

**„Chemie – die stimmt!“ 2017/2018**  
**Aufgabenblatt**  
**3. Runde – Klasse 9**



**1 Multiple Choice**

Unabhängig von der Fragestellung sind bei den folgenden Fragen eine oder mehrere Antworten richtig.

1. Welches dieser wasserfreien Salze zeigt beim Lösen in Wasser eine Farbe?

a) $\text{NaCl}$	b) $\text{CuSO}_4$	c) $\text{AgNO}_3$	d) $\text{NH}_4\text{NO}_3$	e) $\text{ZnCl}_2$
------------------	--------------------	--------------------	-----------------------------	--------------------

2. Was ist salpetrige Säure?

a) $\text{HNO}_2$	b) $\text{HNO}_3$	c) $\text{H}_2\text{NO}_3$	d) $\text{H}_2\text{NO}_2$	e) $\text{HNO}$
-------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------	-----------------

3. In welcher Verbindung hat Chrom die Oxidationszahl +VI?

a) $\text{Cr}_2\text{O}_3$	b) $\text{Cr}_2\text{O}_5$	c) $\text{CrO}_2$	d) $\text{CrO}_3$	e) $\text{Cr}_3\text{O}_4$
----------------------------	----------------------------	-------------------	-------------------	----------------------------

4. Welche dieser Verbindungen ergibt beim Lösen in Wasser eine saure Lösung?

a) $\text{KI}$	b) $\text{NaHSO}_4$	c) $\text{FeCl}_3$	d) $\text{NH}_4\text{Cl}$	e) $\text{Mg(OH)}_2$
----------------	---------------------	--------------------	---------------------------	----------------------

5. Welcher Stoff erniedrigt bei gleicher Stoffmengen zugabe den Gefrierpunkt von Wasser am stärksten?

a) $\text{NaCl}$	b) $\text{MgCl}_2$	c) <i>Ethanol</i>	d) $\text{KCl}$	e) $\text{CaS}$
------------------	--------------------	-------------------	-----------------	-----------------

6. Backpulver enthält neben Dinatriumdihydrogendiphosphat eine weitere wichtige Zutat. Welches der aufgeführten Stoffe kann diese Zutat sein?

a) $\text{PbHCO}_3$	b) $\text{KI}$	c) $\text{KBr}$	d) $\text{NaHCO}_3$	e) $\text{NaCl}$
---------------------	----------------	-----------------	---------------------	------------------

7. Welches dieser Ionen hat den größten Radius?

a) $\text{F}^-$	b) $\text{O}^{2-}$	c) $\text{Li}^+$	d) $\text{Ag}^+$	e) $\text{H}^+$
-----------------	--------------------	------------------	------------------	-----------------

8. Welches Salz ist schwerlöslich in Wasser?

a) $\text{Ba(NO}_3)_2$	b) $\text{FeCl}_3$	c) $\text{CuSO}_4$	d) $\text{BaSO}_4$	e) $\text{PbI}_2$
------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-------------------

9. Welches industrielle Verfahren wird für die Herstellung von Schwefelsäure benutzt?

a) <i>Heck-Verfahren</i>	b) <i>Wacken-Verfahren</i>	c) <i>Kontakt-verfahren</i>	d) <i>Ostwald-verfahren</i>	e) <i>Haber-Bosch-Verfahren</i>
--------------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	---------------------------------

10. Welches Element ist kein Halbmetall?

a) <i>Niob</i>	b) <i>Selen</i>	c) <i>Antimon</i>	d) <i>Bor</i>	e) <i>Astat</i>
----------------	-----------------	-------------------	---------------	-----------------

11. Was ist Gips?

a) <i>Magnesium-sulfat</i>	b) <i>Magnesium-carbonat</i>	c) <i>Calcium-carbonat</i>	d) <i>Calcium-sulfat</i>	e) <i>Barium-sulfat</i>
----------------------------	------------------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------------

12. Welches Element kommt nicht in Kieselsäure vor?

a) <i>H</i>	b) <i>Ca</i>	c) <i>Si</i>	d) <i>O</i>	e) <i>F</i>
-------------	--------------	--------------	-------------	-------------

13. Was ist bei 50 °C nicht flüssig?

a) <i>Ga</i>	b) <i>Cs</i>	c) $\text{H}_2\text{S}$	d) $\text{Br}_2$	e) $\text{NH}_3$
--------------	--------------	-------------------------	------------------	------------------

14. Welche Basen sind von der stärksten Base zur schwächsten Base geordnet?

a) $\text{KOH}$ , $\text{NH}_3$ , $\text{NaHS}$ , $\text{Na}_2\text{SO}_4$	b) $\text{NH}_3$ , $\text{KOH}$ , $\text{NaHS}$ , $\text{Na}_2\text{SO}_4$	c) $\text{NH}_3$ , $\text{KOH}$ , $\text{NaHS}$ , $\text{Na}_2\text{SO}_4$	d) $\text{NH}_3$ , $\text{KOH}$ , $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , $\text{NaHS}$	e) $\text{KOH}$ , $\text{NH}_3$ , $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , $\text{NaHS}$
----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

15. Welche Größenordnung kommt der Länge einer Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung am nächsten?

a) $1 \text{ pm}$	b) $100 \text{ pm}$	c) $1 \text{ nm}$	d) $1 \cdot 10^{-11} \text{ m}$	e) $1 \cdot 10^{-13} \text{ m}$
-------------------	---------------------	-------------------	---------------------------------	---------------------------------



## 2 Kaliumdichromat

Wässrige Lösungen von Kaliumdichromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) und Kaliumiodid reagieren unter Zugabe von verdünnter Schwefelsäure, indem unter anderem Chrom(III)-sulfat und Iod gebildet werden.

- a) Stelle die Reaktionsgleichung auf. Welche anderen Reaktionsprodukte entstehen? Erkläre die Funktion der verdünnten Schwefelsäure.

Die obige Reaktion kann zur Bestimmung des Chromatgehaltes einer Lösung verwendet werden. Hierzu wird ein Überschuss Kaliumiodid sowie Schwefelsäure zu der Probe gegeben. Anschließend wird die gebildete Menge Iod durch eine Titration mit Natriumthiosulfat bestimmt.

- b) Warum muss Kaliumiodid im Überschuss zugegeben werden?  
c) Von einer Probe ist bekannt, dass sie maximal 5 g Kaliumdichromat enthält. Welche Masse an Kaliumiodid muss zur Analyse mindestens zugegeben werden?

Andererseits kann Iodid mithilfe von Kaliumdichromat als Iod nachgewiesen werden. Schwach farbige Proben werden hierzu nach Zugabe von wenig Kaliumdichromat und Schwefelsäure mit Stärke versetzt.

- d) Was ist zu beobachten, wenn die Probe Iodid enthält?

Falls die Probe durch andere Bestandteile stark dunkel gefärbt ist, hat es sich bewährt, das Iod durch „Ausschütteln“ abzutrennen. Hierzu gibt man ein organisches Lösemittel zu der Probe. Anschließend schüttelt man die Probe und lässt sie für ein paar Minuten stehen. Das Iod löst sich im organischen Lösungsmittel und zeigt eine je nach Lösemittel charakteristische orangene bis violette Farbe.

- e) Warum ist das Ausschütteln für stark gefärbte Proben besser geeignet als die direkte Zugabe von Stärke? Warum wird die Probe geschüttelt?

Nicht alle organischen Lösungsmittel eignen sich zum „Ausschütteln“. Ethanol ist zum Beispiel nicht geeignet.

- f) Welche Eigenschaften muss das organische Lösungsmittel besitzen?

## 3 Phasendiagramme

Die folgende Abbildung zeigt das Phasendiagramm von Kohlenstoffdioxid (Abbildung auf dem Antwortbogen). In Abhängigkeit von Temperatur (x-Achse) und Partialdruck (y-Achse) von gasförmigem Kohlenstoffdioxid zeigt es, welche Aggregatzustände unter gegebenen Bedingungen stabil vorliegen. An den Grenzlinien liegen jeweils zwei Phasen im Gleichgewicht vor.

- a) Trage in die abgegrenzten Bereiche des  $CO_2$ -Phasendiagramms ein, welchen Aggregatzustand du unter den gegebenen Bedingungen erwartest.

Wasser weist eine Dichteanomalie auf. Die Dichte von Eis ist größer als die des flüssigen Wassers. Daraus folgt, dass Eis bei gleicher Temperatur unter Erhöhung des Drucks schmilzt.

- b) Zeichne in das unvollständige Phasendiagramm des Wassers die fest-flüssig-Grenzlinie ein.

Den direkten Übergang vom festen zum gasförmigen Aggregatzustand bezeichnet man als Sublimation. Sie kann nur unter bestimmten Bedingungen erfolgen, die das Phasendiagramm vorgibt.

- c) Gib den Druckbereich an, in dem es möglich ist, festes Kohlenstoffdioxid (Trockeneis) zu sublimieren.  
d) Welcher Druck ist notwendig, um bei  $0\text{ }^\circ\text{C}$  flüssiges Kohlenstoffdioxid zu erhalten?

Wenn Ammoniumchlorid im Reagenzglas erhitzt wird, scheint es zu sublimieren und sich im oberen, kälteren Teil des Glases wieder abzuscheiden. Tatsächlich liegt im Gasraum des Reagenzglases jedoch kein Ammoniumchlorid vor.

- e) Beschreibe mit Reaktionsgleichungen, was bei Erhitzen und erneutem Abkühlen von Ammoniumchlorid geschieht. Nenne die Aggregatzustände aller beteiligten Stoffe.



#### 4 Natriumacetat

Bei der Neutralisation von Essigsäure (Einprotonige Säure der Summenformel  $\text{HO}_2\text{C}_2\text{H}_3$ ) mit Natriumcarbonat entsteht eine gasförmige Verbindung *G*. Wird die Reaktionslösung anschließend eingedampft, erhält man ein farbloses Salz *A*.

- Zeichne die Lewisformel des Carbonatanions.
- Gib die Summenformeln der gasförmigen Verbindung *G* und des Salzes *A* an.
- Mit welchem der folgenden Stoffe lässt sich *G* identifizieren:  
Kupfer(II)-sulfat, Bariumhydroxid, Silber(I)-nitrat, Kaliumchlorid?  
Beschreibe kurz das Vorgehen beim Nachweis und gib eine Reaktionsgleichung an.
- Welche weitere Verbindung *B* ist bei der Reaktion entstanden? Gleiche anschließend die vollständige Reaktionsgleichung aus.

Wenn das Eindampfen der Reaktionslösung bei nicht zu hohen Temperaturen stattfindet, kristallisiert *A* als Trihydrat, d.h. ein Kristall mit 1 mol *A* enthält 3 mol Wasser. Beim Erwärmen über  $58^\circ\text{C}$  löst sich *A* im eigenen Kristallwasser, es wird eine klare Lösung erhalten.

- Gib an, wie groß die Löslichkeit (in  $\frac{\text{g}}{\text{L}}$ ) von *A* in Wasser bei  $58^\circ\text{C}$  mindestens sein muss, damit das beobachtete Phänomen auftritt. Die Dichte von Wasser beträgt bei dieser Temperatur  $0,97 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$ . (Wenn du b) nicht lösen konntest, nimm  $M(A) = 65 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$  an.)

Beim Abkühlen dieser Lösung auf Raumtemperatur fallen keine Kristalle aus, obwohl die Löslichkeit bereits überschritten wurde. Erst durch eine Erschütterung kommt es zum Auskristallisieren von *A*. Während dieses Vorgangs wird schlagartig eine große Menge Wärme frei, weshalb *A* beispielsweise in Handwärmern eingesetzt wird.

- Wie ist es möglich, dass bei der Kristallisation Wärme freigesetzt wird? Erkläre, wieso ein Handwärmer beliebig oft verwendet werden kann.

#### 5 Phoszination Feuer

Es sollte eigentlich ein gemütlicher Strandspaziergang nach Feierabend werden. Erik und sein Kollege aus dem Labor beobachten Touristen, die Bernsteine suchen, während sie versuchen, zur Abwechslung einmal nicht über Chemie zu reden. Da sehen sie, wie einem kleinen Jungen die Hose in Brand gerät, in deren Taschen er seine Fundstücke verstaut hat. Dank ihres schnellen Eingreifens und ihrer Feuerlösch- und Erste-Hilfe-Kenntnisse aus dem Labor können sie glücklicherweise Schlimmeres verhindern - trotzdem rufen sie sicherheitshalber den Notarzt.

Das beschriebene Unglück ist an der Ostseeküste keine Seltenheit. Immer wieder werden Bernstein und weißer Phosphor ( $\text{P}_4$ ) verwechselt - mit gefährlichen Folgen! Denn weißer Phosphor ist nicht nur giftig, sondern neigt insbesondere zur Selbstentzündung, der Brand ist mit Wasser nicht löslich. Der Phosphor stammt dabei aus Brandbomben aus dem 2. Weltkrieg und Reste davon lagern noch immer am Grund der Ostsee und werden bei Stürmen an Land geschwemmt.

- Schlage ein geeignetes Löschmittel für die Hose vor. Wie lautet die europaweit einheitliche Notrufnummer?
- In weißem Phosphor liegen  $\text{P}_4$ -Tetraeder vor. Zeichne einen solchen  $\text{P}_4$ -Tetraeder und begründe anhand der Struktur, warum weißer Phosphor derart reaktiv ist.
- Formuliere die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von weißem Phosphor.

Weißer Phosphor ist auch zivil nutzbar: Frühe Streichhölzer hatten einen Kopf aus Kaliumchlorat ( $\text{KClO}_3$ ) mit einer Spitze aus weißem Phosphor.

- Welche Oxidationszahl hat Chlor im Chlorat-Anion? Formuliere die Reaktionsgleichung für das Abbrennen eines Phosphorstreichholzes.

„Chemie – die stimmt!“ 2017/2018  
Aufgabenblatt  
3. Runde – Klasse 9



Am nächsten Tag im Labor haben unsere beiden Hobby-Feuerlöscher den Schrecken überwunden und ihr Interesse an der Chemie kommt zurück. Sie recherchieren die Bestandteile heutiger Streichhölzer, die nicht umsonst Sicherheitsstreichhölzer genannt werden. Sie finden heraus, dass deren Kopf beispielsweise Schwefel und Kaliumchlorat enthält. Auf der Reibfläche der Streichholzpackung ist roter Phosphor vermengt mit Glaspulver aufgetragen. Durch das Reiben des Streichholzes an der Reibfläche gelangen Phosphorspuren mit Kaliumchlorat in Kontakt, was zur sofortigen Entzündung des Streichholzes führt, dann reagieren die Substanzen im Streichholzkopf.

- e) Warum sind Sicherheitsstreichhölzer sicherer als Phosphorstreichhölzer? Begründe!
- f) Formuliere die Reaktionsgleichung für das Abbrennen eines Sicherheitsstreichholzes, d.h. die Reaktion von Schwefel und Kaliumchlorat.

## 6 Salpetersäure

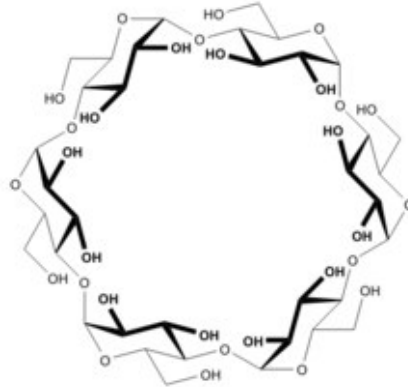
Zu Beginn des 20. Jahrhunderts legte Wilhelm Ostwald die experimentellen Grundlagen für das später nach ihm benannte Verfahren zur großtechnischen Erzeugung von Salpetersäure aus Ammoniak. Dabei wird in einem dreistufigen Prozess zunächst ein Gemisch aus Ammoniak und Sauerstoff bei 800 °C bis 900 °C über ein Platin-Rhodium-Netz geleitet. Die Verweildauer des Gasgemischs an diesem Netz darf nur  $\frac{1}{1000}$  s betragen, da ansonsten die unerwünschte Verbrennung von Ammoniak als Konkurrenzreaktion abläuft. In diesem ersten Schritt bildet sich Stickstoffmonoxid das anschließend im zweiten Schritt mit Luft zu Stickstoffdioxid und weiter durch Dimerisierung zu Distickstofftetraoxid reagiert. Schließlich bildet sich daraus in einem Rieselturm mit Wasser und Sauerstoff eine 60 %ige Salpetersäure.

- a) Erkläre die Funktion des Platin-Rhodium-Netzes!
- b) Formuliere die Reaktionsgleichungen für alle 5 beschriebenen chemischen Umsetzungen!
- c) Zeige mit Hilfe von Oxidationszahlen, bei welcher der beschriebenen Reaktionen es sich *nicht* um eine Redoxreaktion handelt!
- d) Berechne das Volumen an gasförmigem Ammoniak, das für die Herstellung von 1000 kg Salpetersäure der angegebenen Konzentration mindestens zur Verfügung stehen muss!
- Hinweise:
1. Für die Berechnung sollen eine Gastemperatur von 25 °C und ein Druck von 101,3 kPa angenommen werden.
  2. für die Umrechnung:  $1 \text{ J} = 1 \text{ N m}$ ;  $1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$



## 7 In den Chemiekittel des Schweigens gehüllt

Um unangenehme Gerüche zu beseitigen enthalten Lufterfrischer wie „Febreze“ große organische Moleküle, unter anderem Cyclodextrin, welches hier abgebildet ist (für die Darstellung gilt: Eckpunkte, an denen kein Buchstabe steht, sind C-Atome. Alle H-Atome, die an C-Atome gebunden sind, werden weggelassen).



Schon auf den ersten Blick sieht es besonders aus: Cyclodextrin besteht aus sechs Glucose-Einheiten, die einen Ring bilden - dies spiegelt auch die Summenformel wieder.

- Zeichne ein cyclisches Glucosemolekül.
- Welche Summenformel hat Cyclodextrin?
- Bestimme den Außendurchmesser von Cyclodextrin in Å (das sind  $1 \cdot 10^{-10}$  m) unter Annahme einer sinnvollen Vereinfachung, nenne diese. Eine Glucoseeinheit hat einen mittleren Durchmesser von 4,1 Å.

Cyclodextrin besitzt einen polaren und unpolaren Bereich und ist in der Lage, unangenehme Gerüche verursachende Substanzen 1:1 im Inneren einzuschließen und bildet damit Einschlussverbindungen. Vereinfacht soll angenommen werden, dass eine Flatulenz (Furz) bei 25 °C zu 0,2% (Volumenprozent) aus einem Geruch hervorrufenden Molekül Thiofurzol besteht.

- Welcher Bereich von Cyclodextrin ist polar, welcher unpolar?
- Wie viel Cyclodextrin müssen 100 g Lufterfrischer enthalten, damit ein Sprühstoß (bestehend aus 0,5 g Aerosol) den Geruch einer Flatulenz neutralisiert?  
Eine Einheitsflatulenz soll ein Volumen von 200 mL besitzen.



## 1 Multiple Choice

1. b)
2. a)
3. d)
4. b), c), d)
5. b)
6. d)
7. b)
8. d), e)
9. c)
10. a)
11. d)
12. b), e)
13. c), e)
14. a)
15. b)

Für bearbeitete Teilaufgabe 5 Punkte und 1 Punkt Abzug pro falsch angekreuzte Antwort. Aber nicht weniger als 0 Punkte pro Teilaufgabe.

$\Sigma = 75$  Punkte

## 2 Kaliumdichromat

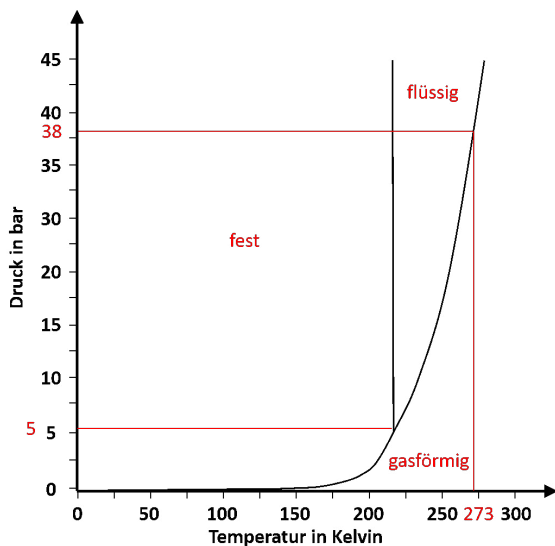
- a)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{KI} + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{I}_2 + 7\text{H}_2\text{O} + 4\text{K}_2\text{SO}_4$   
 oder  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{I}^- + 14\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{I}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$  1 P.  
 Die Protonen (Hydroniumionen) der Schwefelsäure ermöglichen (erleichtern) die Ablösung der Sauerstoffatome aus dem Dichromat unter Bildung von Wasser. 1 P.
- b) Damit durch eine Titration des entstandenen Iods auf den Dichromatgehalt geschlossen werden kann muss dieses vollständig reagiert haben. Dies ist nur möglich wenn Iodid im Überschuss vorliegt. 1 P.
- c)  $6 \cdot n_{\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = n_{\text{KI}}$  1 P.  
 $6 \cdot \frac{m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}} = \frac{m_{\text{KI}}}{M_{\text{KI}}}$  1 P.  
 $m_{\text{KI}} = \frac{6 \cdot 5 \text{ g} \cdot 166 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{294,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \underline{16,93 \text{ g}}$   
 Es werden mindestens 16,93 g Kaliumiodid benötigt. 1 P.
- d) Das entstandene Iod bildet mit der Stärke (und noch vorhandenem Iod) einen dunkelbraunen bis schwarzen Komplex der die Lösung entsprechend färbt. 1 P.
- e) Die Färbung nach Zugabe von Stärke lässt sich nur schwer erkennen wenn die Probe zuvor bereits gefärbt ist. Die farbigen Bestandteile der Probe lösen sich/färben die organische Phase beim Ausschütteln nicht (oder nur schwach) weswegen die Farbe leichter zu erkennen ist. 1 P.  
 Das Schütteln ermöglicht durch vermischen/Oberflächenvergrößerung, dass das Iod sich schnell in dem organischen Lösemittel löst. 1 P.
- f) Das organische Lösungsmittel darf sich nicht mit der wässrigen Phase mischen. (1 P.) 2 P.  
 Es muss Iod lösen. (1 P.)

$\Sigma = 11$  Punkte

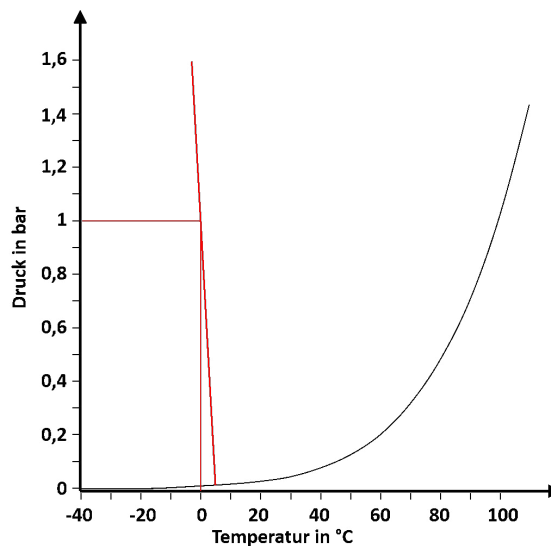


### 3 Phasendiagramme

- a) Siehe untenstehende Grafik: 1 P., wenn 1 Zustand richtig, 2 P. wenn alle 3 Zustände richtig eingetragen sind 2 P.
- b) Siehe untenstehende Grafik: 1 P. für negative Steigung, 1 P. wenn die Linie ungefähr durch den Punkt (0 °C, 1 bar) läuft. 2 P.
- c) 0 bar bis 5 bar 1 P.
- d) ungefähr 38 bar 1 P.
- e) Erhitzen:  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \longrightarrow \text{NH}_3(g) + \text{HCl}(g)$  1 P.  
 Abkühlen:  $\text{NH}_3(g) + \text{HCl}(g) \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl}_{(s)}$  1 P.



(a) Phasendiagramm von CO<sub>2</sub>

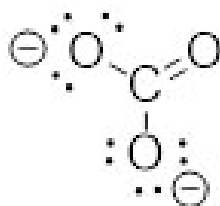


(b) Phasendiagramm von H<sub>2</sub>O

Abbildung 1: Lösungen der Phasendiagramme, einzuzeichnende Teile in rot

Σ = 8 Punkte

### 4 Natriumacetat



- a) 1 P.
- b) G: CO<sub>2</sub> 1 P.  
 A: NaC<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub> 1 P.

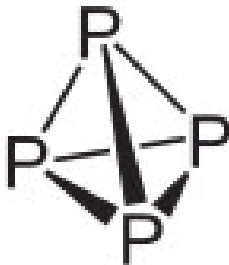


- c) Bariumhydroxid . Zum Nachweis des Gases G muss man dieses durch eine Lösung von Bariumhydroxid leiten. Dabei bildet sich schwerlösliches Bariumcarbonat, das die Lösung trübt gemäß folgenden Gleichung:  $\text{Ba(OH)}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  1 P.  
1 P.
- d) Es ist Wasser als weitere Verbindung entstanden. 1 P.  
 $2\text{HO}_2\text{C}_2\text{H}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NaO}_2\text{C}_2\text{H}_3$  1 P.
- e)  $M(\text{A}) = 82,03 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$   
82,03 g Natriumacetat lösen sich 58 °C in 3 mol Wasser. 1 P.  
 $\frac{82,03 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{3 \text{ mol} \cdot 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,474 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 1474 \frac{\text{g}}{\text{L}}$   
Die Löslichkeit von A muss mindestens 1474  $\frac{\text{g}}{\text{L}}$  betragen. 1 P.
- f) Bei der Kristallisation bilden sich zusätzliche (ionische) Bindungen zwischen den Ionen. Die Bindungsenergien dieser Bindung wird als Wärmeenergie frei. 1 P.  
Ein Handwärmer kann beliebig oft verwendet werden, da das auskristallisierte Natirumacetat durch erhitzen über 58 °C wieder in seinem Kristallwasser gelöst werden kann, wodurch der Zustand vor der Verwendung wieder hergestellt wird. 1 P.

$\Sigma = 12$  Punkte

## 5 Phoszination Feuer

- a) Löschmittel: Sand (praktischerweise am Strand vorhanden) 1 P.  
Notrufnummer: 112 1 P.
- b) Im  $\text{P}_4$ -Molekül liegen Bindungswinkel von 60° vor, die Bindungen zwischen den relativ großen P-Atomen sind sehr gespannt. 1 P.  
Aufgrund der ungünstigen (d.h. energiereichen) Bindungssituation wird viel Energie beim Bindungsbruch durch Reaktion mit Sauerstoff frei, die Reaktion läuft stark exotherm ab. 1 P.



- c)  $\text{P}_4 + 5\text{O}_2 \longrightarrow \text{P}_4\text{O}_{10}$  1 P.  
für eine Reaktionsgleichung, bei der  $\text{P}_2\text{O}_5$  entsteht, werden 0,5 P. abgezogen 2 P.
- d) Oxidationszahl: + V 1 P.  
Reaktion:  $3\text{P}_4 + 10\text{KClO}_3 \longrightarrow 3\text{P}_4\text{O}_{10} + 10\text{KCl}$  3 P.  
für eine Reaktionsgleichung, bei der  $\text{P}_2\text{O}_5$  entsteht, werden 0,5 P. abgezogen
- e) Im Sicherheitstreichholz reagieren Oxidationsmittel ( $\text{KClO}_3$ ) und Reduktionsmittel (S) nicht spontan miteinander (Im Gegensatz zu  $\text{KClO}_3$  und  $\text{P}_4$ ). Das Streichholz lässt sich nur an der Reibfläche entzünden, die räumliche Trennung von Phosphor und Oxidationsmittel verhindert die Selbstentzündung. 2 P.
- f)  $3\text{S} + 2\text{KClO}_3 \longrightarrow 3\text{SO}_2 + 2\text{KCl}$  3 P.

$\Sigma = 16$  Punkte



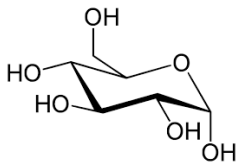


## 6 Salpetersäure

- a) Das Platin-Rhodium-Netz fungiert als Katalysator. 1 P.  
 Katalysatoren senken die Aktivierungsenergie für die gewünschte Reaktion und dirigieren den Stoffumsatz in die gewünschte Richtung. 1 P.  
1 P.
- b)  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$  1 P.  
 $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$  1 P.  
 $2\text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2$  1 P.  
 $2\text{NO}_2 \longrightarrow \text{N}_2\text{O}_4$  1 P.  
 $2\text{N}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \longrightarrow 4\text{HNO}_3$  1 P.
- c) Angabe der Oxidationszahlen für die Dimerisierung von  $\text{NO}_2$ . 1 P.  
 Die Reaktion von Stickstoffdioxid zu Distickstofftetraoxid ist keine Redoxreaktion. 1 P.
- d)  $n_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{0,6}$  1 P.  
 $\frac{V_0}{V_m} = \frac{m_{\text{HNO}_3}}{0,6 \cdot M_{\text{HNO}_3}}$  1 P.  
 $V_0 = \frac{m \cdot V_m}{0,6 \cdot M_{\text{HNO}_3}} = 10^6 \text{ g} \cdot \frac{22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}}{63 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,6} = 592,6 \cdot 10^3 \text{ L} = 592,6 \text{ m}^3$  1 P.  
 mit  $n = \frac{V_0}{V_m}$  ergibt sich:  $n = \frac{592,6 \text{ m}^3}{22,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}} = 26455,4 \text{ mol (NH}_3)$  1 P.  
 Umrechnung auf reale Bedingungen:  
 $p \cdot V = n \cdot R_0 \cdot T$  1 P.  
 $V = \frac{n \cdot R_0 \cdot T}{p} = \frac{26455,4 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298,15 \text{ K}}{101,3 \text{ kPa}} = \underline{647 \text{ m}^3}$  1 P.  
 Es müssen mindestens  $647 \text{ m}^3$  Ammoniak zur Verfügung stehen.

$\Sigma = 15$  Punkte

## 7 In den Chemiekittel des Schweigens gehüllt



- a) 2 P.
- b)  $\text{C}_{36}\text{H}_{60}\text{O}_{30}$ ; 2 Punkte falls komplett richtig 2 P.
- c) Annahme 1: Cyclodextrin ist kreisförmig. Dann ist der Umfang  $6 \cdot 4,1 \text{ \AA}$  und der Durchmesser  $d = 6 \cdot \frac{4,1 \text{ \AA}}{\pi} = 7,8 \text{ \AA}$   
 Annahme 2: Cyclodextrin ist sechseckig. Im regelmäßigen Sechseck ist die Hauptdiagonale doppelt so lang wie die Seiten, also erhält man den Durchmesser  $d = 2 \cdot 4,1 \text{ \AA} = 8,2 \text{ \AA}$ .  
 Alternativ: Man nimmt den Abstand gegenüberliegender Seiten im Sechseck als Durchmesser. Dann erhält man  $d = \sqrt{3} \cdot 4,1 \text{ \AA} = 7,1 \text{ \AA}$   
 (1 Punkt für die Annahme, 2 Punkte für die Berechnung. Für sinnvolle, berechnende Lösungen mit Ergebnis  $7,5 \text{ \AA} \pm 1,0 \text{ \AA}$  gibt es genauso viele Punkte.) 3 P.
- d) Im Inneren unpolar, außen polar 1 P.
- e)  $m(\text{Cyclodextrin}) = \frac{100 \text{ g}}{0,5 \text{ g}} \cdot 0,200 \text{ L} \cdot \frac{0,002}{24,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} \cdot 972 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3,1 \text{ g}$  3 P.

$\Sigma = 10$  Punkte

**Gesamt: 147 Punkte**

**„Chemie – die stimmt!“ 2017/2018**  
**Aufgabenblatt**  
**3. Runde – Klasse 10**



**1 Multiple Choice**

Unabhängig von der Fragestellung sind bei den folgenden Fragen eine oder mehrere Antworten richtig.

1. Wie heißen die vier Quantenzahlen, die zur Beschreibung des Aufbauprinzips des Periodensystems dienen?

a) <i>Bahnspin-quantenzahl</i>	b) <i>Neben-quantenzahl</i>	c) <i>Haupt-quantenzahl</i>	d) <i>Unter-quantenzahl</i>	e) <i>magnetische Quantenzahl</i>
f) <i>elektrische Quantenzahl</i>	g) <i>Spin-quantenzahl</i>	h) <i>Kern-quantenzahl</i>	i) <i>Spin-Bahn-Quantenzahl</i>	j) <i>Elektronen-quantenzahl</i>

2. Was löst sich in Wasser auf?

a) <i>Ag</i>	b) <i>K</i>	c) <i>NaI</i>	d) <i>PbS</i>	e) <i>S<sub>8</sub></i>
--------------	-------------	---------------	---------------	-------------------------

3. Welches Element hat die größte 2. Ionisierungsenergie?

a) <i>Ca</i>	b) <i>Yb</i>	c) <i>Rb</i>	d) <i>Cl</i>	e) <i>Au</i>
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

4. Welches Metall hat die größte Dichte?

a) <i>Zn</i>	b) <i>Li</i>	c) <i>Al</i>	d) <i>Pb</i>	e) <i>U</i>
--------------	--------------	--------------	--------------	-------------

5. Was ist die stärkste Säure?

a) <i>HCl</i>	b) <i>H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></i>	c) <i>HNO<sub>3</sub></i>	d) <i>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></i>	e) <i>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></i>
---------------	---------------------------------------	---------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------

6. Welches Verfahren ist zur Trennung eines Gemisches aus Kochsalz, Wasser und Sand geeignet?

a) <i>filtrieren und anschließend destillieren</i>	b) <i>destillieren und anschließend filtrieren</i>	c) <i>zentrifugieren und anschließend sieben</i>	d) <i>sublimieren und anschließend umkristallisieren</i>	e) <i>ausfrieren und anschließend zentrifugieren</i>
----------------------------------------------------	----------------------------------------------------	--------------------------------------------------	----------------------------------------------------------	------------------------------------------------------

7. Wie viele Atome befinden sich ungefähr in 64 g Schwefel?

a) $3 \cdot 10^{23}$	b) $3 \cdot 10^{24}$	c) $6 \cdot 10^{24}$	d) $1,2 \cdot 10^{24}$	e) $6 \cdot 10^{23}$
----------------------	----------------------	----------------------	------------------------	----------------------

8. Welches Element findet man in Stahlbeton?

a) <i>Ti</i>	b) <i>C</i>	c) <i>S</i>	d) <i>Si</i>	e) <i>Fe</i>
--------------	-------------	-------------	--------------	--------------

9. Ein dünner Überzug mit welchem Element eignet sich nicht als Korrosionsschutz für Stahl?

a) <i>Cu</i>	b) <i>Sn</i>	c) <i>Cr</i>	d) <i>Ni</i>	e) <i>Zn</i>
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

10. Welches Element kommt am häufigsten im Weltall vor?

a) <i>H</i>	b) <i>He</i>	c) <i>C</i>	d) <i>O</i>	e) <i>Fe</i>
-------------	--------------	-------------	-------------	--------------

11. Welches Element ist kein Lanthanoid?

a) <i>Yb</i>	b) <i>Tb</i>	c) <i>Tm</i>	d) <i>Tl</i>	e) <i>Th</i>
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

12. Welches Element besitzt kein stabiles Isotop?

a) <i>Tc</i>	b) <i>Ru</i>	c) <i>Rh</i>	d) <i>Pd</i>	e) <i>Ag</i>
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

13. Mangan kommt in zahlreichen Oxidationsstufen vor. Welche Oxidationsstufe gibt es allerdings nicht?

a) <i>1</i>	b) <i>0</i>	c) <i>5</i>	d) <i>8</i>	e) <i>4</i>
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

14. Welche Formel hat das Arsenat-Ion?

a) $AsO_3^{3-}$	b) $AsO_3^-$	c) $AsO_4^{3-}$	d) $AsO_2^-$	e) $AsO^+$
-----------------	--------------	-----------------	--------------	------------

15. Welches Metall reagiert mit Schwefelsäure?

a) <i>Pb</i>	b) <i>Zn</i>	c) <i>Fe</i>	d) <i>Ag</i>	e) <i>Au</i>
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------



## 2 Grünes Feuer

In einem beliebigen Experiment wird Borsäure ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) in einem Reagenzglas mit Methanol vermischt und in der Brennerflamme erwärmt. Nach kurzer Zeit wird die zunächst trübe Mischung klar und es bilden sich farblose Gasblasen. Zündet man das entweichende Gas an, verbrennt es mit einer durchgängig grünen Flamme.

Wird statt Methanol ein längerkettiges Alkanol verwendet, sind die Flammen gelb und zeigen nur einen mehr oder weniger ausgeprägten grünen Saum.

- Formuliere die Strukturformel für Borsäure.
- Gib die Reaktionsgleichung für die Umsetzung von Borsäure mit Methanol an.  
Hinweis: Es entstehen drei Wassermoleküle
- Benenne das grün brennende Reaktionsprodukt und gib seine Strukturformel an.
- Entwickle die Reaktionsgleichung für die beobachtete Verbrennung.
- Erkläre die Tatsache, dass bei der Verwendung längerkettiger Alkanole gelbe Flammen mit grünem Saum beobachtet werden.

## 3 Chemische Transportreaktion

Chemische Transportreaktionen beruhen darauf, dass ein gasförmiges Transportmittel B mit einem zu transportierenden Feststoff A in einer reversiblen (umkehrbaren) Reaktion zu einer gasförmigen Verbindung C reagiert.

Hinreaktion:  $\text{A}_{(s)} + \text{B}_{(g)} \longrightarrow \text{C}_{(g)}$  Rückreaktion:  $\text{C}_{(g)} \longrightarrow \text{A}_{(s)} + \text{B}_{(g)}$

Die Temperatur und Reaktionsenthalpie entscheiden, ob die Hinreaktion oder die Rückreaktion bevorzugt abläuft. In der Kälte läuft die exotherme Reaktion und in der Hitze läuft die endotherme Reaktion ab. Dadurch wird A in Anwesenheit von B innerhalb eines Reaktionsgefäßes zwischen Stellen unterschiedlicher Temperatur transportiert.

- Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Reaktionsenthalpie der Hinreaktion und der Rückreaktion?
- Wird A zur heißesten Stelle oder zur kältesten Stelle transportiert, wenn die Hinreaktion endotherm ist?

Besonders nützlich sind Transportreaktionen zur Reinigung von Metallen, wenn eine geeignete Transportreaktion existiert. Zum Beispiel wird beim *van-Arkel-de-Boer-Verfahren* Titan mithilfe von Iod aufgereinigt. Bei  $600\text{ °C}$  bildet sich am Reaktorboden Titan tetraiodid. Bei  $1200\text{ °C}$  zersetzt es sich an einem elektrisch beheizten Draht an der Decke des Reaktors wieder zu Titan.

- Stelle die Gleichungen der Reaktionen auf, die an beiden Seiten des Reaktionsgefäßes ablaufen. (inkl. Aggregatzustand)
- Warum eignet sich das beschriebene Verfahren zur Reinigung von Titan? Welche Eigenschaft müsste eine Verunreinigung besitzen um nicht abtrennbar zu sein?
- Zeige anhand der Oxidationszahlen, ob es sich um Redoxreaktionen handelt.

Bei diesem Prozess wird auch Wärmeenergie vom geheizten Draht abtransportiert.

- Erkläre, wie der Wärmetransport zustande kommt und wohin die Wärmeenergie transportiert wird.
- Wie viel elektrische Energie wird mindestens benötigt, um 1 kg Titan zu reinigen? Die Bildungsenthalpie von Titan tetraiodid beträgt  $\Delta H = -427 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ .

In herkömmlichen Glühlampen verdunstet der Wolframglühdraht aufgrund seiner hohen Temperatur langsam. Irgendwann ist der Glühdraht so dünn, dass er „durchbrennt“. Auch schlägt sich das Wolfram auf der Glasinnenseite nieder, wodurch die Lampe dunkler wird. In Halogenlampen wird deshalb eine kleine Menge eines Halogens (Brom oder Iod) zugesetzt, das mit Wolfram exotherm gasförmige Halogenide bildet und so die Lebensdauer der Lampe erhöht.

- Erkläre, wie das zugesetzte Halogen die Lebensdauer einer Halogenlampe erhöht.



#### 4 Fischer-Tropsch-Synthese

Die Fischer-Tropsch-Synthese ist ein historisches Verfahren zur Synthese von Alkanen. Nach seiner Entdeckung durch Franz Fischer und Hans Tropsch 1925 gelang es damit, im 2. Weltkrieg kriegswichtigen Kraftstoff aus Kohle herzustellen. Aufgrund der langsamen Verknappung des Rohöls wird die Fischer-Tropsch-Synthese heutzutage wieder angewandt. Das benötigte Synthesegas, ein Gemisch aus Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff, wird allerdings nicht aus Kohle sondern Biomasse gewonnen.

- a) Zeichne die Lewisformel für Kohlenstoffmonoxid. Es reicht eine mesomere Grenzformel aus. Beachte die Oktettregel wenn möglich und zeichne wenn nötig Formalladungen ein.

In einem experimentellem Fischer-Tropsch-Reaktor wird Synthesegas über ein eisenhaltiges hochporöses Substrat geleitet. Dabei entstehen nur Alkane, einwertige Alkene, einwertige Alkohole und Wasser.

- b) Welche Rolle nimmt das Fe-haltige Substrat ein? Warum muss es möglichst porös sein?
- c) Entwickle jeweils eine allgemeingültige Reaktionsgleichung für die Bildung eines Alkans, eines einwertigen Alkens und eines Alkohol mit einer beliebigen Kettenlänge  $n$  ( $n = 1,2,3,\dots$ ) aus dem Synthesegas.

In einem konstanten Reaktorvolumen und bei einem Druck von 54 bar werden 600 L Synthesegas zur Reaktion gebracht, das Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff im Volumen-Verhältnis 1:2 enthält. Der Druck sinkt bis zur vollständigen Umsetzung der Edukte auf 24 bar. Es entstehen 430 L Wasserdampf. Gehe vereinfacht davon aus, dass die Temperatur während des gesamten Prozesses 323 °C beträgt, dass ausschließlich Gase entstehen, es sich dabei um ideale Gase handelt und keinerlei Nebenreaktionen ablaufen.

- d) Bestimme den Anteil der Alkohole im entstehenden Gemisch aus Alkanen, Alkenen und Alkoholen! ( $1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$ ,  $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$ ,  $T_0 = -273 \text{ °C}$ )

Der Anteil der Alkene im Produktgemisch kann durch quantitative Hydrierung bestimmt werden. Um 100 L Reaktionsprodukt aus d) bei 24 bar und 323 °C zu hydrieren, sind 5 g Wasserstoff nötig.

- e) Gib für ein einwertiges Alken deiner Wahl die Hydrierungsreaktion unter Verwendung von Strukturformeln an.
- f) Bestimme den Anteil der Alkene und Alkane im Gemisch aus Alkanen, Alkenen und Alkoholen. Gehe von idealen Gasen aus. Falls du d) nicht lösen konntest, gehe von einem Alkoholanteil von 13 Volumenprozent aus.

Durch Veränderungen in den Reaktionsbedingungen konnte die Entstehung von Alkoholen unterbunden werden, sodass nur noch Kohlenwasserstoffe entstehen.

- g) Welche Parameter im Verfahren könnten womöglich angepasst worden sein, um diese Veränderung in der Produktzusammensetzung zu erreichen? Nenne drei davon.

Wie in den Reaktionsgleichungen in Aufgabe c) formuliert, entstehen Kohlenwasserstoffe unterschiedlicher Kettenlänge  $n$ . Der jeweilige Massenanteil  $\omega(n)$  eines bestimmten Kohlenwasserstoff mit Kettenlänge  $n$  an der Gesamtmasse aller entstehenden Kohlenwasserstoffe kann über die sogenannte *Schulz-Flory-Verteilung* berechnet werden:

$$\omega(n) = n \cdot \alpha^{n-1} \cdot (1 - \alpha)^2 \quad \text{mit } n = 1,2,3,\dots$$

Bei  $\alpha$  handelt es sich um eine für diese spezielle Fischer-Tropsch-Synthese angepasste Konstante mit  $\alpha = 0,85$

- h) In Benzin sind Kohlenwasserstoffe der Kettenlänge  $n$  von 5-11 enthalten. Berechne den Massenanteil des „Benzins“ im Produktgemisch, das bei dieser Fischer-Tropsch-Synthese entsteht.

Der jährliche (PKW)-Benzin-Verbrauch in Deutschland liegt bei ungefähr  $45 \cdot 10^9$  L. 1 Hektar Rohstofffläche (Raps, Mais) liefert nach Umsetzung zum Synthesegas und Reaktion im Fischer-Tropsch-Reaktor 100075 L Ertrag an Kohlenwasserstoffen aller Kettenlängen  $n$ .

„Chemie – die stimmt!“ 2017/2018  
Aufgabenblatt  
3. Runde – Klasse 10



- i) Berechne die nötige Fläche zum Anbau der Rohstoffe, um damit den jährlichen (PKW)-Benzin-Bedarfs Deutschlands mithilfe der Fischer-Tropsch-Synthese zu decken. Gehe dabei davon aus, dass der Massenanteil des Benzins im gesamten Kohlenwasserstoffgemisch dem berechneten Anteil aus h) entspricht. Die Dichte von Benzin beträgt  $\rho \approx 0,74 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  (Falls du h) nicht lösen konntest, gehe von einem Benzin-Anteil im Kohlenwasserstoffgemisch von 40% aus).

Zum Vergleich: Baden-Württemberg besitzt eine Fläche von  $3,6 \cdot 10^6$  ha

## 5 Gravimetrie

Die Gravimetrie umfasst Analysenmethoden, die auf der Auswaage von Stoffen beruhen. Ein Beispiel ist die Fällungsanalyse. Hierfür wird die zu bestimmende Substanz in Form einer schwerlöslichen Verbindung, der Fällungsform, ausgefällt und abgetrennt. Anschließend wird sie durch Erhitzen und Trocknen in die Wägeform überführt, wobei Wägeform und Fällungsform dieselbe Verbindung sein können. Die Wägeform wird schließlich gewogen und aus dem Gewicht wird die Menge der Ausgangssubstanz berechnet.

- a) Welche Eigenschaften müssen die Fällungsreaktion und die Wägeform besitzen?

Filtertiegel sind spezielle Glastiegel für die Fällungsanalyse, deren Boden aus einem Glasfilter, der sog. Fritte, besteht. Bei ihrer Verwendung wird die Fällungsform mit dem Filtertiegel gefiltert und zusammen mit diesem im Ofen erhitzt. Nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur wird der Filtertiegel gewogen und durch Subtraktion der bekannten Masse des Filtertiegels die Masse der Wägeform bestimmt.

- b) Warum muss der Filtertiegel vor dem Wiegen auf Raumtemperatur abkühlen?

- c) Welches Problem tritt auf, wenn man mit einem Filterpapier filtriert und in einem anderen Gefäß erhitzt und wiegt?

Ein Becherglas enthält eine unbekannte Menge Schwefelsäure. Es soll mithilfe von Bariumchlorid eine Fällungsanalyse zur Bestimmung der Menge an Schwefelsäure durchgeführt werden.

- d) Stelle die Reaktionsgleichung für die Fällung von Schwefelsäure mit Bariumchlorid auf.

- e) Benenne die Wägeform und die Fällungsform für die durchgeführte Analyse.

Die Masse der Wägeform wurde mit 3,176 g bestimmt.

- f) Berechne die Masse an Schwefelsäure in dem Becherglas.

- g) Bestimme das Volumen an Schwefelsäure. ( $\rho = 1,8305 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ )



## 6 Elektronegativität

Kovalente chemische Bindungen lassen sich in unpolare und polare Bindungen einteilen. Pauling bemerkte, dass die Bindungsenergie einer Bindung umso größer ist, je polarer diese ist. Dies ermöglichte ihm, die Bindungspolarität als Elektronegativitätsdifferenz der an der Bindung beteiligten Atome aufzufassen. Somit konnte er mit Hilfe von Bindungsenergien die Elektronegativitäten der verschiedenen Atome bestimmen.

- Was unterscheidet eine polare von einer unpolaren kovalenten Bindung? Erkläre, wie sich polare Bindungen auf die Löslichkeit und den Schmelzpunkt von Substanzen auswirken.
- Wie ist die Elektronegativität definiert?

Pauling ging bei seiner Berechnung der Elektronegativität folgendermaßen vor:

Er betrachtete zwei unterschiedliche Atomsorten, Atom  $a$  und Atom  $b$ . Wenn nun Atom  $a$  mit einem andern Atom  $a$  eine Bindung eingeht beträgt die Bindungsenergie  $D_{aa}$ . Wenn Atom  $a$  mit Atom  $b$  eine Bindung eingeht, ist die Bindungsenergie  $D_{ab}$ . Wenn Atom  $b$  mit einem andern Atom  $b$  eine Bindung eingeht, ist die Bindungsenergie  $D_{bb}$ . Interessant ist nun, dass die Bindungsenergie zwischen unterschiedlichen Atomen größer ist als der Durchschnitt der Bindungsenergien zwischen gleichen Atomen.

Tabelle 1: Bindungsenergien in  $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

	H	F	Cl	Br
H	436	567	431	366
F	567	159	261	280
Cl	431	261	242	219
Br	366	280	219	194

Wenn man nun Atom  $a$  die Elektronegativität  $E_a$  und Atom  $b$  die Elektronegativität  $E_b$  zuweist stellt man fest, dass dieser Unterschied in guter Näherung proportional zur Differenz der Elektronegativitäten der beiden Atome ist. Es ergibt sich mit der Proportionalitätskonstante  $k$  folgende Gleichung.

$$D_{ab} - \frac{1}{2} \cdot (D_{aa} + D_{bb}) = (E_a - E_b)^2 \cdot k$$

Damit kann man Elektronegativitäten relativ zueinander berechnen. Um eine absolute Skala zu erhalten, wird Fluor eine Elektronegativität von 4,0 und Wasserstoff eine Elektronegativität von 2,2 zugewiesen.

- Berechne die Elektronegativität von Chlor und Brom nach der Methode von Pauling. Bestimme dazu zuerst  $k$ , indem du obige Gleichung für die Atome Fluor und Wasserstoff aufstellst.
- Manche Elemente, wie z.B. Helium, besitzen nach Pauling keine Elektronegativität. Warum kann für Helium keine Elektronegativität angegeben werden?
- Warum verläuft die Verbrennung der meisten Elemente stark exotherm? Begründe kurz mithilfe der Elektronegativität.



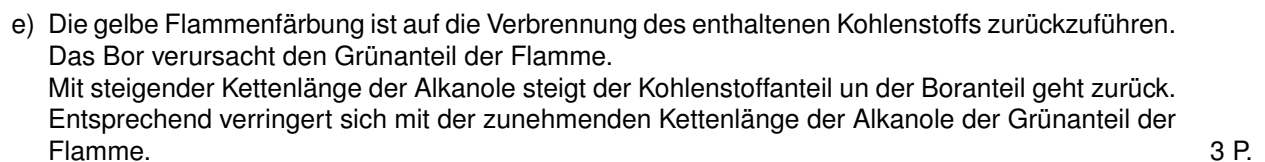
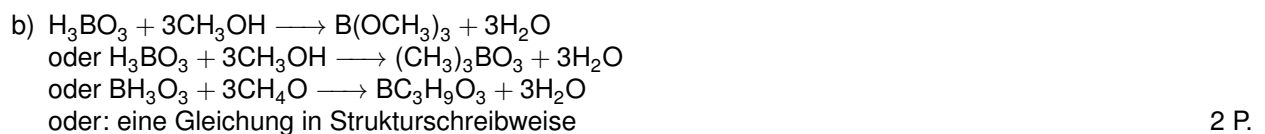
## 1 Multiple Choice

1. b), c), e), g)
2. b), c)
3. c)
4. e)
5. d)
6. a)
7. d)
8. b), d), e)
9. a)
10. a)
11. d), e)
12. a)
13. d)
14. c)
15. b), c)

Für bearbeitete Teilaufgabe 5 Punkte und 1 Punkt Abzug für falsch angekreuzte Antwort. Aber nicht weniger als 0 Punkte pro Teilaufgabe.

$\Sigma = 75$  Punkte

## 2 Grünes Feuer



$\Sigma = 10$  Punkte



### 3 Chemische Transportreaktion

- a) Die Reaktionsenthalpie von Hin- und Rückreaktion müssen aufgrund der Energieerhaltung das jeweils negative des anderen sein. 1 P.
- b) A wird zur kältesten Stelle transportiert wenn die Hinreaktion endotherm ist. 1 P.
- c)  $Ti_{(s)} + 2I_{2(g)} \longrightarrow TiI_{4(g)}$   
 $TiI_{4(g)} \longrightarrow Ti_{(s)} + 2I_{2(g)}$   
 Gleichung (1 P.), Aggregatzustände (1 P.) 2 P.
- d) Nur das Titan wird unter den gegebenen Bedingungen von Iod transportiert und scheidet sich deswegen als reines Metall an dem beheizten Draht ab. (1 P.)  
 Eine nicht abtrennbare Verunreinigung müsste wie das Titan mit Iod eine gasförmige Verbindung bilden, die in der Hitze wieder zersetzt wird. (1 P.) 2P.
- e)  $Ti^0$   
 $I_2^0$   
 $Ti^{+4}I_4^{-1}$   
 Die Oxidationszahlen der beteiligten Elemente ändern sich also muss es sich um eine Redoxreaktion handeln. 1 P.
- f) Die Rückreaktion ist endotherm weswegen bei der Titanabscheidung am beheizten Draht Wärmeenergie aufgenommen wird. Die Wärmeenergie wird wieder abgegeben wenn das freigesetzte Iod exotherm mit dem Rohtitan reagiert. (1 P.)  
 Dies ist am Boden des Reaktors. (1 P.) 2 P.
- g)  $\frac{1 \text{ kg}}{47,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 427 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 8914 \text{ kJ}$  1 P.
- h) Das zugesetzte Halogen wirkt als Transportmittel und transportiert das an der Glasinnenseite abgeschiedene Wolfram zurück zum heißeren Glühdraht. (1 P.)  
 Dadurch brennt der Glühdraht später durch und die Lampe verdunkelt nicht. (1 P.) 2 P.

$\Sigma = 13$  Punkte

### 4 Fischer-Tropsch-Synthese

- a)  $\ominus | C \equiv O | \oplus$  1 P.
- b) Rolle eines Katalysators und beschleunigt damit ablaufende Reaktion. Porosität erhöht die Oberfläche des Katalysators: Er kann mehr Edukte auf einmal umsetzen. 2 P.
- c) Alkane:  $nCO + (2n + 1)H_2 \longrightarrow C_nH_{2n+2} + nH_2O$   
 Alkene:  $nCO + (2n)H_2 \longrightarrow C_nH_{2n} + nH_2O$   
 Alkohol:  $nCO + (2n)H_2 \longrightarrow C_nH_{2n+2}O + (n - 1)H_2O$  3 P.
- d) Lösung mit Berechnung der Stoffmengen:  
 Stoffmenge der Sauerstoffatome vor der Reaktion:  
 $V_{CO} = 600 \text{ L} \cdot \frac{1}{1+2} = 200 \text{ L}$  1 P.  
 $n_O = n_{CO} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{54 \cdot 100000 \text{ Pa} \cdot 0,2 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 596 \text{ K}} = 217,955 \text{ mol}$  1 P.  
 Stoffmenge der nicht zu Wasser umgesetzten Sauerstoffatome bzw. Alkohole:  
 $n_{H_2O} = \frac{24 \cdot 100000 \text{ Pa} \cdot 0,43 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 596 \text{ K}} = 208,268 \text{ mol}$   
 $n_{\text{Alkohole}} = n_O - n_{H_2O} = 9,6866 \text{ mol}$  1 P.  
 Stoffmenge der Alkene, Alkane, und Alkohole:  
 $V_{A,A,A} = 600 \text{ L} - 430 \text{ L}$   
 $n_{A,A,A} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{24 \cdot 100000 \text{ Pa} \cdot 0,17 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 596 \text{ K}} = 82,3387 \text{ mol}$  1 P.  
 Anteil der Alkohole:  
 $\frac{n_{\text{Alkohole}}}{n_{A,A,A}} = 11,76 \%$





Der Anteil der Alkohole an den Alkanen, Alkenen und Alkoholen beträgt 11,8%.

1 P.

*Alternative Lösung ohne Berechnung der Stoffmengen:* Es genügt eine Betrachtung auf der Ebene der Volumina, da es sich bei allen Reaktanden laut Aufgabe um ideale Gase handelt (jeweiliges Volumen stellt Maß für die Stoffmengen dar und egal welches Molekül betrachtet wird, es nimmt bei selben Druck und Temperatur immer das selbe Volumen ein). Eine umständliche Umrechnung in die Stoffmenge mithilfe des idealen Gasgesetz entfällt:

Zu Beginn liegen 200 L CO vor (da Verhältnis CO:H<sub>2</sub>=1:2); bei 54 bar. Gemäß dem *Gesetz von Boyle und Mariotte* würden bei einem hypothetischen Druck von 24 bar also  $200 \text{ L} \cdot \frac{54}{24} = 450 \text{ L}$  CO vorliegen (Umrechnung in Enddruck für Vergleich unten zwingend nötig; vgl. allgemeines Gasgesetz!).

1 P.

1 P.

Würde davon ausgegangen werden, dass das komplette CO zum entstehenden Wasserdampf reagiert, so müssten bei den resultierenden 24 bar ebenfalls 450 L Wasserdampf vorliegen. Da jedoch ein Teil des Sauerstoffs aus dem CO auch in die Alkohol-Moleküle „fließt“, entsteht weniger Wasser (vgl. (n - 1) in c)). Tatsächlich erhält man laut Aufgabenstellung nur 430 L Wasserdampf. Die Differenz dazu, also die fehlenden 20 L „O-Atome“, müssen in den Alkohol geflossen sein:  $V(\text{Alkohol}) = 20 \text{ L}$  (bei 24 bar). Die Alkane und Alkene nehmen ein Restvolumen von  $V(\text{Alkane/Alkene}) = 600 \text{ L} - V(\text{Alkohol}) - V(\text{Wasserdampf}) = 600 \text{ L} - 20 \text{ L} - 430 \text{ L} = 150 \text{ L}$  ein.

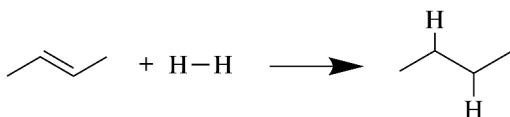
1 P.

1 P.

$$\begin{aligned} \text{Anteil(Alkohole)} &= \frac{V(\text{Alkohole})}{V(\text{Alkohole}) + V(\text{Alkane/Alkene})} \\ &= \frac{20 \text{ L}}{20 \text{ L} + 150 \text{ L}} \approx \underline{\underline{11,76\%}} \end{aligned}$$

1 P.

e) Beispielweise kann But-2-en für die geforderte Reaktionsgleichung verwendet werden:



1 P.

f) *Lösung mit Berechnung der Stoffmengen:*

Stoffmenge der Alkene in den 100 L:

$$n_{\text{Alkene}} = n_{\text{H}_2} = 2,48 \text{ mol}$$

1 P.

Stoffmenge der Alkene, Alkane, Alkohole in den 100 L:

$$n_{\text{A,A,A}} = \frac{p \cdot V_{\text{A,A,A,H}_2\text{O}}}{R \cdot T} \cdot \frac{V_{\text{A,A,A}}}{V_{\text{A,A,A,H}_2\text{O}}} = \frac{p \cdot V_{\text{A,A,A,H}_2\text{O}}}{R \cdot T} \cdot \frac{V_{\text{A,A,A,H}_2\text{O}} - V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{A,A,A,H}_2\text{O}}} = \frac{24 \cdot 100000 \text{ Pa} \cdot 0,1 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \cdot 596 \text{ K}} \cdot \frac{600 \text{ L} - 430 \text{ L}}{600 \text{ L}}$$

$$= 13,7231 \text{ mol}$$

1 P.

Anteil Alkene in Alkoholen, Alkenen und Alkanen in den 100 mol:

$$\frac{n_{\text{Alkene}}}{n_{\text{A,A,A}}} = \frac{2,48 \text{ mol}}{13,7231 \text{ mol}} = 18,0717 \%$$

1 P.

Anteil Alkane in Alkoholen, Alkenen und Alkanen in den 100 L:

$$100 \% - 18,0717 \% - 11,76 \% (13 \%) = 70,2 \% (68,9 \%)$$

Der Anteil der Alkane an den Alkanen, Alkenen und Alkoholen beträgt 70,2% (68,9%).

1 P.

Alle folgenden Rechnungen unter der Grundannahme der idealen Gase und der daraus folgenden Tatsachen, dass Stoffmenge und Volumen „synonym“ verwendet werden können:

5 g H<sub>2</sub> entsprechen  $n = \frac{m}{M} \approx 2,48 \text{ mol H}_2$ . Dies entspricht bei  $T = 323^\circ\text{C} = 596 \text{ K}$  und  $p = 24 \text{ bar} = 2400 \text{ kPa}$  einem Volumen von:

1 P.

$$pV = nRT \Leftrightarrow V(\text{H}_2) = \frac{nRT}{p} \approx 5,12 \text{ L}$$

Aus dem Aufgabentext von d) ist bekannt dass der Wasserdampf  $\frac{430}{600}$  einnimmt, also bei 100 L:  $V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{430}{600} \cdot 100 \text{ L} \approx 71,67 \text{ L}$



Das Restvolumen  $V^* = 100,0 \text{ L} - 71,67 \text{ L} = 28,33 \text{ L}$  entspricht zugleich dem Volumen der Alkane, Alkene und Alkohole. Aus d) ist bekannt dass dieses zu 11,76% aus Alkoholen besteht:  $V(\text{Alkohol}) = V^* \cdot 0,1176$  (0,1300) = 3,332 L (3,683 L) 1 P.

Deshalb können die Alkene und Alkane zusammen nur noch ein Volumen von  $V(\text{Alkane/Alkene}) = V^* - V(\text{Alkohole}) = 25,00 \text{ L}$  (24,65 L) einnehmen.

Aus der Reaktionsgleichung aus e) ist ersichtlich, dass ein  $\text{H}_2$ -Molekül eine Doppelbindung absättigt. Daher gilt  $V(\text{H}_2) = V(\text{Alken}) \approx 5,12 \text{ L}$  und weiterhin also  $V(\text{Alkan}) = V(\text{Alkane/Alkene}) - V(\text{Alken}) \approx 19,88 \text{ L}$  (19,53 L)

$$\begin{aligned} \text{Anteil(Alkene)} &= \frac{V(\text{Alkene})}{V(\text{Alkohole}) + V(\text{Alkane/Alkene})} \\ &= \frac{5,12 \text{ L}}{11,76 \text{ L (13 L)} + 16,57 \text{ L (15,33 L)}} \approx \underline{\underline{18,07\%}} \end{aligned}$$

1 P.

$$\begin{aligned} \text{Anteil(Alkane)} &= 100\% - \text{Anteil(Alkene)} - \text{Anteil(Alkohole)} \\ &= 100\% - 18,07\% - 11,76\% \text{ (13,00\%)} \approx \underline{\underline{70,17\% (68,93\%)}} \end{aligned}$$

1 P.

Die eingeklammerten Zahlen zwischen den Rechnungen beziehen sich immer auf die alternativ zu verwendete Ausbeute an Alkoholen von 13%, falls d) nicht gelöst wurde.

g) Veränderung des Katalysators (Bestandteile und deren Anteile), Druck, Temperatur, Mischungsverhältnisse der Edukte. 3 P.

h) Einsetzen von  $\alpha = 0,85$  in die Schulz-Flory-Verteilung:

$$\omega(n) = n \cdot 0,85^{n-1} \cdot (1 - 0,85)^2 = n \cdot 0,85^{n-1} \cdot 0,15^2 = 0,0225 \cdot n \cdot 0,85^{n-1}$$

2 P.

Gesamtmassenanteil der für Benzin geeigneten Kohlenwasserstoffe im Reaktionsgemisch:

$$\omega_{\text{Ges}} = \omega(5) + \omega(6) + \omega(7) + \omega(8) + \omega(9) + \omega(10) + \omega(11) \approx 39,18\%$$

1 P.

i) Masse bei Umsetzung von 1 ha Rohstoff im Fischer-Tropsch-Reaktor von allen möglichen Kohlenwasserstoffen:  $m = V \cdot \rho = 100075 \text{ L} \cdot 0,74 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \approx 74055,50 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$  1 P.

Von diesen Kohlenwasserstoffen (mit beliebigen  $n$ ) können jedoch nur Kohlenwasserstoffe der Kettenlänge  $n = 5 - 11$  verwendet werden, da nur diese für Benzin geeignet sind. In h) wurde deren Massenanteil  $\omega_{\text{Ges}} \approx 39,18\%$  (40%) berechnet.

Demnach liefert 1 ha Rohstofffläche  $m(\text{Benzin}) = 39,18\%$  (40%)  $\cdot 74055,50 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \approx 29020 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$  (29620  $\frac{\text{kg}}{\text{ha}}$ ) 1 P.

Die jährlich in Deutschland verbrauchte PKW-Benzinverbrauch liegt bei  $m_{\text{ges}} = V \cdot \rho = 45 \cdot 10^9 \text{ L} \cdot 0,74 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \approx 3,3 \cdot 10^{10} \text{ kg}$  1 P.

Damit ist folgende Fläche nötig:

$$A = \frac{m_{\text{ges}}}{m(\text{Benzin})} = \frac{3,3 \cdot 10^{10} \text{ kg}}{29020 \text{ (29620)} \frac{\text{kg}}{\text{ha}}} \approx \underline{\underline{1,1 \cdot 10^6 \text{ ha}}}$$

1 P.

Dies entspricht ungefähr einem Drittel der Fläche von Baden-Württemberg. Und damit wäre nur der Benzin-Bedarf für PKWs gedeckt!

$\Sigma = 26$  Punkte



## 5 Gravimetrie

- a) Möglichst nahezu vollständiger Stoffumsatz/Abtrennung bei der Fällung. Wägeform muss stöchiometrische Zusammensetzung besitzen. 2 P.
- b) Ist der Filtertiegel wärmer als die Umgebung gilt dies auch für die in ihm enthaltene Luft. Der Auftrieb der wärmeren Luft verringert das gemessene Gewicht. Dadurch werden zu kleine Massen erhalten. 1 P.
- c) Man muss die/den Fällungsform/Filterkuchen/Niederschlag vom Filterpapier trennen und in das andere Gefäß überführen. Dabei entstehen Verluste, wodurch zu kleine Massen erhalten werden. 1 P.
- d)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \longrightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^-$  1 P.
- e) Wägeform und Fällungsform sind identisch  $\longrightarrow \text{BaSO}_4$  2 P.
- f)  $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{BaSO}_4}$   
 $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = m_{\text{BaSO}_4} \cdot \frac{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{BaSO}_4}}$   
 $3,176 \text{ g} \cdot \frac{98 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{233,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \underline{\underline{1,334 \text{ g}}}$  3 P.
- g)  $V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{1,334 \text{ g}}{1,8305 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = \underline{\underline{0,729 \text{ cm}^3}}$  1 P.

$\Sigma = 11$  Punkte

## 6 Elektronegativität

- a) In einer polaren Bindung sind die Bindungselektronen nicht gleichmäßig zwischen den Atomen verteilt, bzw. die beteiligten Atome tragen Partialladungen. 1 P.
- b) Elektronegativität ist die Fähigkeit eines Atoms in einer Bindung die Bindungselektronen an sich zu ziehen. 1 P.
- c) Bestimmung von  $k$ :

$$D_{HF} - \left( \frac{D_{FF} + D_{HH}}{2} \right) = (E_F - E_H)^2 \cdot k \quad (1)$$

$$567 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \left( \frac{159 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 436 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{2} \right) = (4,0 - 2,2)^2 \cdot k \quad (2)$$

$$k = 83,18 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \quad (3)$$

1 P.

Bestimmung der Elektronegativität von Chlor:

$$D_{FCl} - \left( \frac{D_{FF} + D_{ClCl}}{2} \right) = (E_F - E_{Cl})^2 \cdot k \quad (4)$$

$$261 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \left( \frac{159 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 242 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{2} \right) = (4,0 - E_{Cl})^2 \cdot 83,18 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \quad (5)$$

$$E_{Cl} = 3,1 \quad (6)$$

1 P.

Bestimmung der Elektronegativität von Brom:

$$D_{FBr} - \left( \frac{D_{FF} + D_{BrBr}}{2} \right) = (E_F - E_{Br})^2 \cdot k \quad (7)$$

$$280 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \left( \frac{159 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 194 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{2} \right) = (4,0 - E_{Br})^2 \cdot 83,18 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \quad (8)$$

$$E_{Br} = 2,9 \quad (9)$$



Auch Berechnung die von anderen Elementen als Fluor ausgehen sind möglich. Es ergeben sich dann leicht andere Werte. 1 P.

d) Es sind keine Verbindungen von Helium bekannt. Deshalb können keine Bindungsenergien gemessen und die Elektronegativität bestimmt werden. 1 P.

e) Sauerstoff ist viel elektronegativer als die meisten Elemente (zweit elektronegativstes Element nach Fluor). Die Verbindungen von Sauerstoff mit anderen Elementen enthalten aufgrund der großen Elektronegativitätsdifferenzen sehr starke Bindungen im Vergleich zu den Verbindungen in denen die Elektronegativitätsdifferenzen 0 sind. 1 P.

Deshalb ist die Energie die bei der Bildung der neuen Bindungen frei wird viel größer als die, die benötigt wird um Bindungen zu brechen und die Verbrennungsreaktion stark exotherm 1 P.

$\Sigma = 8$  Punkte

**Gesamt: 143 Punkte**