

Sehr geehrte Lehrkraft,

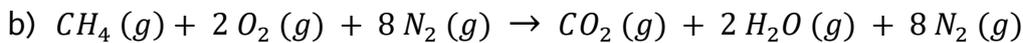
hierbei handelt es sich um die Musterlösung der 1. Runde des Auswahlverfahrens zur 52. Internationalen ChemieOlympiade 2020 in Konya (Türkei). Sollten in der Musterlösung Unklarheiten enthalten sein, wenden Sie sich zuerst an Ihren Landesbeauftragten. Sollte Ihr Anliegen so nicht geklärt werden können, wenden Sie sich an icho@ipn.uni-kiel.de.

Die Frist zur Abgabe der Ausarbeitung bei Ihnen als Lehrkraft ist der 13.09.2019. Bitte tragen Sie die Punkte Ihrer Schüler und Schülerinnen bis zum 29.09.2019 im Onlineportal ein. Die Lösungen der Schülerinnen und Schüler werden zur Archivierung an die jeweiligen Landesbeauftragten versendet. Alle Schülerinnen und Schüler mit einem Lösungserfolg von 83 Punkten erreichen die 2. Runde, die als 3-stündige Klausur am 06.12.2019 geschrieben wird. Alle Schüler und Schülerinnen, die sich nicht in den letzten zwei Schuljahren befinden, erhalten den Juniorbonus von 10 Punkten. Für alle Schülerinnen und Schüler erhalten Sie eine Urkunde, aus der hervorgeht, ob sie sich für die 2. Runde qualifiziert haben. Ab dem 13.09.2019 stehen für die qualifizierten Schülerinnen und Schüler Aufgaben zur Vorbereitung auf der Homepage zur Verfügung. (www.icho.de)

Lösungen 1-01: Alles brennt

a)

Vollständige Verbrennung	Unvollständige Verbrennung
oxidierend	reduzierend
Überschuss	Mangel
CO ₂	Ruß



$$\Delta H = \Delta_f H_{CO_2}^0 + 2 \Delta_f H_{H_2O}^0 - \Delta_f H_{CH_4}^0$$

$$\Delta H = (-393,8 - 2 \cdot 241,8 + 74,81) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = -802,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Der Betrag dieser Enthalpie steht zur Verfügung, um die Reaktionsprodukte zu erwärmen.

Die Temperaturerhöhung ergibt sich durch $\Delta T = \frac{q}{c_{p,m}}$ und $T_{\text{Flamme}} = 298 \text{ K} + \frac{q}{c_{p,m}}$.

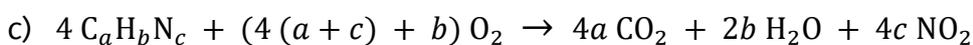
1. $c_{p,m} = c_{p,CO_2} + 2 \cdot c_{p,H_2O} + 8 \cdot c_{p,N_2}$

$$c_{p,m} = (37,11 + 2 \cdot 33,58 + 8 \cdot 29,13) \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} = 337,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

$$T_{\text{Flamme}} = 298 \text{ K} + \frac{802,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{337,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}} = 2677 \text{ K}$$

2. $c_{p,m} = (37,11 + 2 \cdot 33,58 + 2 \cdot 29,13) \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} = 162,53 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

$$T_{\text{Flamme}} = 298 \text{ K} + \frac{802,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{162,53 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}} = 5236 \text{ K}$$



$$M(CO_2) = 44,009 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n_{(\text{CO}_2)} = \frac{2,695 \text{ g}}{44,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 61,24 \text{ mmol}$$

$$M_{(\text{H}_2\text{O})} = 18,015 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,644 \text{ g}}{18,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 35,74 \text{ mmol}$$

$$M_{(\text{NO}_2)} = 46,005 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n_{(\text{NO}_2)} = \frac{0,471 \text{ g}}{46,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 10,24 \text{ mmol}$$

$$n_{(\text{C})} = 61,24 \text{ mmol}$$

$$n_{(\text{H})} = 71,48 \text{ mmol}$$

$$n_{(\text{N})} = 10,24 \text{ mmol}$$

$$n_{(\text{C})} : n_{(\text{H})} : n_{(\text{N})} = 5,98 : 6,98 : 1$$

Summenformel $\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$ oder Vielfache. Eindeutige Bestimmung durch Ermittlung der molaren Masse (Massenspektrometrie, kolligative Eigenschaften...)



$$35 \cdot n_{\text{CO}_2} \hat{=} 24 \cdot n_{\text{O}_2}$$

$$n_{(\text{O}_2)} = \frac{35}{24} \cdot n_{(\text{CO}_2)} = 89,31 \text{ mmol} \quad \text{Alternative Berechnungen über H}_2\text{O oder NO}_2 \text{ möglich.}$$

Das molare Volumen bei Normbedingungen ist $22,414 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ und damit

$$V_{(\text{O}_2)} = 22,711 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 89,31 \text{ mmol} = 2,028 \text{ L.}$$

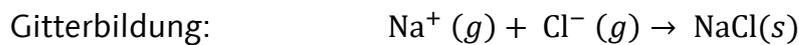
- e) In einem Rauchmelder mit IR-LED wird deren kontinuierlich emittierte Strahlung von einer Photodiode registriert. Rauch oder Aerosole führen zu einer erheblichen Streuung der Strahlung, wodurch sich die an der Diode registrierte Intensität abschwächt. Das löst dann den Alarm aus. Beim Deospray handelt es sich ebenfalls um ein Aerosol, das die infrarote Strahlung streut, sofern es in den Rauchmelder eindringt.
- f) Auch wenn Verbrennungen stark exotherme Reaktionen sind, benötigen sie die Zufuhr von Aktivierungsenergie. Beim Teelicht wird thermische Energie benötigt, damit die *Zündtemperatur* überschritten wird. Anschließend hält die Reaktionsenthalpie die weitere Verbrennung aufrecht. Die Teelichtflamme ist reduzierend. Durch unvollständige Verbrennung entstehende Rußpartikel glühen bei der Flammentemperatur und emittieren so die wahrnehmbare, gelbe Farbe.
- g) **G** ist Wasserstoff: $2 \text{ K} + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ KOH} + \text{H}_2$

$$h) -Q = -c_p m \Delta T = \left(-4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}\right) \cdot 2,135 \text{ kg} \cdot (-0,152 \text{ K}) = 1,36 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = \frac{1,36 \text{ kJ}}{\frac{19,83 \text{ g}}{58,44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}} = 4,01 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H = \Delta H_{\text{hydr}} - \Delta H_{\text{Gitter}}$$

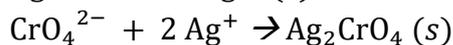
$$\Delta H_{\text{Gitter}} = \Delta H_{\text{hydr}} - \Delta H = (-784 - 4,01) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = -788 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$



- i) Die Blaufärbung der entleuchteten (oxidierenden) Flamme beruht auf der Emission von thermisch angeregten CO_2 -Radikalen, die bei der vollständigen Verbrennung entstehen.

Li: rot, Na: gelborange, K: violett, Ca: rot, Sr: rot, Ba: grün. Eine eindeutige Unterscheidung ist durch Betrachten der charakteristischen Emissionslinien im Spektrometer möglich.

Lösungen 1-02: Titer der Kokosnuss



Die Mohr'sche Titration ist eine Fällungstitration.

b)

- gut einwägbar
- inert gegen Zersetzung und Reaktion an Luft
- nicht hygroskopisch
- Keine Abgabe von Kristallwasser
- Stöchiometrische Reaktion
- Löslichkeit im gewünschten Lösungsmittel
- (weitere möglich)

c) A5 – B4 – C2 – D1 – E3

- d) 1,50 mL Maßlösung enthalten 1,5 μmol Cl^- . Zur Titerbestimmung wurden 25 mL von 50 mL verwendet. Die Stoffmenge der Chlorid-Ionen beträgt 0,75 μmol .

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \rightarrow c_2 = c_{\text{ist}} = \frac{0,75 \mu\text{mol}}{15,2 \text{ mL}} = 0,0493 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$t = \frac{c_{\text{ist}}}{c_{\text{soll}}} = \frac{0,04934 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}}{0,0500 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}} = 0,987$$

e)

	unreife Frucht	reife Frucht	Rehydrationslösung
V(AgNO ₃ -Maßlösung) ohne Titer-Korrektur in mL	21,9	29,2	24,4
V(AgNO ₃ -Maßlösung) mit Titer-Korrektur	21,6	28,8	24,1
$\beta(\text{Cl}^-)$ in $\text{mg} \cdot (100 \text{ mL})^{-1}$ (Referenzwert)	1,55	2,07	1,73
$\beta(\text{Cl}^-)$ in $\text{mg} \cdot (100 \text{ mL})^{-1}$ (berechneter Wert)	1,53	2,04	1,71
Abweichung vom Referenzwert	0,02 (1,29%)	0,03 (1,45%)	0,02 (1,16%)
Innerhalb der Fehlertoleranz	✓	✓	✓

Rechenweg:

$$c_{\text{Cl}^-} = \frac{c_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3}}{V_{\text{Cl}^-}} ; \frac{m_{\text{Cl}^-}}{V_{\text{Cl}^-}} (\text{Verdünnung}) = M_{\text{Cl}^-} \cdot c_{\text{Cl}^-}$$

$$\frac{m_{\text{Cl}^-}}{V_{\text{Cl}^-}} (\text{Probe}) = \frac{m_{\text{Cl}^-}}{V_{\text{Cl}^-}} (\text{Verdünnung}) \cdot \frac{50 \text{ mL}}{5 \text{ ml}} = \beta(\text{Cl}^-, \text{Verdünnung}) \cdot \frac{50 \text{ mL}}{5 \text{ ml}}$$

$$\text{Abweichung: } \frac{\beta(\text{Cl}^-, \text{Referenz}) - \beta(\text{Cl}^-, \text{berechnet})}{\beta(\text{Cl}^-, \text{Referenz})}$$

Beispiel Unreife Frucht:

$$c_{\text{Cl}^-} = \frac{0,050 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \cdot 21,6 \text{ mL}}{25 \text{ mL}} = 0,0432 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

$$\beta(\text{Cl}^-, \text{Verdünnung}) = 35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,0432 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} = 1,53 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\beta(\text{Cl}^-, \text{Probe}) = 1,53 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot 10 = 1,53 \frac{\text{mg}}{100 \text{ mL}}$$

$$\text{Abweichung: } \frac{1,55 \frac{\text{mg}}{100 \text{ mL}} - 1,53 \frac{\text{mg}}{100 \text{ mL}}}{1,55 \frac{\text{mg}}{100 \text{ mL}}} = 0,0129 = 1,29 \%$$

- f) Bei saurem pH liegt das Chromat/Dichromat-Gleichgewicht von Spezies **A** auf der Seite des Dichromats. Dieses verfälscht durch seine orange-rote Farbe das Erkennen des Umschlagpunktes:



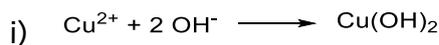
Bei zu basischem pH fallen die Silber-Kationen der Spezies **B** als schwerlösliches Silber(I)-oxid (und Silber(I)-hydroxid) aus, welches zu einem nicht erkennbaren Umschlagpunkt führt.



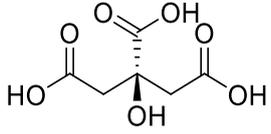
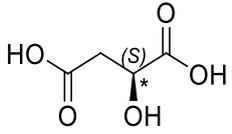
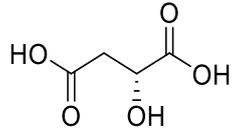
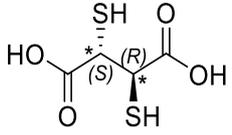
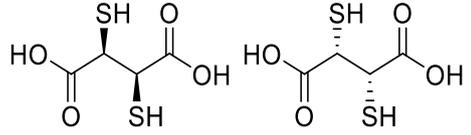
- g) Das als Indikator verwendete Chromat würde Iodid zu Iod oxidieren. Dies würde zu einer zu gering bestimmten Menge an Iodid sowie dem Verbrauch des Indikators führen.

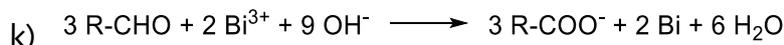


- h) $\text{Cu}^{2+} + \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7^{4-} \longrightarrow [\text{CuC}_6\text{H}_4\text{O}_7]^{2-}$ Im stark basischen Milieu dissoziiert neben den Säurefunktionalitäten auch die OH-Gruppe. Akzeptiert werden ein einfach negativ geladener Chelat-Komplex (Beispielsweise ausgeglichen mit Wasser) oder der hier beschriebene zweifach negativ geladene Komplex.

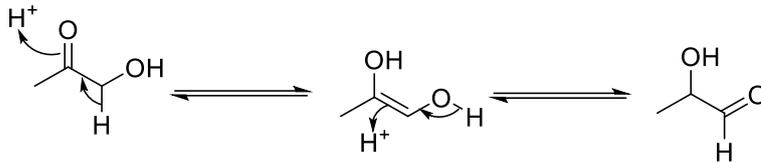


j)

Stereoisomer	chiral/achiral	weitere Stereoisomere
 (Citronensäure)	achiral	-
 (Äpfelsäure)	chiral	
 (Dimercaptobernsteinsäure)	achiral (meso)	



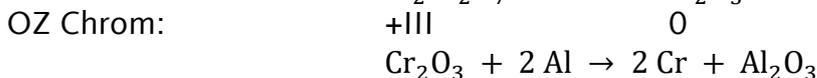
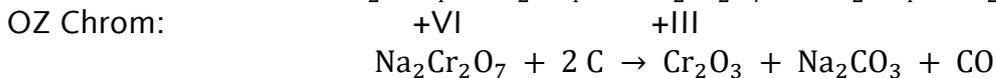
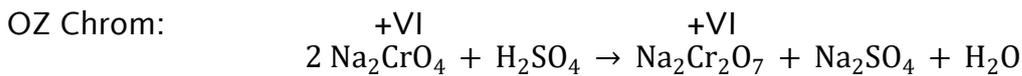
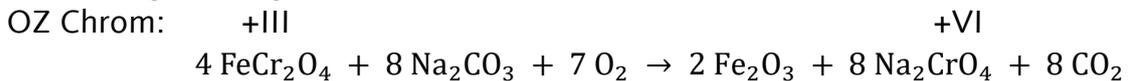
α -Hydroxyketone weisen die sogenannte Keto-Enol-Tautomerie auf, bei welcher sie sich in α -Hydroxyaldehyde umlagern können und daher ebenfalls mit Nylanders Reagenz reagieren.



- l) Glucose und Fructose weisen als „Zuckermonomere“ eine Aldehyd- bzw. eine α -Hydroxyketon-Funktion auf, sodass sie mit Nylanders Reagenz reagieren. In Saccharose sind diese beiden Monomere jedoch durch eine glykosidische Bindung miteinander verknüpft, sodass sie diese Funktionen nicht mehr aufweisen und daher auch nicht mehr mit Nylanders Reagenz reagieren.

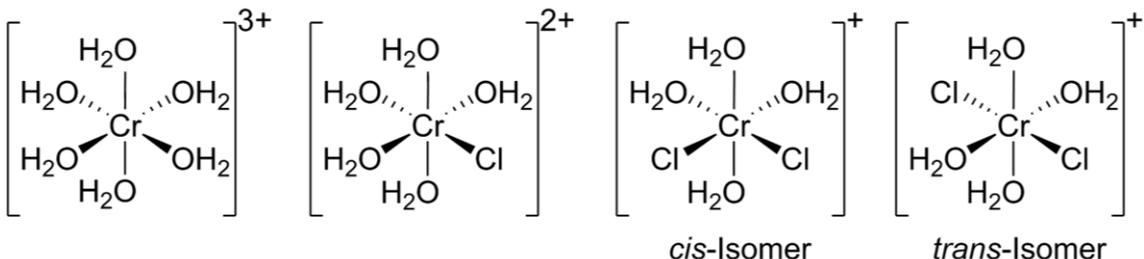
Lösungen 1-03: Rund ums Chrom

- a) Reaktionsgleichungen:

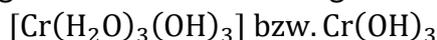


- b) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$: Hexaaquachrom(III)
 $[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]^+$: Tetraaquadichloridochrom(III)
 $[\text{CrCl}(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$: Pentaaquachloridochrom(III)

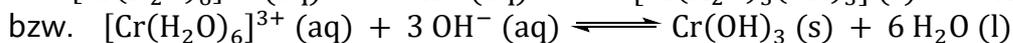
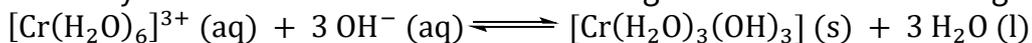
Für den Hexaaquakomplex und den Pentaaquakomplex liegt jeweils nur ein Isomer vor, für den Tetraaquakomplex dagegen 2 Isomere, bei denen es sich um Diastereomere (genauer: *cis-trans*-Isomerie) handelt.



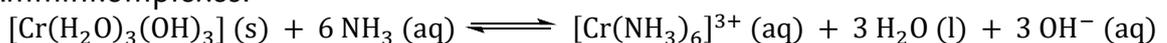
- c) Beim gebildeten Niederschlag handelt es sich um:



Die Hydroxid-Ionen der Ammoniak-Lösung führen zur Niederschlagsbildung:



Im Überschuss von Ammoniak löst sich der Niederschlag unter Bildung eines Amminkomplexes:





Bei der Auflösung des grünen Niederschlages handelt es sich um eine Gleichgewichtsreaktion. Erst bei einem Überschuss an Ammoniak verschiebt sich das Gleichgewicht vollständig in Richtung Amminkomplex.

- d) Elementares Chrom: $[\text{Ar}] 3d^5 4s^1$
Chrom(III)komplex: $[\text{Ar}] 3d^3$

- e) Für die Bestimmung der Summenformel wird zunächst mithilfe des Lambert-Beer'schen Gesetzes die Konzentration c der Verbindung **A** in der Lösung bestimmt.

$$E = \varepsilon \cdot c \cdot d \quad (\text{Lambert-Beer'sches Gesetz})$$

$$c = \frac{E}{\varepsilon \cdot d} = \frac{0,868}{500 \frac{\text{L}}{\text{mol} \cdot \text{cm}} \cdot 1 \text{ cm}} = 1,736 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Mithilfe der Einwaage kann die Massenkonzentration β von **A** berechnet werden:

$$\beta = \frac{m}{V} = \frac{0,0229 \text{ g}}{0,1 \text{ L}} = 0,229 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Zwischen Massenkonzentration und Konzentration besteht der Zusammenhang:

$$\beta = M \cdot c$$

Umstellen nach der molaren Masse führt zum Ergebnis:

$$M = \frac{\beta}{c} = \frac{0,229 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{1,736 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 131,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Im Aufgabentext sind auch die Massenanteile an Chrom und Sauerstoff gegeben. Wird nun von 131,9 g (d. h. 1 mol) der Verbindung **A** ausgegangen, so können die Stoffmengen an Chrom und Sauerstoff berechnet werden:

$$m(\text{Cr}) = \omega \cdot m = 0,394 \cdot 131,9 \text{ g} = 52,0 \text{ g}$$

$$n(\text{Cr}) = \frac{m(\text{Cr})}{M(\text{Cr})} = 52,0 \text{ g} / (51,9961 \frac{\text{g}}{\text{mol}}) = 1,0 \text{ mol}$$

$$m(\text{O}) = (1 - \omega) \cdot m = (1 - 0,394) \cdot 131,9 \text{ g} = 79,9 \text{ g}$$

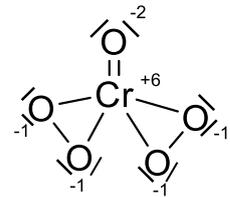
$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{79,9 \text{ g}}{15,991 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 5,0 \text{ mol}$$

1 mol der Verbindung **A** enthält also 1 mol Chrom und 5 mol Sauerstoff. Die Summenformel der Verbindung lautet daher: CrO_5

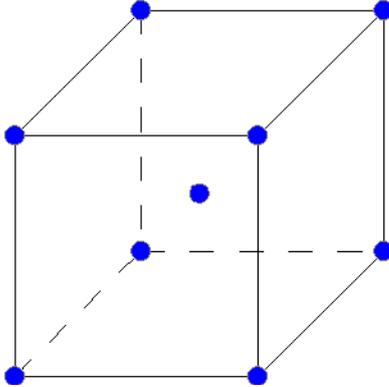
(Anmerkung: Es handelt sich dabei um Chrom(VI)-pentaoxid, auch Chrom(VI)-peroxid oder Chromperoxid genannt.)

Farbe der Verbindung: blau

- f) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{CrO}_5 + 5 \text{H}_2\text{O}$



- g) Die Elementarzelle ist nachfolgend abgebildet. Die Positionen der Chrom-Atome sind eingezeichnet.



- h) Zunächst wird die Anzahl Z der Chrom-Atome in der Elementarzelle bestimmt: Es muss berücksichtigt werden, dass die Atome auf den Ecken der Elementarzelle nur anteilig in die Zelle gehören. An einer Ecke befinden sich immer acht benachbarte Elementarzellen, sodass die Atome auf den Ecken nur jeweils zu einem Achtel zu einer Elementarzelle beitragen. Das Atom im Inneren der Elementarzelle liegt vollständig darin. Da sich acht Chrom-Atome auf den Ecken und eins in der Mitte befinden, folgt für die Anzahl:

$$Z = 8 \cdot \frac{1}{8} + 1 \cdot 1 = 2$$

Für die Berechnung der Dichte wird zuerst die Gesamtmasse der Atome in einer Elementarzelle berechnet. Diese ergibt sich zu:

$$m = Z \cdot \frac{M}{N_A} = 2 \cdot \frac{M}{N_A} = \frac{2 \cdot 0,05199 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{6,0223 \cdot 10^{23} \text{ mol}} = 1,727 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

Für die Berechnung der Dichte wird außerdem noch das Volumen der Elementarzelle benötigt. Da es sich um eine kubische Elementarzelle handelt, ist es gegeben durch $V = a^3$, wobei a die Kantenlänge bezeichnet. Für das Volumen folgt somit:

$$V = a^3 = (2,89 \cdot 10^{-10} \text{ m})^3 = 2,41 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$$

Die Dichte ergibt sich dann als Quotient aus Masse und Volumen.

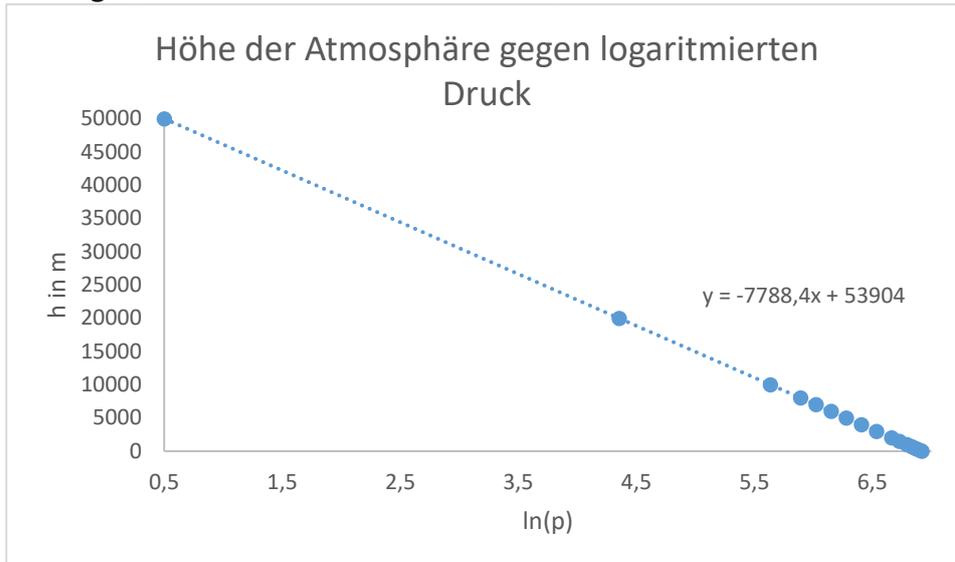
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1,727 \cdot 10^{-25} \text{ kg}}{2,41 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3} = 7166 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 7,17 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Lösungen 1-04: Atmosphärenchemie

- a) Stickstoff 78,08%, Sauerstoff 20,95%, Argon 0,93%, Wasserdampf ist nicht gefordert, da wechselnde Konzentrationen vorliegen.
- b) $2 \text{ Fe (s)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \xrightarrow{\Delta T} 2 \text{ FeO (s)}$
Dabei wird eine Abnahme des Volumens beobachtet. Wird ein bekanntes Volumen verwendet, kann aus der Differenz des Ursprungsvolumens und des Endvolumens

die Abnahme von Sauerstoff im Gasgemisch quantifiziert werden. Ein genau definiertes Volumen wird beispielsweise durch die Verwendung von Kolben erreicht, wobei das Gasgemisch aus einem Kolben durch ein dünnes Quarzrohr gedrückt wird. Im Quarzrohr befindet sich die Eisenwolle und es wird erhitzt.

- c) Troposphäre, Stratosphäre, Mesosphäre, Thermosphäre, Ionosphäre.
d) Der Luftdruck soll logarithmiert werden. Hierbei gibt es verschiedene Möglichkeiten. Egal, ob dekadisch oder natürlich, es sollte sich eine Gerade ergeben.



Aus dieser kann über die Geradengleichung der Druck berechnet werden über

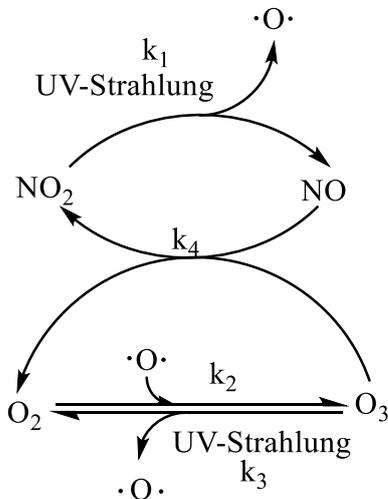
$$y = h = mx + b$$

$$p_{\text{Everest}} = e^{\frac{h-b}{m}} = e^{\frac{8848 \text{ m} - 53904 \text{ m}}{-7788,4 \frac{\text{m}}{\ln \text{ hPa}}}} = 325 \text{ hPa}$$

$$p_{\text{Zugspitze}} = 693 \text{ hPa}$$

- e) Moleküle als Massepunkte
Keine Kräfte untereinander
Geradlinige und konstante Bewegungen der Moleküle bis zum Stoß

f)



- g) Ohne UV-Einstrahlung finden weder die Zersetzung von Ozon, noch die Dissoziation von NO₂ zu NO statt. Da es außer der lichtinduzierten Dissoziation von NO₂ im betrachteten Modell keinen Pfad für einen Abbau von NO₂ gibt, würde sich in diesem Fall kein Gleichgewicht einstellen, sondern es reichert sich NO₂ an. Für die Einstellung eines Gleichgewichtes ist deshalb eine Photodissoziation essentiell.

Ozon kann sowohl mittels Photodissoziation, als auch durch Reaktion mit NO verbraucht werden. Deshalb ist hier auch ohne photochemische Zersetzung die Einstellung eines Gleichgewichtes zu erwarten.

- h) Im stationären Gleichgewicht gibt es keine Änderungen der Konzentrationen:

$$\frac{dc_{\text{NO}_2}}{dt} = \frac{dc_{\text{NO}}}{dt} = \frac{dc_{\text{O}_3}}{dt} = \frac{dc_{\text{O}_2}}{dt} = \frac{dc_{\text{O}}}{dt} = 0$$

$$c_{\text{O}_3} = \frac{k_1^{hv} \cdot c_{\text{NO}_2}}{k_4 \cdot c_{\text{NO}}} = \frac{k_2 c_{\text{O}_2} c_{\text{O}}}{k_3^{hv} + k_4 \cdot c_{\text{NO}}} = \frac{k_2 c_{\text{O}_2} c_{\text{O}} - k_1^{hv} \cdot c_{\text{NO}_2}}{k_3^{hv}}$$

$$c_{\text{NO}} = \frac{k_1^{hv} \cdot c_{\text{NO}_2}}{k_4 \cdot c_{\text{O}_3}} = \frac{k_3^{hv}}{k_4} - \frac{k_2 c_{\text{O}_2} c_{\text{O}}}{k_4 \cdot c_{\text{O}_3}}$$

$$c_{\text{NO}_2} = \frac{k_4 \cdot c_{\text{NO}} \cdot c_{\text{O}_3}}{k_1^{hv}} = \frac{k_2 c_{\text{O}_2} c_{\text{O}} - k_3^{hv} c_{\text{O}_3}}{k_1^{hv}}$$

1., 3., 5.

Quellen: Verbrennungsprozesse (Motoren, Industrieanlagen, Öfen, ...)
Lichtbögen (Blitze, Schweißen, ...)

Senken: Saurer Regen.

- i) Aerosole sind zweiphasige Gemische aus fein verteilten, schwebenden Feststoffen oder Flüssigkeiten mit einem gasförmigen (Haupt-)bestandteil.

An den Kondensationskeimen (Aerosol) lagert sich durch eine hohe Luftfeuchtigkeit weiteres Wasser an, bis die einzelnen Tropfen eine Größe erreichen, in der die Tropfen nicht mehr schweben. Sie fallen dann abhängig von der Temperatur als Regen oder Schnee auf die Erde.

- j) Das Sonnenlicht wird an den Teilchen in der Atmosphäre (Luftmoleküle, Aerosole, Tröpfchen) gestreut. Die Streuung ist abhängig von der Teilchengröße und der Wellenlänge. Durch die Streuung an Molekülen wird der kurzwellige Bereich des Spektrums stärker gestreut, während an großen Teilchen der langwellige Bereich gestreut wird. Zusätzlich sorgt abends der längere Weg des Lichtes durch die Atmosphäre für eine höhere Extinktion des kurzwelligen Lichtes. Wir sehen deshalb ein Abendrot.S

Aufgabe 1-1	Stichwort	Teilpunkte	Punkte	Gesamt
a)	Alle Gegensätze korrekt 2P Alle Eigenschaften korrekt zugeordnet 2P			4
b)	Reaktionsgleichung 1P ΔH 1P Gleichung $C_{p,m}$ 1P 2 Werte $C_{p,m}$ je 1P Gleichung T_{Flamme} 1P 2 Werte T_{Flamme} je 1P Wird N_2 vergessen -2P Weitere Gase (Ar, \dots) ändern nichts			8
c)	Reaktionsgleichung 1P Molare Massen alle korrekt 1P Stoffmengen alle korrekt 1P Verhältnisformel 1P 1 sinnvolle Methode zur Bestimmung der Molaren Masse genannt 1P			5
d)	Rechenweg 1P Volumen bestimmt 1P			2
e)	Messung mittels Photodiode 1P Streuung der Strahlung 1P Deo als Aerosol 1P			3
f)	Exotherme Reaktion 1P Aktivierungsenergie 1P Zündtemperatur 1P Teelichtflamme reduzierend 1P Rußpartikel verglühen 1P			5

g)	Wasserstoff 1P Reaktionsgleichung 1P			2
h)	Enthalpie berechnet 1P Differenz gebildet 1P Korrekter Wert 1P Zwei Reaktionsgleichungen je 1P			5
i)	CO ₂ -Radikale 1P Thermische Anregung 1P Farben zugeordnet 1P je 2 Farben (3P) Charakteristische Emissionslinien 1P Messmethode 1P			7
				41

Aufgabe 1-2	Stichwort	Teilpunkte	Punkte	Gesamt
a)	Reaktionsgleichung AgCl 1P Reaktionsgleichung Ag ₂ CrO ₄ 1P Fällungstiteration 1P			3
b)	Je Eigenschaft 1P (Max. 3P)			3
c)	5 Maßlösungen zuordnen 3P (3 korrekt 2P, 2 korrekt 1P)			3
d)	Rechenweg 2P Titer bestimmt 1P			3
e)	Alle Werte korrekt 6P Je Fehler -1P			6
f)	Gleichung im Sauren 1P Färbung im Sauren 1P Gleichung im Basischen 1P Fällung im Basischen 1P			4
g)	Reaktionsgleichung 1P Begründung 1P			2
h)	Reaktionsgleichung 1P			1
i)	Reaktionsgleichung 1P			1
j)	Citronensäure achiral 1P Äpfelsäure chiral 1P Dimercaptobernsteinsäure achiral 1P 3 Isomere gezeichnet 3P Kein chirales Zentrum bei Citronensäure 1P 1 Stereozentrum Äpfelsäure 1P 2 Stereozentren Dimercaptobernsteinsäure 1P			9
k)	Reaktionsgleichung 1P Keto-Enol-Tautomerie 1P			4

	Schema 2P			
I)	Aldehyd 1P α-Hydroxketon 1P Glycosidische Bindung 1P Glucose und Fructose reagieren mit Nylanders Reagenz 2P Saccharose reagiert nicht mit Nylanders Reagenz 1P			6
				45

Aufgabe1-3	Stichwort	Teilpunkte	Punkte	Gesamt
a)	Vier Gleichungen je 1P (Gesamt 4P) alle Oxidationszahlen 2P (ab 1 Fehler: 1P, ab 3 Fehler 0P)			6
b)	IUPAC-Namen je 1P (Gesamt 3P) Strukturen je 1P (Gesamt 4P) cis-trans-Isomerie 1P			8
c)	[Cr(H ₂ O) ₃ (OH) ₃] (oder Cr(OH) ₃) 1P Reaktionsgleichung Fällung 1P Reaktionsgleichung Überschuss 1P Erklärung 1P			4
d)	Zwei Elektronenkonfigurationen 1P (bei Fehler 0P)			1
e)	Anwendung Lambert-Beer'sches Gesetz 1P Berechnung von <i>M</i> 2P (1P Rechnung, 1P Wert) Anteil Chrom 1P Anteil Sauerstoff 1P Summenformel 1P Sechs Oxidationszahlen 1P (bei 1 Fehler 0P) Farbe: blau 1P Lewis-Strukturformel 1 P			9
f)	Reaktionsgleichung 1P			1
g)	Zeichnung Elementarzelle 2P			2
h)	Anzahl Atome/Elementarzelle 1P Rechnung 4P Dichte Wert 1P			6
				37

Aufgabe 1-4	Stichwort	Teilpunkte	Punkte	Gesamt
a)	3 Stoffe mit jeweiligem Anteil 2P			2
b)	Definiertes Volumen 1P Messmethode genannt 1P Reaktionsgleichung 1P			3
c)	Nennung zweier Schichten 1P			1
d)	Logarithmieren 1P Grafik 1P Geradengleichung 1P Druckberechnung 1P Wert Mount Everest 1P Wert Zugspitze 1P			6
e)	Massepunkte 1P Keine Kräfte 1P Bewegungen 1P			3
f)	Alle Spezies vorhanden 1P Kreislauf erkennbar 1P Alle Pfeile korrekt 2P Alle Beschriftungen korrekt 2P			6
g)	Keine Abbaureaktion NO_2 ohne $h\nu$ 1P Anreicherung erwähnt 1P 2Pfade für O_3 -Abbau 1P Ohne $h\nu$ Gleichgewicht möglich 1P			4
h)	Änderung der Konzentrationen im Gleichgewicht = 0 gesetzt 1P Korrektter Ausdruck c_{O_3} 1P Korrektter Ausdruck c_{NO_2} 1P Korrektter Ausdruck c_{NO} 1P			7

	Multiple Choice korrekt 1P Nennung 2 Quellen 1P Nennung 1 Senke 1P			
i)	Fein verteilte schwebende Feststoffe oder Flüssigkeiten 1P Gasförmiger Hauptbestandteil 1P Hohe Luftfeuchtigkeit 1P Anlagerung Wasser 1P Tropfengröße 1P Temperaturabhängigkeit des Niederschlags 1P			6
j)	Streuung des Sonnenlichts 1P Abhängigkeit von Teilchengröße 1P Abhängigkeit von λ 1P Abends längerer Weg 1P Begründung für Farbunterschied (Tag/Abend) 1P			5
				43