreaktion.

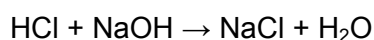
Formulieren Sie die Reaktionsgleichung! (1P)



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

Nach rechts oder **auf die Seite des Ammoniak** oder **auf die Seite des Produkts**

- e) Geben Sie für die Reaktion



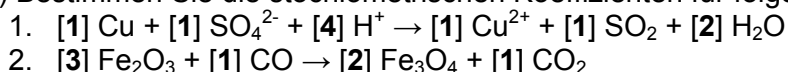
an, welche Spezies als Säure und welche als Base reagiert! (2P)

HCl: Säure NaOH: Base

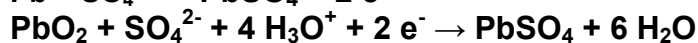
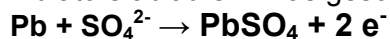
- f) Welche Oxidationszahlen haben die fett gedruckten Elemente in den Verbindungen



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



- h) Geben Sie die Gleichungen der Redoxreaktionen an, die beim Entladen eines Bleiakkulators 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), Chrom (Cr), Eisen (Fe), Nickel (Ni) und Kupfer (Cu)! (3P)

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

Cr: Glänzend, spröde, zäh, bildet Passivschicht, hoher Schmelzpunkt (1867 °C)

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

Ni: Schmiedbar, zäh, hoher Schmelzpunkt (1453 °C), beständig gegen nicht oxidierende Säuren und alkalische Lösungen

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)

Cr: Herstellung durch Reduktion von Cr_2O_3 mit Al;

Verwendung: **Legierungsmetall (korrosionsbeständige Stähle), Überzugsmetall**

Fe: Herstellung durch Reduktion von Fe_2O_3 mit CO;

Verwendung: **Stahlherstellung, Gusseisen**

Ni: Herstellung durch Reduktion des Oxids mit Kohle; Reinstnickel über $\text{Ni}(\text{CO})_4$, Mond- Verfahren

Verwendung: **Stahl, Legierungen, Batterien, Rostschutzüberzüge, Münzen, Katalysator**

Cu: Herstellung durch Elektrolyse von 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 (Fe_3O_4), Hämatit (Fe_2O_3), Limonit (Fe_2O_3) in H_2O , Eisenspat (FeCO_3), Pyrit (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)

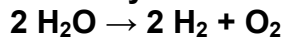
Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium und Platin

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

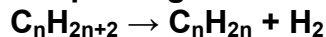
Katalysatoren

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

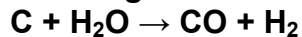
Elektrolyse von Wasser



Abspaltung von H₂ aus Alkanen



Wassergasreaktion



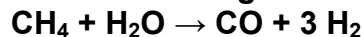
Pyrolyse von Methan



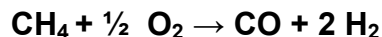
Herstellung von Wasserstoff aus Kohlenwasserstoffen

Aus Erdgas

Steamreforming

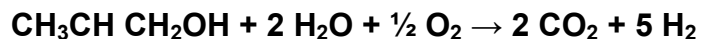


Partielle Oxidation



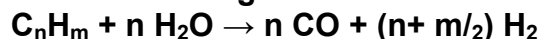
Methanol / Ethanol

ATR

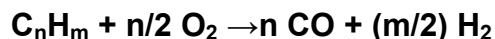


Erdöl

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)

sp³: **Tetraeder**, sp²: **Planar**, Winkel 120 °, sp: **Linear**

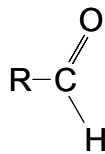
Skizze, in der die Anordnung erkennbar ist, genügt auch!

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

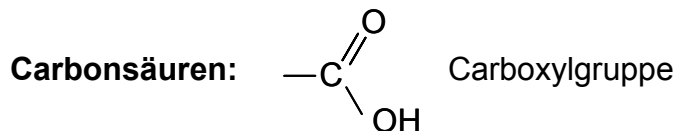
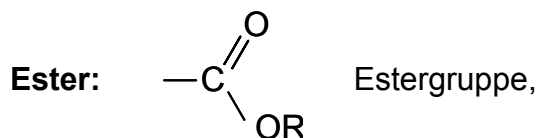
Alkene, Alkine, Aldehyde, Amine, Ester, Carbonsäuren! (6P)

Alkene: C=C-Doppelbindung, Alkine: C≡C-Dreifachbindung,

Aldehyde:



Amine: -NH₂ Aminogruppe,



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

Molekül ist planar gebaut, alle **Bindungen gleich lang**, **ringförmig delocalisiertes π-Elektronensystem** mit 4n+2 Elektronen
(2 davon sind ausreichend!)

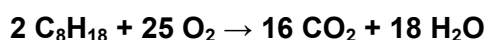
- d) Nennen Sie das grundsätzliche Verfahren, nach dem in der Raffinerie Erdöl getrennt wird! (1P)

Fraktionierte Destillation nach unterschiedlichem Siedepunkt der Komponenten

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

-NH₂ oder Aminogruppe und : $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ 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 Polymerisation? (1P)

Herstellung hochmolekularer organischer Verbindungen aus niedermolekularen Monomeren

h) Geben Sie die Konstitutionsformeln der charakteristischen Gruppen von Polyethylen, Polypropylen und Polystyrol an!

Aus welchen Monomeren werden die genannten Polymere hergestellt? (3P)

Polyethylen: Herstellung aus Ethen	$[-CH_2-CH_2-]_x$	Polypropylen: Herstellung aus Propen	$\left[\begin{array}{c} -CH_2-CH- \\ \\ CH_3 \end{array} \right]_x$	Polystyrol: Herstellung aus Styrol	$\left[\begin{array}{c} -CH_2-CH- \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_x$
--	-------------------	--	--	--	--

Aufgabe 5

a) Wodurch wird Motorklopfen ausgelöst und welche Kennzahl wird als Maß für die Klopfestigkeit verwendet? (2P)

**Unkontrollierte Verbrennung des Kraftstoffs durch Selbstzündung;
Oktanzahl**

b) Für ein Benzin- und ein Dieselfahrzeug beträgt der Verbrauch 7 l/100 km Treibstoff (Benzin bzw. Diesel).

Welches Fahrzeug emittiert mehr CO₂? Begründen Sie Ihre Entscheidung! (2P)

Dieselfahrzeug; Treibstoff hat die höhere Dichte

c) Welche Schadstoffe entstehen in einem stöchiometrisch betriebenen Benzinmotor hauptsächlich? Wie kann deren Emission im Abgasstrang noch vermindert werden? (4P)

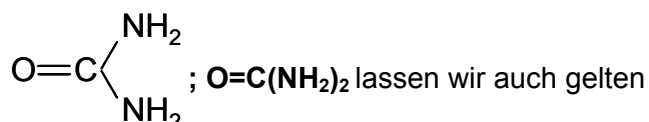
Unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC), NO_x, CO

Verminderung durch **Dreiwegkatalysator**

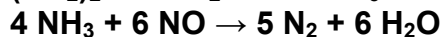
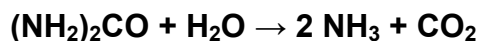
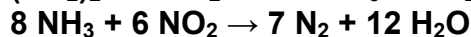
d) Was ist das Prinzip der Katalyse? (1P)

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

e) Zeichnen Sie die Strukturformel von Harnstoff! (1P)



f) Wie kann man Harnstoff zur Reduktion von Stickoxidemissionen von Fahrzeugen einsetzen? Geben Sie die Reaktionsgleichungen an! (2P)



Antworten, die mit NO + NO₂ (NO_x) formuliert sind, sind ebenfalls richtig!

g) Was ist eine Radikalkettenreaktion? Erläutern Sie den Reaktionsmechanismus anhand eines Verbrennungsprozesses! (4P)

Reaktive Spezies sind **Radikale**, die im **Verlauf der Reaktion verbraucht und neu gebildet** werden.

Die Reaktionsfolge besteht aus den Schritten

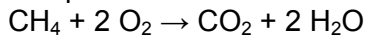
Kettenstart

Kettenfortpflanzung

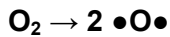
Kettenverzweigung

Kettenabbruch

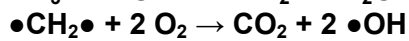
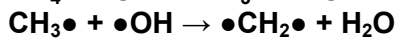
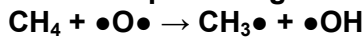
Beispiel:



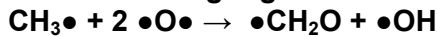
Kettenstart:



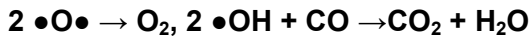
Kettenfortpflanzung:



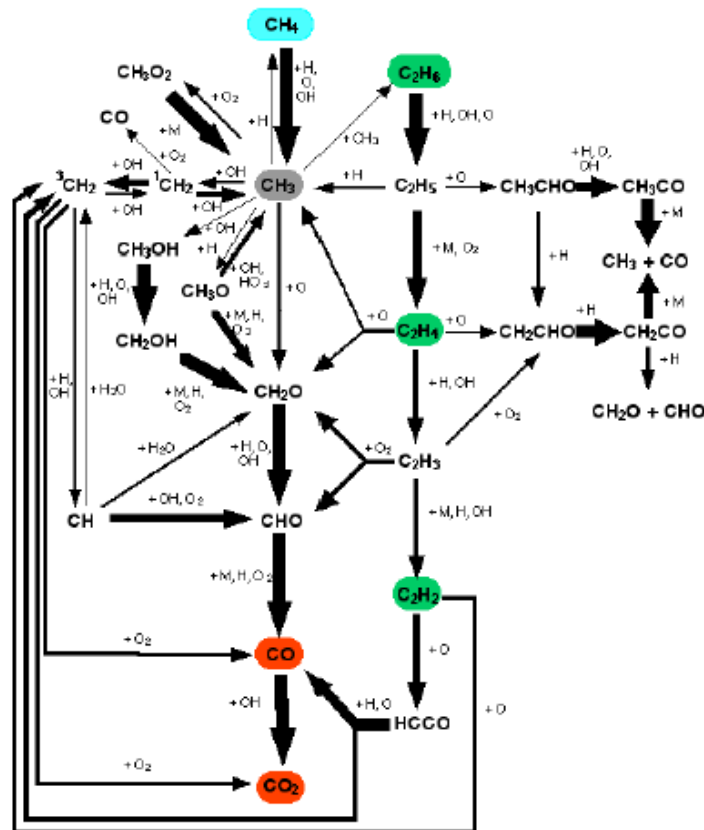
Kettenverzweigung:



Kettenabbruch:



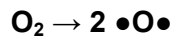
Reaktionsflussanalyse der Verbrennung von Methan (zu 4.5.2)



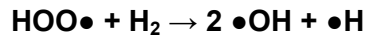
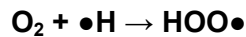
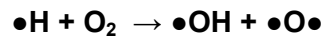
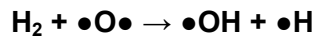
Reaktionsfolgen, die von CH₄ über CH₃, CH₂O und CHO zu CO und CO₂ oder über CH₃ und CH₂ zu CO und CO₂ führen, sind ebenfalls richtig.

Verbrennung von H_2 auch richtig:

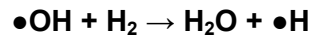
Kettenstart:



Kettenverzweigung:



Kettenfortpflanzung:



Kettenabbruch:



Erwartete Antworten:

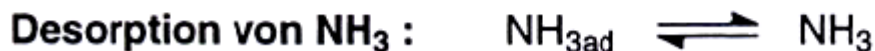
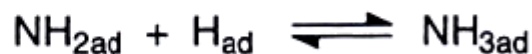
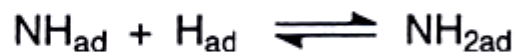
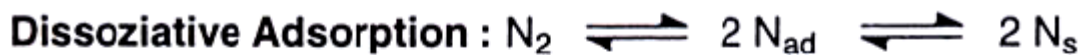
Kettenstart mit Gleichung(en), Kettenfortpflanzung mit Gleichung(en), Kettenverzweigung mit Gleichung(en), Kettenabbruch mit Gleichung(en).

h) Ammoniak wird über eisenbasierten Katalysatoren aus Wasserstoff und Stickstoff hergestellt.

Skizzieren Sie den Reaktionsmechanismus (Chemie-Nobelpreis 2007)!

Was ist der geschwindigkeitsbestimmende Schritt?

(2P)



Geschwindigkeitsbestimmend: **Dissoziative Adsorption von N_2**

i) Wie viele Liter (bei $0^\circ C$ und 101.3 kPa) gasförmigen Wasserstoffs benötigt man, um 3.4 t Ammoniak herzustellen? (Hinweis: Runden Sie molare Massen (g/mol) und das molare Volumen (l/mol) auf ganze Zahlen.) (2P)

$n(3400 \text{ kg } NH_3) = 200000 \text{ mol}$, für ihre Herstellung braucht man **$1.5 \cdot 200000 \text{ mol } H_2$** ;
mit $V_m = 22 \text{ l/mol}$ ergibt sich: **$V(H_2) = 6600000 \text{ l} = 6600 \text{ m}^3$**

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