



1 *Rekorde chemischer Elemente*

Beantworte nachfolgende Fragen.

- Welches ist das Element mit der höchsten Schmelztemperatur bei Standardbedingungen (25°C und 1013 hPa)?
- Welches ist das Metall mit der geringsten Dichte bei Standardbedingungen?
- Welches Element besitzt die meisten Modifikationen?
- Welches Element sublimiert bei Raumtemperatur?
- Welches ist das häufigste Element im Universum?
- Welches ist das edelste Element?
- Welches ist das teuerste Element?
- Welches ist das tödlichste, nicht radioaktive Element?
- Welches Element hat die größte Anzahl stabiler Isotope?

2 *Vom Kaffeekochen und weiteren Trennungen*

Im Labor, aber auch im Alltag, begegnen uns viele Gemische, die getrennt werden müssen. Sei es die Trennung eines Hühnereis, die Zubereitung eines Kaffees oder das Abgießen von Pasta, erst die Trennung ermöglicht den Genuss oder die weitere Verarbeitung.

Bleiben wir zuerst beim Kaffee. Nach dem Aufbrühen mit heißem Wasser trennt man den Kaffeesatz vom Kaffee. Dazu haben sich verschiedene Methoden etabliert. Bekannte Methoden sind u.a. die Zubereitung als Mokka oder die mittels einer French Press.

- Beschreibe die Vorgänge beim Aufbrühen von Kaffee im Teilchenmodell.
- Nenne den Fachbegriff des Vorgangs beim Aufbrühen vom Kaffee und begründe, warum man heißes Wasser (92-96°C) verwendet, obwohl es danach wieder abkühlen muss?
- Nenne die Fachbegriffe der Trennung des Kaffees vom Satz beim Mokka und bei der French Press.

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 9/Hessen



Kaffeemühlenhersteller empfehlen unterschiedliche Mahlgrade für verschiedene Arten der Zubereitung. So soll Kaffee für Espressomaschinen sehr fein gemahlen sein, für eine French Press jedoch eher grob.

- d) Begründe den unterschiedlichen Mahlgrad.
- e) Im Widerspruch zu Deiner Begründung sollte der feine Mahlgrad des Kaffees für Mokka stehen. Argumentiere, warum Mokka trotzdem traditionell sehr fein gemahlen wird.

Beim Experimentieren mit dem Kaffee in der Küche kippst Du aus Versehen das Salz in einen Behälter mit Sand, den Dein kleiner Bruder beim letzten Strandurlaub gesammelt hat und der jetzt unbedingt in der Küche stehen muss.

- f) Beschreibe, wie Du vorgehen musst, um das Gemisch aus Sand und Kochsalz wieder zu trennen.

Zum Abschluss noch eine etwas komplexere Trennung aus dem Labor: Du hast eine Lösung von Kaliumchlorid in Kalilauge. Als weitere Reagenzien stehen Dir nur Wasser und Ethanol zur Verfügung.

- g) Beschreibe, wie du vorgehen kannst, um festes Kaliumchlorid und Kaliumhydroxid aus der wässrigen Lösung zu gewinnen. Erkläre dabei, welche Stoffeigenschaften Du ausnutzt.

Aus einem Lucky Luke Comic ist folgendes Wildwestrezept überliefert: „Man nehme ein halbes Pfund Kaffee, feuchte es etwas mit Wasser an, eine halbe Stunde köcheln lassen, dann die Hufeisenprobe. Wenn es einsinkt ist er zu dünn.“

- h) Beschreibe, was die Dichte von Kaffee beeinflusst. Ist es möglich ein Leichtmetall auf Kaffee schwimmen zu lassen?

3 Wer bin ich?

A ist ein Element der 5. Periode, welches früher als Zahlungsmittel verwendet wurde. In Lösung liegt es als Kation vor. Durch Zugabe eines Halogenids **B**, welches in Steinsalz vorkommt, fällt der weiße Feststoff **C** aus. Unter Lichteinwirkung verfärbt dieser sich dunkel. Mit einem anderen Halogenid **D** bildet sich aus dem Kation eine Verbindung **E**, die in der Analogfotografie von Bedeutung war. Das Halogen, welches in **D** vorkommt, ist in elementarer Form flüchtig. Wird eine Lösung von **A** als Kation von einem nach faulen Eiern riechenden Gas **F** durchströmt, fällt ein schwarzer Feststoff **G** aus.

- a) Gib die Namen und Summenformeln der Stoffe **A** bis **G** an.

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020

Aufgabenblatt

2. Runde – Stufe 9/Hessen



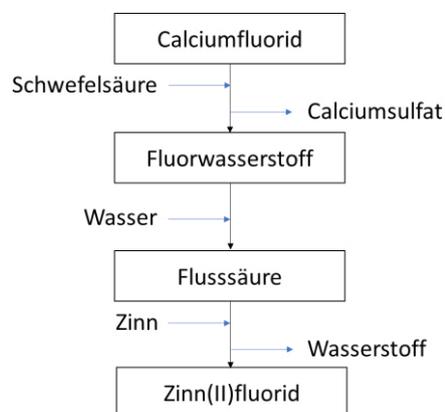
- b) Schreibe die Reaktionsgleichung zur Bildung von **C** auf.
- c) Erkläre außerdem mit Hilfe einer Reaktionsgleichung, woher die dunkle Färbung des Stoffes **C** kommt.

4 Flusssäure und Glasätzen

Im Museum seht ihr einen wunderschönen Glasspiegel mit matten Verzierungen auf der Glasoberfläche. Vom Museumsführer erfahrt ihr, dass das Glas dafür geätzt worden ist. Im Lexikon findet ihr nachstehenden Eintrag:

Die Flusssäure (Fluorwasserstoffsäure) ist eine giftige Säure, die zu sehr schweren Verätzungen der Haut führt. Sie ist auch in der Lage, Glas zu zersetzen. Deshalb kann man Flusssäure – im Gegensatz zu den meisten chemischen Substanzen – nicht in Glasflaschen aufbewahren. Zur Gewinnung der Flusssäure werden große Mengen Calciumfluorid benötigt.

Aus Flusssäure wird u.a. Zinn(II)-fluorid hergestellt, welches zur Kariesprophylaxe manchen Zahnpasten zugemischt wird.



Fließdiagramm „Gewinnung von Flusssäure und Zinn(II)fluorid“

- a) Gib die Formeln aller Stoffe im Fließschema an und formuliere für die im Fließschema dargestellten Reaktionen die Reaktionsgleichungen.
- b) Formuliere die Reaktionsgleichung des „Ätzens“ von Glas.
- c) Zeige, dass
- die Bildung von Calciumfluorid mit Schwefelsäure eine Säure-Base-Reaktion ist.
 - die Bildung von Zinn(II)-fluorid aus Flusssäure eine Redoxreaktion ist.
 - das „Ätzen“ von Glas keine Redoxreaktion ist.

Vielleicht überlegst du jetzt, dass man mit Zahnpasta und Schwefelsäure dann doch auch eine Glasoberfläche ätzen können müsste.

- d) Beschreibe, wie man unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften vorgehen würde.

Flusssäure kann beim Glasätzen nicht durch Salzsäure ersetzt werden.

- e) Erklärt in eigenen Worten, warum Flusssäure eine schwache Säure ist, während Salzsäure eine starke Säure ist, obwohl sie gar kein Glas ätzt.

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 9/Hessen



5 Analyse von Meerwasser aus dem Urlaub

Max und seine Schwester Frida haben aus dem Urlaub eine große Flasche mit Meerwasser mitgebracht. Sie wollen wissen, wie viel Salz in dem Wasser enthalten ist. Dazu dampfen sie 100 ml des Meerwassers, welches 124 g wiegt, ein und erhalten 34,7 g Feststoff.

- Berechne den Massenanteil und recherchiere, an welchem Meer Max und Frida mit ihren Eltern Urlaub gemacht haben könnten.
- Erkläre die unterschiedlichen Salzgehalte der verschiedenen Meere.

Frida und Max überlegen, welche Salze im Meerwasser wohl gelöst sind. Max übernimmt die Analyse der Anionen. Dazu löst er eine Spatelspitze des Feststoffs in etwas destilliertem Wasser und verteilt die entstehende Lösung auf verschiedene Reagenzgläser. Er macht folgende Beobachtungen.

- Bei Zugabe von Silbernitrat-Lösung entsteht ein weißer Niederschlag.
- Bei Zugabe von Bariumchlorid-Lösung entsteht ein feinkörniger, weißer Niederschlag.
- Bei Zugabe von Calciumchlorid-Lösung entsteht ein weißer Niederschlag, der sich nach Zugabe von Salzsäure wieder auflöst.

Frida führt die Analyse der Kationen durch. Hierzu erhitzt sie die Probe auf einem ausgeglühten Magnesiastäbchen und beobachtet eine gelb-orange Flamme. Wenn sie durch ein Kobaltglas auf die Flamme schaut, erscheint die Flamme violett.

- Gib jeweils an, welches Ion durch die jeweilige Analyse nachgewiesen worden ist, benenne den jeweiligen Nachweis und gib die zugehörigen Reaktionsgleichung an.
- Ermittle die Formeln alle möglichen Salze, die durch die Kombinationen der nachgewiesenen Ionen möglich sind, und gib jeweils den zugehörigen Namen an.

Max und Frida machen sich Gedanken darüber, welches Salz wohl als erstes ausfallen wird, wenn das Meerwasser langsam verdunstet.

- Erkläre mit Hilfe des nachstehenden Materials „Löslichkeit einiger Salze“ und „Zusammensetzung des Meerwassers“ die in der Abbildung dargestellte Salzschtichtung.
- Erkläre, warum kein Natriumcarbonat vorkommt.

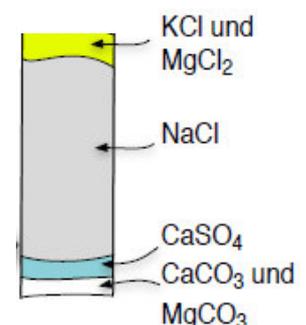


Abbildung: Schichtung der Salzablagerungen



Material „Löslichkeit einiger Salze“

| Salze | | Löslichkeit in g/l bei 20°C |
|-----------|-------------------|--------------------------------|
| Chloride | Calciumchlorid | 740 |
| | Kaliumchlorid | 344 |
| | Magnesiumchlorid | 542 |
| | Natriumchlorid | 386 |
| Sulfate | Calciumsulfat | 2 |
| | Kaliumsulfat | 111 |
| | Magnesiumsulfat | 300 |
| | Natriumsulfat | 170 |
| Carbonate | Calciumcarbonat | 0,014 |
| | Kaliumcarbonat | 1120 |
| | Magnesiumcarbonat | 0,106 |
| | Natriumcarbonat | 217 |

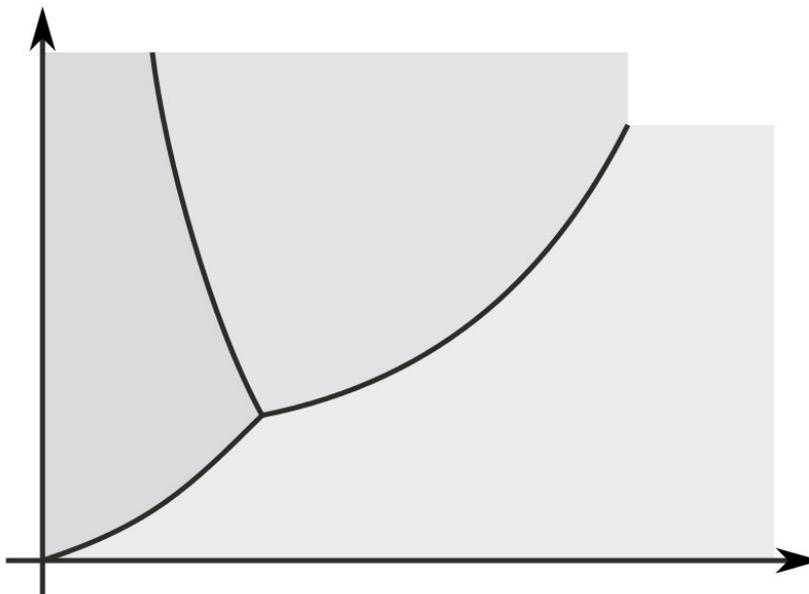
Material „Zusammensetzung des Meerwassers“

| Bestandteile | Konzentration in mg/l |
|--|--------------------------|
| Chlorid-Ionen | 19270 |
| Natrium-Ionen | 10710 |
| Sulfat-Ionen | 2700 |
| Magnesium-Ionen | 1290 |
| Calcium-Ionen | 415 |
| Kalium-Ionen | 385 |
| Hydrogencarbonat-Ionen (reagieren beim Eindampfen zu Carbonat-Ionen) | 140 |
| Bromid-Ionen | 67 |

6 Aggregatzustände

Die Kombinationen aus Druck und Temperatur, bei denen ein Stoff im jeweiligen Aggregatzustand vorliegt, lassen sich grafisch auftragen. So eine Darstellung nennt sich Phasendiagramm. Die beiden Größen werden auf den Achsen aufgetragen. Die einzelnen Bereiche im Diagramm stellen die verschiedenen Aggregatzustände dar.

- a) Beschrifte das Phasendiagramm von Wasser:



- b) Erkläre den Begriff Tripelpunkt und markiere ihn im Phasendiagramm.



- c) Vergleiche das Kochen von Wasser zur Kaffeezubereitung auf einem hohen Berg, auf Meereshöhe und in einem Schnellkochtopf auf Meereshöhe.
Erkläre den Vergleich mit Hilfe des Phasendiagramms.
Begründe, mit welchem gekochten Wasser der Kaffee wohl am besten schmeckt.
- d) Zeige anhand des Phasendiagramms, wie sich eine Druckerhöhung bei Wasser auf die Schmelztemperatur auswirkt.
Bei welcher/n Sportart/en nutzt man diesen Effekt aus.
- e) Erkläre anhand des Phasendiagramms von Kohlenstoffdioxid, warum dieses bei Atmosphärendruck und Raumtemperatur durch Temperaturerniedrigung nicht flüssig wird.

Weiterhin ist in Phasendiagrammen der kritische Punkt relevant:

- f) Erläutere die Bedeutung des kritischen Punktes.
- g) Ein flüssiger Stoff liegt bei einem Druck vor, der den kritischen Druck übersteigt. Wie wirkt sich eine Temperaturerhöhung auf den Aggregatzustand des Stoffes aus?

Viel Freude beim Bearbeiten der Aufgaben und gutes Gelingen

wünscht das CDS-Team Hessen

Auf jeden Fall abgeben, was du bearbeitet hast.

! Abgabeschluss: Montag, der 6. April 2020 (18.00 Uhr)

per Mail an cds@icho-hessen.de (bitte als pdf senden, keine jpg, keine docx, odt, ...) – Falls das pdf zu groß ist, hilft ein kostenfreies tool wie pdf-creator. Oder ladet die Dateien auf wetransfer.com hoch und sendet den link per Mail.

Fax an 06071 – 92 47 50 ...

oder per Brief (Poststempel zählt) an Marco Dörsam, Alfred-Delp-Schule, Auf der Leer 10, 64807 Dieburg

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9/Hessen



1 *Rekorde chemischer Elemente*

Beantworte nachfolgende Fragen.

Summe: 9

| | <i>Antwort</i> | <i>Pkt.</i> |
|--|--|-------------|
| a) Welches ist das Element mit der höchsten Schmelztemperatur bei Standardbedingungen ...? | Kohlenstoff (½ P)/Diamant 3547°C | 1 |
| b) Welches ist das Metall mit der geringsten Dichte bei Standardbedingungen? | Lithium | 1 |
| c) Welches Element besitzt die meisten Modifikationen? | Schwefel (ca. 30 Allotrope) | 1 |
| d) Welches Element sublimiert bei Raumtemperatur? | Iod | 1 |
| e) Welches ist das häufigste Element im Universum? | Wasserstoff | 1 |
| f) Welches ist das edelste Element? | Edelgas (½ P) Helium | 1 |
| g) Welches ist das teuerste Element? | Californium Californium 252 Ein Gramm des Elements kostet 21 Millionen €. | 1 |
| h) Welches ist das tödlichste, nicht radioaktive Element? | Beryllium Winzige Mengen inhalierter Berylliumstaub schädigen die Lunge irreparabel (Berylliose) | 1 |
| i) Welches Element hat die größte Anzahl stabiler Isotope? | Zinn (10 stabile Isotope) | 1 |

<https://images-of-elements.com/pse/rekorde.php>

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9/Hessen



2 Vom Kaffeekochen und weiteren Trennungen

Bleiben wir zuerst beim Kaffee. Nach dem Aufbrühen mit heißem Wasser trennt man den Kaffeesatz vom Kaffee. Dazu haben sich verschiedene Methoden etabliert. Bekannte Methoden sind u.a. die Zubereitung als Mokka oder die mittels einer French Press.

- a) Beschreibe die Vorgänge beim Aufbrühen von Kaffee im Teilchenmodell.
- b) Nenne den Fachbegriff des Vorgangs beim Aufbrühen vom Kaffee und begründe, warum man heißes Wasser (92-96°C) verwendet, obwohl es danach wieder abkühlen muss?
- c) Nenne die Fachbegriffe der Trennung des Kaffees vom Satz beim Mokka und bei der French Press.

| | Summe: | 21 |
|-------------------|--|-----------|
| a) Teilchenmodell | Wasser löst "Farbe", Koffein und Aromastoffe aus dem Kaffeepulver Dazu Modellskizze (Minimum): Bild 1: unlöslicher und löslicher Feststoff in verschiedenen Farben / Schraffuren + Lösungsmittel Bild 2: löslicher Feststoff in Lösung, unlöslicher Feststoff bleibt zurück | 5 |
| b1) Fachbegriff | Extraktion | 1 |
| b2) Begründung | In der Hitze lösen sich die Stoffe besser / schneller. | 1 |
| c) Fachbegriffe | Mokka: Dekantieren French press: Filtration | 2 |

Kaffeemühlenhersteller empfehlen unterschiedliche Mahlgrade für verschiedene Arten der Zubereitung. So soll Kaffee für Espressomaschinen sehr fein gemahlen sein, für eine French Press jedoch eher grob.

- d) Begründe den unterschiedlichen Mahlgrad.
- e) Im Widerspruch zu Deiner Begründung sollte der feine Mahlgrad des Kaffees für Mokka stehen. Argumentiere, warum Mokka trotzdem traditionell sehr fein gemahlen wird.

| | | |
|-------------------|--|----------|
| d) Teilchenmodell | Je gröber der Kaffee, desto länger dauert es, bis alle Stoffe gelöst sind Espresso: Kurze Kontaktzeit (hoher Druck) → feines Pulver nötig French Press: Lange Verweilzeit → grobes Pulver <i>alternativ:</i> Filter in der French Press ist grob → bessere Trennung | 3 |
| e) Begründung | Da beim Mokka immer Kaffeesatz mit in die Tasse gelangt, ist es besser, wenn dieser fein ist, so dass er mitgetrunken werden kann <i>alternative Lösung:</i> B... und viel Zucker. | 1 |

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9/Hessen



Beim Experimentieren mit dem Kaffee in der Küche kippst Du aus Versehen das Salz in einen Behälter mit Sand, den Dein kleiner Bruder beim letzten Strandurlaub gesammelt hat und der jetzt unbedingt in der Küche stehen muss.

- f) Beschreibe, wie Du vorgehen musst, um das Gemisch aus Sand und Kochsalz wieder zu trennen.

| | | |
|-------------------------------|--|----------|
| f) Trennung Sand und Kochsalz | i: Gemisch in Wasser auflösen ii: Sand abfiltrieren (und trocknet diesen) iii: Filtrat, wässrige Salz-Lösung: Wasser abdestillieren bzw. verdunsten lassen | 3 |
|-------------------------------|--|----------|

Zum Abschluss noch eine etwas komplexere Trennung aus dem Labor: Du hast eine Lösung von Kaliumchlorid in Kalilauge. Als weitere Reagenzien stehen Dir nur Wasser und Ethanol zur Verfügung.

- g) Beschreibe, wie du vorgehen kannst, um festes Kaliumchlorid und Kaliumhydroxid aus der wässrigen Lösung zu gewinnen. Erkläre dabei, welche Stoffeigenschaften Du ausnutzt.

| | | | |
|-----------------------------------|---|---|----------|
| g) Erklärung und Stoffeigenschaft | i: Wasser abdestillieren → erhält Gemisch aus KCl und KOH ii: Ethanol hinzugeben → KOH löst sich vollständig <i>alternativ: Die Lösung mit Ethanol mischen → NaCl fällt aus</i> iii: abfiltrieren (KCl bleibt zurück) iv: Filtrat – Ethanol abdestillieren bzw. verdunsten lassen (KOH bleibt zurück) | Siedetemperaturen Löslichkeit in Ethanol <i>alternativ: Löslichkeit</i> Teilchengröße Siedetemperatur | 3 |
|-----------------------------------|---|---|----------|

Aus einem Lucky Luke Comic ist folgendes Wildwestrezept überliefert: „Man nehme ein halbes Pfund Kaffee, feuchte es etwas mit Wasser an, eine halbe Stunde köcheln lassen, dann die Hufeisenprobe. Wenn es einsinkt ist er zu dünn.“

- h) Beschreibe, was die Dichte von Kaffee beeinflusst. Ist es möglich ein Leichtmetall auf Kaffee schwimmen zu lassen?

| | | |
|--|---|----------|
| h1) Dichte beeinflussen | durch Zugabe von Zucker → Dichte erhöht sich, je mehr Zucker zugegeben wird | 1 |
| h2) Leichtmetall auf Kaffee schwimmen? | ja, aber Leichtmetall wird mit dem Wasser reagieren. nein, da ... | 1 |

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9/Hessen



3 Wer bin ich?

A ist ein Element der 5. Periode, welches früher als Zahlungsmittel verwendet wurde. In Lösung liegt es als Kation vor. Durch Zugabe eines Halogenids **B**, welches in Steinsalz vorkommt, fällt der weiße Feststoff **C** aus. Unter Lichteinwirkung verfärbt dieser sich dunkel. Mit einem anderen Halogenid **D** bildet sich aus dem Kation eine Verbindung **E**, die in der Analogfotografie von Bedeutung war. Das Halogen, welches in **D** vorkommt, ist in elementarer Form flüchtig. Wird eine Lösung von **A** als Kation von einem nach faulen Eiern riechenden Gas **F** durchströmt, fällt ein schwarzer Feststoff **G** aus.

- Gib die Namen und Summenformeln der Stoffe **A** bis **G** an.
- Schreibe die Reaktionsgleichung zur Bildung von **C** auf.
- Erkläre außerdem mit Hilfe einer Reaktionsgleichung, woher die dunkle Färbung des Stoffes **C** kommt.

| | Summe: | 9 |
|----------------------|---|----------|
| a) Namen und Formeln | <p>A ist elementares Silber (Ag).</p> <p>Für B genügt Chlorid (Cl⁻), in Verbindung mit einem Kation ist die Antwort ebenfalls korrekt, sofern das Salz wasserlöslich ist, wie Kaliumchlorid (KCl) oder Natriumchlorid (NaCl).</p> <p>C ist Silberchlorid (AgCl).</p> <p>D ist Bromid (Br⁻).</p> <p>E ist Silberbromid (AgBr).</p> <p>Gas F ist Schwefelwasserstoff (H₂S) und bewirkt die Ausfällung von</p> <p>G Silbersulfid (Ag₂S) aus einer wässrigen Silberlösung</p> | 7 |
| b) Rgl zu C | $\text{Ag}^+ (\text{aq}) + \text{Cl}^- (\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl} (\text{s})$ <p>oder: $\text{Ag}^+ (\text{aq}) + \text{NO}_3^- (\text{aq}) + \text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{Cl}^- (\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl} (\text{s}) + \text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{NO}_3^- (\text{aq})$</p> <p>Anmerkung: Chlorid-Ionen können durch eine Fällungsreaktion mit Silbernitrat-Lösung nachgewiesen werden. Da Silberchlorid kaum wasserlöslich ist, fällt es als weißer Feststoff aus der Lösung aus.</p> | 1 |
| c) Erklären | <p>Erklärung zur Schwarzfärbung von Verbindung C:</p> <p>Wenn Silberchlorid Licht ausgesetzt wird, zerfällt es in (festes) Silber und (gasförmiges) Chlor. Es findet eine Redoxreaktion statt, bei der die Silber-Kationen zu Silber-Atomen reduziert und die Chlorid-Anionen zu Chlor-Atomen, die Chlor-Moleküle bilden, oxidiert werden. Die dunkle Farbe kommt durch die Abscheidung von feinverteiltem Silberpartikeln (sogenanntes kolloidales Silber). Dieses erscheint schwarz.</p> <p>Reaktionsgleichung: $2 \text{AgCl} \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{Cl}_2$</p> | 1 |

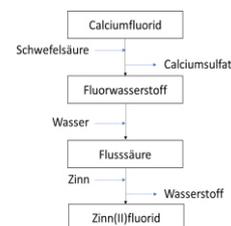
„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9/Hessen



4 Flusssäure und Glasätzen

Im Museum seht ihr einen wunderschönen Glasspiegel mit matten Verzierungen auf der Glasoberfläche. Vom Museumsführer erfahrt ihr, dass das Glas dafür geätzt worden ist. Im Lexikon findet ihr nachstehenden Eintrag:

Die Flusssäure (Fluorwasserstoffsäure) ist eine giftige Säure, die zu sehr schweren Verätzungen der Haut führt. Sie ist auch in der Lage, Glas zu zersetzen. Deshalb kann man Flusssäure – im Gegensatz zu den meisten chemischen Substanzen – nicht in Glasflaschen aufbewahren. Zur Gewinnung der Flusssäure werden große Mengen Calciumfluorid benötigt.



Fließdiagramm „Gewinnung von Flusssäure und Zinn(II)fluorid“

Aus Flusssäure wird u.a. Zinn(II)-fluorid hergestellt, welches zur Kariesprophylaxe manchen Zahnpasten zugemischt wird.

- Gib die Formeln aller Stoffe im Fließschema an und formuliere für die im Fließschema dargestellten Reaktionen die Reaktionsgleichungen.
- Formuliere die Reaktionsgleichung des „Ätzens“ von Glas.
- Zeige, dass
 - die Bildung von Calciumfluorid mit Schwefelsäure eine Säure-Base-Reaktion ist.
 - die Bildung von Zinn(II)-fluorid aus Flusssäure eine Redoxreaktion ist.
 - das „Ätzen“ von Glas keine Redoxreaktion ist.

| | | | |
|--------------------------|---|---|-----------|
| | | Summe: | 11 |
| a1) Formeln | Calciumfluorid CaF ₂ Calciumsulfat CaSO ₄ Wasser H ₂ O Zinn Sn Zinn(II)fluorid SnF ₂ | Schwefelsäure H ₂ SO ₄ Fluorwasserst. HF (g) Flusssäure HF (aq) Wasserstoff H ₂ | 3 |
| a2) Reaktionsgleichungen | $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{HF} + \text{CaSO}_4$ $\text{HF} (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) + \text{F}^- (\text{aq})$ $2 \text{HF} + \text{Sn} \rightarrow \text{SnF}_2 + \text{H}_2$ | | |
| b) Rgl „Glasätzen“ | $\text{SiO}_2 + 4 \text{HF} \rightarrow \text{SiF}_4 (\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}$ | | 1 |
| c) Zeige | i: Säure-Base-Reaktion, da Protonenübertragung von Schwefelsäure-Molekül als Protonendonator auf Fluorid-Ion als Protonenakzeptor ii: Redox-Reaktion, da Elektronenübertragung von Zinn-Atom als Elektronendonator auf Wasserstoff-Atom als Elektronenakzeptor. ..., da Oxidationszahländerung beim H-Atom von +I auf 0 (Oxidationszahlerniedrigung, Elektronenaufnahme; Reduktion) und beim Zinn-Atom von 0 auf +II (Oxidationszahlerhöhung; Elektronenabgabe, Oxidation) iii) keine Redox-Reaktion, da keine Änderung der Oxidationszahlen: Si (+IV), O (-II), H (+I) und F (-I) | | 3 |

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9/Hessen



Vielleicht überlegst du jetzt, dass man mit Zahnpasta und Schwefelsäure dann doch auch eine Glasoberfläche ätzen können müsste.

- d) Beschreibe, wie man unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften vorgehen würde.

| | | |
|-------------|---|----------|
| d) Vorgehen | <p>Im Abzug mit Schutzbekleidung (Schutzbrille und Schutzhandschuhen) arbeiten und Notfallset „Calciumgluconat-Lösung“ in der Nähe. Zuerst Kunststoff-Folie mit Muster oder Ornament auf Glas kleben. Nun Zahnpasta und Schwefelsäure mischen und mit Pinsel gut deckend auf das Muster pinseln. Nach Einwirkzeit das Glas mit Wasser abspülen und Entsorgung des Abwassers. Folie abziehen.</p> <p><i>alternativ:</i> statt Folie Abdecken mit Vaseline</p> <p>Würde man als Laie nicht machen! Konzentrierte Schwefelsäure und Entstehen von giftiger Fluorwasserstoffsäure bzw. giftigem, gasförmigen Siliciumtetrafluorid.</p> <p><i>Vermutlich ist die Konzentration des Fluorid-Salzes in der Zahnpasta auch zu gering, um ein gutes Ätzergebnis zu erzielen. Trotzdem ist die Überlegung richtig – Bei der Reaktion zwischen Calciumfluorid (Zahnpasta-Inhaltsstoff) und Schwefelsäure entsteht Fluorwasserstoff.</i></p> | 3 |
|-------------|---|----------|

Flusssäure kann beim Glasätzen nicht durch Salzsäure ersetzt werden.

- e) Erklärt in eigenen Worten, warum Flusssäure eine schwache Säure ist, während Salzsäure eine starke Säure ist, obwohl sie gar kein Glas ätzt.

| | | |
|----|---|----------|
| d) | <p>Die Stärke eine Säure hängt davon ab, wie leicht ein Proton (Wasserstoff-Ion) in Wasser abgegeben werden kann. Je stärker die Säure, desto leichter wird das Proton abgespalten bzw. dissoziiert die Säure in Proton und Säurerest-Ion.</p> <p>Die Säurestärke der Halogenwasserstoffe nimmt mit wachsender Bindungslänge zu. Die Bindung zwischen dem Chlor-Atom und dem Wasserstoff-Atom ist schwächer als die zwischen dem Fluor-Atom und dem Wasserstoff-Atom, daher spaltet sich Proton (Wasserstoff-Ion) in Wasser leichter ab.</p> <p><i>alternativ 1:</i> In Salzsäure sind die Chlorwasserstoff-Moleküle vollständig dissoziiert. In Flusssäure sind die Fluorwasserstoff-Moleküle nur teilweise dissoziiert.</p> <p><i>alternativ 2:</i> Lässt man eine starke Säure mit dem Salz einer schwächeren Säure reagieren, verdrängt die starke Säure die schwache aus dem Salz – setzt die schwache Säure frei und bildet ein Salz der stärkeren Säure (Merkspruch: Die stärkere Säure treibt die schwächere aus ihrem Salz.) Da diese bei der Reaktion zwischen Salzsäure und Calciumfluorid Fluorwasserstoff und Calciumchlorid entsteht, muss Salzsäure die stärkere Säure sein.</p> | 1 |
|----|---|----------|

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9/Hessen



5 Analyse von Meerwasser aus dem Urlaub

Max und seine Schwester Frida haben aus dem Urlaub eine große Flasche mit Meerwasser mitgebracht. Sie wollen wissen, wie viel Salz in dem Wasser enthalten ist. Dazu dampfen sie 100 ml des Meerwassers, welches 124 g wiegt, ein und erhalten 34,7 g Feststoff.

- a) Berechne den Massenanteil und recherchiere, an welchem Meer Max und Frida mit ihren Eltern Urlaub gemacht haben könnten.
- b) Erkläre die unterschiedlichen Salzgehalte der verschiedenen Meere.

| | | |
|-------------|---|-----------|
| | Summe: | 16 |
| a) Berechne | $\text{Massenanteil} = \frac{m_i}{m(\text{ges})} \cdot 100 \% = \frac{34,7 \text{ g}}{124 \text{ g}} \cdot 100 \% = 27,98 \%$ <p>→ Totes Meer mit durchschnittlichem Salzgehalt von 28 %. Hier fand der Urlaub vermutlich statt.</p> | 2 |
| b) Erklären | <p>Der Salzgehalt eines Meeres hängt einerseits von der Menge an „frischem“ Wasser ab, welches über Flüsse zufließt, und andererseits von der Menge an Wasser ab, das verdunstet.</p> <p>Der Salzgehalt eines Meeres ist höher, wenn mehr Wasser verdunstet als „frisches“ Wasser zufließt.</p> | 1 |

Frida und Max überlegen, welche Salze im Meerwasser wohl gelöst sind. Max übernimmt die Analyse der Anionen. Dazu löst er eine Spatelspitze des Feststoffs in etwas destilliertem Wasser und verteilt die entstehende Lösung auf verschiedene Reagenzgläser. Er macht folgende Beobachtungen.

- Bei Zugabe von Silbernitrat-Lösung entsteht ein weißer Niederschlag.
- Bei Zugabe von Bariumchlorid-Lösung entsteht ein feinkörniger, weißer Niederschlag.
- Bei Zugabe von Calciumchlorid-Lösung entsteht ein weißer Niederschlag, der sich nach Zugabe von Salzsäure wieder auflöst.

Frida führt die Analyse der Kationen durch. Hierzu erhitzt sie die Probe auf einem ausgeglühten Magnesiastäbchen und beobachtet eine gelb-orange Flamme. Wenn sie durch ein Kobaltglas auf die Flamme schaut, erscheint die Flamme violett.

- c) Gib jeweils an, welches Ion durch die jeweilige Analyse nachgewiesen worden ist, benenne den jeweiligen Nachweis und gib die zugehörigen Reaktionsgleichung an.
- d) Ermittle die Formeln aller möglichen Salze, die durch die Kombinationen der nachgewiesenen Ionen möglich sind, und gib jeweils den zugehörigen Namen an.

| | | | |
|----------|---|-----------------------|------------|
| c) Ionen | Chlorid-Ionen | Silbernitrat-Nachweis | 1,5 |
| | $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl (s)}$ auch mit Gegenionen richtig | | |
| | Sulfat-Ionen | Sulfat-Nachweis | 1 |
| | $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \text{ (s)}$ | | |
| | Carbonat-Ionen | Carbonat-Nachweis | 1 |
| | $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3 \text{ (s)}$ | | |

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9/Hessen



| | | | |
|----------------------|---|---|------------|
| | <p>Natrium-Ionen</p> <p>$\text{NaCl (s)} \rightarrow \text{Na (g)}$</p> | <p>Flammenfärbung</p> | 1,5 |
| | <p>Kalium-Ionen</p> | <p>Flammenfärbung</p> | 1 |
| d) Formeln und Namen | <p>NaCl: Natriumchlorid</p> | <p>KCl: Kaliumchlorid</p> | 3 |
| | <p>Na₂SO₄: Natriumsulfat</p> | <p>K₂SO₄: Kaliumsulfat</p> | |
| | <p>Na₂CO₃: Natriumcarbonat</p> | <p>K₂CO₃: Kaliumcarbonat</p> | |

Max und Frida machen sich Gedanken darüber, welches Salz wohl als erstes ausfallen wird, wenn das Meerwasser langsam verdunstet.

- e) Erkläre mit Hilfe des nachstehenden Materials „Löslichkeit einiger Salze“ und „Zusammensetzung des Meerwassers“ die in der Abbildung dargestellte Salzsichtung.
 f) Erkläre, warum kein Natriumcarbonat vorkommt.

| | | |
|-------------------------------------|--|----------|
| <p>e) Erkläre</p> <p>Abbildung:</p> | <p>Die Reihenfolge der Salzsichtungen lässt sich mit der Löslichkeit der Salze in Wasser erklären (0,5 P). Je geringer die Löslichkeit ist desto eher fällt das Salz beim Verdunsten von Wasser aus (0,5 P). Daraus ergibt sich die Schichtung Carbonate (Calcium- und Magnesiumcarbonat 0,014 und 0,106 g/l), Sulfate (Calciumsulfat 2 g/l), Chloride (Natriumchlorid 386 g/l, Kaliumchlorid 344 g/l, Magnesiumchlorid 542 g/l). Die Schichtdicke ergibt sich aus dem mengenmäßigen Anteil der Ionen. (1 P)</p> | 2 |
| <p>f) Erkläre</p> | <p>Natriumcarbonat kommt nicht vor,da es im Vergleich zu Magnesium- und Calciumcarbonat deutlich besser in Wasser löslich ist. D. h. die in Lösung vorhandenen Carbonat-Ionen fallen zunächst als Magnesium- bzw. Calciumcarbonat aus. Zudem fallen Carbonate nur als Magnesium – bzw. Calciumcarbonat aus, da für die in einem Liter Wasser enthaltenen 140 mg Carbonat-Ionen hinreichend viele Magnesium- bzw. Calcium-Ionen im Wasser vorhanden sind.</p> | 1 |

Material „Löslichkeit einiger Salze“

| Salze | Löslichkeit in g/l bei 20°C |
|-------------------|-----------------------------|
| Chloride | |
| Calciumchlorid | 740 |
| Kaliumchlorid | 344 |
| Magnesiumchlorid | 542 |
| Natriumchlorid | 386 |
| Sulfate | |
| Calciumsulfat | 2 |
| Kaliumsulfat | 111 |
| Magnesiumsulfat | 300 |
| Natriumsulfat | 170 |
| Carbonate | |
| Calciumcarbonat | 0,014 |
| Kaliumcarbonat | 1120 |
| Magnesiumcarbonat | 0,106 |
| Natriumcarbonat | 217 |

Material „Zusammensetzung des Meerwassers“

| Bestandteile | Konzentration in mg/l |
|--|-----------------------|
| Chlorid-Ionen | 19270 |
| Natrium-Ionen | 10710 |
| Sulfat-Ionen | 2700 |
| Magnesium-Ionen | 1290 |
| Calcium-Ionen | 415 |
| Kalium-Ionen | 385 |
| Hydrogencarbonat-Ionen (reagieren beim Eindampfen zu Carbonat-Ionen) | 140 |
| Bromid-Ionen | 67 |

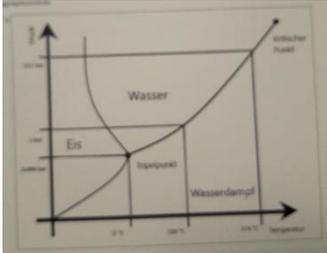
„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9/Hessen



6 Aggregatzustände

Stoffe liegen bei Standardbedingungen entweder im festen, flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustand vor. Bei welchem Druck und Temperatur sie welchen Aggregatzustand einnehmen, hängt individuell von den Stoffen ab. Die Kombinationen aus Druck und Temperatur, bei denen ein Stoff im jeweiligen Aggregatzustand vorliegt, lassen sich grafisch auftragen. So eine Darstellung nennt sich Phasendiagramm. Die beiden Größen werden auf den Achsen aufgetragen. Die einzelnen Bereiche im Diagramm stellen die verschiedenen Aggregatzustände dar.

- Beschrifte das Phasendiagramm von Wasser:
- Erkläre den Begriff Tripelpunkt und markiere ihn im Phasendiagramm.

| | | |
|---|--|-----------|
| | Summe: | 18 |
| a) Beschriften  | Achsenbeschriftung: p und T (1 P.) Aggregatzustände: fest, flüssig, gasförmig (1,5 P.) Tripelpunkt (0,5 P.) Kritische Temperatur und kritischer Druck (1 P.) Lösungsbeispiel von Marlon Kaufmann:  | 4 |
| b) Erklären | Tripelpunkt: Am Tripelpunkt kann ein Stoff in allen drei Aggregatzuständen nebeneinander vorliegen. Markierung im Phasendiagramm | 1 |

- Vergleiche das Kochen von Wasser zur Kaffeezubereitung auf einem hohen Berg, auf Meereshöhe und in einem Schnellkochtopf auf Meereshöhe.
Erkläre den Vergleich mit Hilfe des Phasendiagramms.
Begründe, mit welchem gekochten Wasser der Kaffee wohl am besten schmeckt.
- Zeige anhand des Phasendiagramms, wie sich eine Druckerhöhung bei Wasser auf die Schmelztemperatur auswirkt.
Bei welcher/n Sportart/en nutzt man diesen Effekt aus.
- Erkläre anhand des Phasendiagramms von Kohlenstoffdioxid, warum dieses bei Atmosphärendruck und Raumtemperatur durch Temperaturerniedrigung nicht flüssig wird.

| | | |
|----------------|--|----------|
| c) Vergleichen | Die Temperatur des Wassers ist im Schnellkochtopf auf Meereshöhe beim Kochen am höchsten, dann folgt auf Meereshöhe im normalen Topf und am niedrigsten ist sie auf einem hohen Berg. | 2 |
| Erklären | Angemessenes Einzeichnen der Punkte auf die Siedekurve oder entsprechende sprachliche Darstellung. | 2 |



| | | |
|------------|---|---|
| | Der Druck hat einen Einfluss auf die Siedetemperatur von Wasser. Mit steigendem Druck steigt auch die Siedetemperatur von Wasser. Die Siededampfdruckkurve weist eine positive Steigung auf. | |
| Begründen | Im Text zu AG Stofftrennung sind 92 -95°C genannt. Das sollte auf eine (nicht so hohen) Berg erreichbar sein. | 1 |
| d) Zeigen | Entweder am Phasendiagramm oder sprachlich korrekt ist gezeigt, dass eine Druckerhöhung bei Wasser die Schmelzkurve nach links verschiebt, sich der Aggregatzustand also vom Festen zum Flüssigen verschiebt. | 2 |
| Beispiel | Bei Wintersportarten im Zusammenhang mit Schlittschuhlaufen wird durch den lokal erhöhten Druck der Kufen auf das Eis der Schmelzpunkt erniedrigt. Dieser Effekt ist tatsächlich jedoch sehr gering und nicht Ursache des dünnen Wasserfilms auf dem Eis, welcher das Gleiten auf dem Eis ermöglicht. | 1 |
| e) Erkläre | Entweder am Phasendiagramm oder sprachlich korrekt ist erklärt, dass eine Temperaturgerade bei Normaldruck unterhalb des Tripelpunktes liegt, also weder die Schmelzkurve noch die Siedepunktskurve geschnitten werden <i>alternativ:</i> Der Tripelpunkt von Kohlenstoffdioxid liegt oberhalb des Atmosphärendrucks. Es lässt sich daher nur unter Druck verflüssigen, weil bei Atmosphärendruck lediglich die Sublimationsdruckkurve geschnitten wird und der Stoff resublimiert | 2 |

Weiterhin ist in Phasendiagrammen der kritische Punkt relevant:

- f) Erläutere die Bedeutung des kritischen Punktes.
- g) Ein flüssiger Stoff liegt bei einem Druck vor, der den kritischen Druck übersteigt. Wie wirkt sich eine Temperaturerhöhung auf den Aggregatzustand des Stoffes aus?

| | | |
|----------------|--|---|
| f) Erläutern | <p>Oberhalb der kritischen Temperatur sind der gasförmige und flüssige Aggregatzustand nicht mehr zu unterscheiden. man spricht von einem überkritischen Zustand.</p> <p>Lösungsbeispiel von Gustav Taufkirch (basierend auf ingenieurkurse.de):</p> | 2 |
| g) Auswirkung? | Der Aggregatzustand ändert sich nicht mehr. Es bleibt flüssig. | 1 |

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10/Hessen



1 Highlights rund um die Chemie

Beantworte die nächsten Fragen in einem Satz.

- a) Was ist das Besondere an einem Katalysator?
- b) Was war das Besondere an der Herstellung von Ammoniak durch Haber und Bosch?
- c) Was war das Besondere an der erstmaligen synthetischen Herstellung von Insulin?
- d) Was war das Besondere der Herstellung von Porzellan durch Böttcher?
- e) Was war das Besondere an der synthetischen Herstellung des Naturstoffs Taxol?

2 Trauben sind sauer, sagt der Fuchs

In der alten Fabel von Äsop behauptet der Fuchs, der die hochwachsenden Trauben nicht erreichen kann, sie seien sauer. Waren sie das? Wahrscheinlich nicht, es war nur eine Rechtfertigung. Doch was bedeutet eigentlich sauer? Die Meinungen und Theorien dazu haben sich über die Jahrhunderte deutlich geändert. Während es Äsops Fuchs nur um den Geschmack ging, arbeiten wir heute mit wissenschaftlichen Definitionen des Säurebegriffs.

- a) Stelle tabellarisch die Säure-Base-Definitionen von Arrhenius und Brønstedt gegenüber.
- b) Formuliere die Reaktionsgleichung zwischen den Gasen Ammoniak und Chlorwasserstoff. Skizziere die Reaktion im Teilchenmodell und begründe, welche der beiden Theorien aus Aufgabenteil a) zur Beschreibung dieser Reaktion geeignet ist.

Die saure Eigenschaft mancher Stoffe ist durch die beiden Theorien nicht zu erklären. Ein Beispiel dafür ist die (Ortho-)borsäure.

- c) Nenne die Theorie, welche die saure Wirkung von Borsäure erklärt. Erläutere, worauf die Säureeigenschaften beruhen und benutze zur Erklärung Molekülformeln (auch Valenzstrichformeln, Strukturformeln oder Lewis-Formeln genannt). Nenne 2 weitere Verbindungen, die in ähnlicher Weise als Säure reagieren.

Säuren unterscheiden sich in ihrer Stärke – die Protonen lassen sich unterschiedlich leicht abspalten. Entsprechend sind verschiedene Säuren zu einem unterschiedlichen Grad deprotoniert. Das hängt einerseits von den chemischen Bindungen im Molekül ab, andererseits spielt das Lösungsmittel eine wichtige Rolle. Je nachdem, wie leicht sich das Lösungsmittel protonieren lässt, zeigen Säuren einen unterschiedlichen Deprotonierungsgrad.

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10/Hessen



Die zwei Säuren Salpetersäure und Essigsäure haben in den drei Lösungsmittel **X**, **Y** und **Z** eine unterschiedliche Säurestärke:

| Lösungsmittel | Salpetersäure | Essigsäure |
|---------------|--------------------------|--------------------------|
| X | vollständig deprotoniert | vollständig deprotoniert |
| Y | teilweise deprotoniert | teilweise deprotoniert |
| Z | vollständig deprotoniert | teilweise deprotoniert |

- d) Ordne die Buchstaben **X**, **Y** und **Z** begründet den drei Lösungsmitteln Wasser, Methanol und (flüssiger) Ammoniak zu.

Manche Säuren können mehrere Protonen abgeben. Die Stärke dieser Abgabe ist unterschiedlich. Bei der Phosphorsäure wird (in Wasser) das erste Proton ca. 100000x besser abgegeben als das zweite und dieses wieder 100000x besser als das dritte.

- e) Formuliere die Reaktionsgleichungen der drei Protolysen (*so das Fachwort*) und begründe, warum sich die Stärke unterscheidet.

3 Ferrofluid

Ferrofluide sind interessante Stoffgemische, in denen winzige eisenhaltige Partikel gleichmäßig in einer Flüssigkeit wie Wasser oder Kerosin verteilt sind. Ausgehend von einer Lösung von Eisen(III)-chlorid kann vergleichsweise einfach ein Ferrofluid hergestellt werden. Gehe bei der weiteren Bearbeitung der Aufgabe von einer Lösung aus, die 40 Massenprozent Eisen(III)-chlorid enthält. Diese Lösung besitzt bei Raumtemperatur eine Dichte von $1,414 \frac{g}{ml}$.

- a) Zu welcher Klasse von Stoffgemischen gehören Ferrofluide?
- b) Berechne die Konzentration $c(\text{Fe}^{3+})$ in der Eisen(III)-chlorid-Lösung.

Als zweites wird eine Lösung von Eisen(II)-chlorid benötigt, die einfach aus der Eisen(III)-chlorid-Lösung und Stahlwolle (= Eisen) hergestellt werden kann.

- c) Formuliere die Reaktionsgleichung für die Entstehung von Eisen(II)-chlorid und berechne, welche Masse an Stahlwolle zu 150 ml der Eisen(II)-chlorid-Lösung für eine vollständige Reaktion gegeben werden muss.



Zuletzt müssen die beiden Lösungen unter Rühren und Zugabe von alkalischer Ammoniak-Lösung gemischt werden, wobei zunächst zwei Eisensalze ausfallen, die unmittelbar unter Wasserabgabe zu Magnetit (Fe_3O_4) reagieren

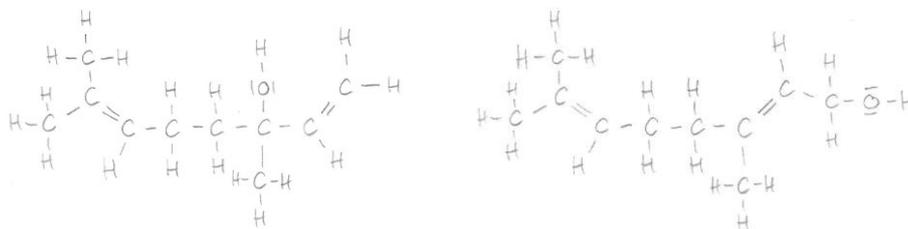
- d) Formuliere die Reaktionsgleichungen für die an der Bildung von Magnetit beteiligten Reaktionen.
- e) Berechne, in welchem Volumenverhältnis die Eisen(III)-chlorid-Lösung und die Eisen(II)-chlorid-Lösung theoretisch gemischt werden sollten.
- f) Tatsächlich sollte etwas mehr Eisen(II)-chlorid-Lösung verwendet werden, als du berechnet hast. Was ist der Grund dafür?

Durch die langsame Zugabe der Ammoniak-Lösung entsteht Magnetit in Form von Nanopartikeln. Diese sind zwar leicht positiv geladen, aggregieren aber trotzdem mit der Zeit. Das kann verhindert werden, wenn der Lösung ein Tensid, wie Natriumoleat, zugesetzt wird, das sich mizellenartig um die Nanopartikel anordnet.

- g) Skizziere den Aufbau einer solchen mizellenartigen Anordnung aus einem Magnetit-Nanopartikel und Oleat-Molekülen.
- h) Begründe, ob die so gewonnenen Nanopartikel eher für ein Ferrofluid auf Wasser oder Kerosinbasis geeignet sind.

4 Ein bisschen OC

In der OC, der Organische Chemie, geht es um kohlenstoffhaltige Molekülverbindungen. Zwei Beispiele sind die isomeren Alkohole A und B, die einen frisch-blumigen Geruch besitzen



Strukturformel der Verbindung A (links) und Verbindung B (rechts)

- a) Gib an, warum die Verbindungen A und B als isomer bezeichnet werden. Zeichne die Strukturformel (auch Lewis-Formel genannt) einer weiteren zu A und B isomeren Verbindung
- b) Gib an, warum die Verbindungen A und B zu den ungesättigten Alkoholen gehören.

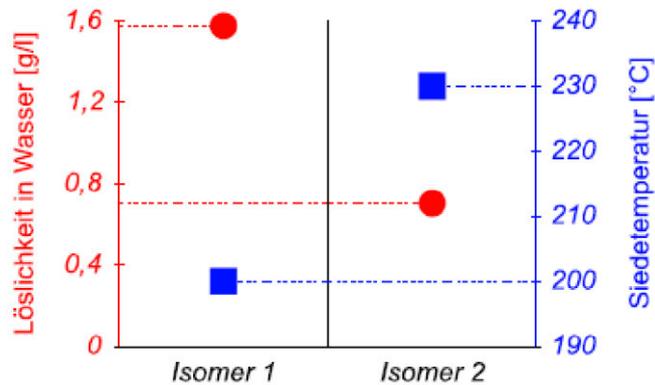
„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020

Aufgabenblatt

2. Runde – Stufe 10/Hessen



Die beiden Verbindungen A und B unterscheiden sich in der Wasserlöslichkeit und der Siedetemperatur.



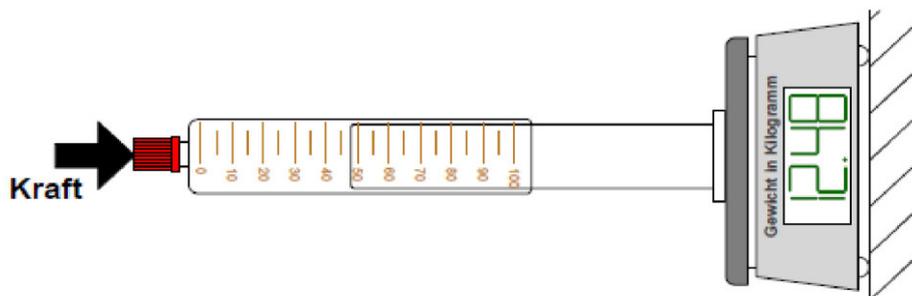
- c) Gib begründet an, bei welcher der beiden Verbindungen A und B es sich um Isomer 1 und Isomer 2 handelt.

Parfümeure setzen diese Verbindung bei ihren Kreationen ein. Nimm an, dass eine wässrige Lösung (100 ml) 0,050 g der blumig riechenden Verbindung A enthält.

- d) Berechne die Konzentration des Geruchsstoffes A in der Lösung in mol/l und mg/l.
- e) Berechne, wie viele Moleküle des Geruchsstoffes A sich in den 100 ml wässriger Lösung befinden.

5 Keine Angst vor Spritzen!

Spritzen sind gut geeignete Hilfsmittel, um den Zusammenhang zwischen Drücken und Volumina von Gasen zu untersuchen. Ein recht einfacher Versuchsaufbau besteht aus einer Spritze und einer Waage:



Dabei wird die Waage durch eine äußere Krafteinwirkung mit der Spritze gegen eine Wand gedrückt, um Einflüsse durch die Gravitationskraft auszuschließen. Die verwendete Spritze besitzt einen Innendurchmesser von 5,0 cm.



Experiment: In einer Messreihe wurden 100,0 ml Luft in die Spritze aufgezogen, diese verschlossen und dann langsam die Krafteinwirkung erhöht. Du kannst dabei annehmen, dass dies so langsam passiert, dass das Gas in der Spritze zu jedem Zeitpunkt die Umgebungstemperatur 25°C besitzt. Der Umgebungsdruck beträgt zudem dauerhaft 1013,25 hPa. Unter diesen Bedingungen hat Luft eine Dichte von $1,184 \frac{kg}{m^3}$.

- a) Berechne die Stoffmenge des Gases in der Spritze. Gehe dazu davon aus, dass Luft ein ideales Gasgemisch mit der Volumenzusammensetzung 79% Stickstoff, 20% Sauerstoff und 1% Argon ist.

Während des Versuchs sind folgende Messwerte aufgenommen worden.

| | | | | | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Volumen in ml | 100 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | 60 |
| Anzeige in kg | 0,0 | 1,1 | 2,2 | 3,1 | 4,8 | 7,0 | 8,8 | 10,5 | 13,3 |

Über einen Umweg kann aus der Anzeige der Waage der Druck des Gases in der Spritze berechnet werden. Die Waage misst eigentlich die auf sie wirkende Kraft und rechnet sie dann über die Erdbeschleunigung g in eine Masse um. Dieselbe Kraft wirkt dann auch auf den Kolben der Spritze und kann als Produkt der Differenz vom Außendruck und dem Druck des Gases in der Spritze sowie der Fläche, mit der der Kolben auf das Gas drückt, berechnet werden. Ausgehend davon kann ein Ausdruck für die Anzeige X der Waage (in kg) hergeleitet werden.

$$X = \frac{n \cdot R \cdot T \cdot A_{\text{Kolben}}}{g} \cdot \left(\frac{1}{V} - \frac{1}{V_0} \right)$$

Dabei ist n die Stoffmenge in der Spritze, R die Gaskonstante, T die Temperatur, A die beschriebene Fläche der Spritzenkolbens und g die Erdbeschleunigung ($g = 9,81 \frac{m}{s^2}$). V gibt das Volumen des Gases in der Spritze an; V_0 das Ausgangsvolumen ($V_0 = 100$ ml).

- b) Zeige durch einen Einheitentest, dass X auch tatsächlich die Einheit kg besitzt.
- c) Leite den angegebenen Ausdruck für X ausgehend von den gegebenen Informationen und der idealen Gasgleichung her.

Trägt man in einem geeigneten Diagramm die Werte von X gegen die zugehörigen Werte von $\left(\frac{1}{V} - \frac{1}{V_0} \right)$ auf, führt dies zu einer Ursprungsgeraden mit der Steigung $\frac{n \cdot R \cdot T \cdot A_{\text{Kolben}}}{g}$. Ausgehend von diesem Wert kannst du einen Näherungswert für R berechnen.

- d) Trage die Messergebnisse, wie oben beschrieben, in einem geeigneten Diagramm auf, ermittle die Steigung der Ursprungsgeraden und berechne einen Schätzwert für R .

„Chemie – die stimmt!“ 2019/2020
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10/Hessen



6 Aufgabium

Die Dichte eines Stoffes ist eine praktische Eigenschaft, da sie Rückschlüsse auf die Struktur und Zusammensetzung von Reinstoffen und Stoffgemischen erlaubt: Man denke nur an Archimedes, der der Legende nach durch eine Dichtebestimmung nachweisen konnte, dass die Krone seines Königs nicht aus reinem Gold bestand.

Du sollst jedoch nicht Gold betrachten, sondern Aufgabium, ein neues, noch unerforschtes Element.

Eine würfelförmige Stoffportion Aufgabium, die 25 g wiegt, verdrängt, wenn man sie in einen Wasserbehälter wirft, 2,8 ml Wasser.

- Berechne die Dichte von Aufgabium in $\frac{g}{cm^3}$.
- Berechne die Stoffmenge im hinzugegebenen Würfel Aufgabium ($M=59 \text{ g/mol}$).

Von Aufgabium ist bekannt, dass die Kristalle kubisch raumzentrierte Elementarzellen bilden.

- Berechne aus den Informationen den Atomradius. Gehe davon aus, dass die kugelförmigen Atome ihre Nachbarn an je einer Stelle berühren.

Aufgabium reagiert mit Halogenen zu Salzen z.B. Aufgabium(I)-chlorid. Dies ist ein weißes Salz, welches im NaCl-Strukturtyp kristallisiert. Eine Röntgenstrukturanalyse ergab für die Kantenlänge der würfelförmigen Elementarzelle $5,10 \text{ \AA}$.

- Berechne aus den Angaben die Ionenradien des Aufgabium-Kations (Auf^+) und des Chlorid-Anions (Cl^-).

Viel Freude beim Bearbeiten der Chemie-Aufgaben und gutes Gelingen

wünscht das CDS-Team Hessen

Auf jeden Fall abgeben, was du bearbeitet hast.

! Abgabeschluss: Montag, der 6. April 2020 (18.00 Uhr)

per Mail an cds@icho-hessen.de (bitte als pdf senden, keine jpg, keine docx, odt, ...) – Falls das pdf zu groß ist, hilft ein kostenfreies tool wie pdf-creator. Oder ladet die Dateien auf wetransfer.com hoch und sendet den link per Mail.

Fax an 06071 – 92 47 50 ...

oder per Brief (Poststempel zählt) an Marco Dörsam, Alfred-Delp-Schule, Auf der Leer 10, 64807 Dieburg



1 Highlights rund um die Chemie

Beantworte die nächsten Fragen in einem Satz.

a) Was ist das Besondere an einem Katalysator?

| | |
|--|----------|
| Summe | 5 |
| Ein Katalysator beschleunigt eine chemische Reaktion... ... ohne selbst verbraucht zu werden ... durch eine Änderung des Reaktionsweges ... durch Senkung der Aktivierungsenergie | 1 |

b) Was war das Besondere an der Herstellung von Ammoniak durch Haber und Bosch?

| | |
|---|----------|
| Es war der erste großtechnische Prozess bei dem Luftstickstoff chemisch gebunden wurde. | 1 |
|---|----------|

c) Was war das Besondere an der erstmaligen synthetischen Herstellung von Insulin?

| | |
|--|----------|
| Das erste großtechnische Verfahren zur Nutzung von gentechnisch veränderten Organismen. Dadurch waren keinen Massenschlachtungen zur Gewinnung von Bauchspeicheldrüsen aus Rindern und Schweinen mehr nötig. | 1 |
|--|----------|

d) Was war das Besondere der Herstellung von Porzellan durch Böttger?

| | |
|---|----------|
| Erstmals konnte in Europa Porzellan hergestellt werden und musste nicht mehr aus China exportiert werden. Grundstein für die Meißener Porzellanmanufaktur. | 1 |
|---|----------|

e) Was war das Besondere an der synthetischen Herstellung des Naturstoffs Taxol?

| | |
|--|----------|
| Dadurch wurde der Grundstein für ein Taxol-basiertes Krebsmittel gelegt. (Taxolgehalt in Eiben recht gering) weltweit größter Aufwand zur Totalsynthese einer Einzelverbindung | 1 |
|--|----------|



2 Trauben sind sauer, sagt der Fuchs

In der alten Fabel von Äsop behauptet der Fuchs, der die hochwachsenden Trauben nicht erreichen kann, sie seien sauer. Waren sie das? Wahrscheinlich nicht, es war nur eine Rechtfertigung. Doch was bedeutet eigentlich sauer? Die Meinungen und Theorien dazu haben sich über die Jahrhunderte deutlich geändert. Während es Äsops Fuchs nur um den Geschmack ging, arbeiten wir heute mit wissenschaftlichen Definitionen des Säurebegriffs.

- Stelle tabellarisch die Säure-Base-Definitionen von Arrhenius und Brønstedt gegenüber.
- Formuliere die Reaktionsgleichung zwischen den Gasen Ammoniak und Chlorwasserstoff. Skizziere die Reaktion im Teilchenmodell und begründe, welche der beiden Theorien aus Aufgabenteil a) zur Beschreibung dieser Reaktion geeignet ist.

| | Summe: | 24 |
|----|--|-----------|
| a) | Arrhenius (Stoff-basierte Definition): Säuren: Stoffe, die in Wasser Protonen abspalten. Es bleibt ein Säurerestion zurück. Basen: Stoffe, die in Wasser Hydroxid-Ionen abspalten. Es bleiben Baserestionen (Kationen) zurück. | 2 |
| | Broensted (Teilchen-basierte Definition): Säuren: Teilchen, die Protonen abgeben können. Basen: Teilchen, die Protonen aufnehmen können, | 2 |
| b) | Reaktionsgleichung: $\text{NH}_3 (\text{g}) + \text{HCl} (\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} (\text{s})$ | 1 |
| | Skizze: Erkennbar, dass sich das Proton des Chlorwasserstoff-Moleküls am Ende am Ammonium-Ion befindet. | 2 |
| | Nach Broenstedt → Es ist kein Wasser vorhanden und es werden keine Hydroxid-Ionen abgegeben. | 2 |

Die saure Eigenschaft mancher Stoffe ist durch die beiden Theorien nicht zu erklären. Ein Beispiel dafür ist die (Ortho-)borsäure.

- Nenne die Theorie, welche die saure Wirkung von Borsäure erklärt. Erläutere, worauf die Säureeigenschaften beruhen und benutze zur Erklärung Molekülformeln (auch Valenzstrichformeln, Strukturformeln oder Lewis-Formeln genannt). Nenne 2 weitere Verbindungen, die in ähnlicher Weise als Säure reagieren.

| | | |
|----|--|--------------|
| c) | Nenne: Lewis Säure-Theorie | 1 |
| | Erläutern: Elektronenmangelverbindung (Wasser wird von Bor "angezogen" und bindet als OH-), dabei wird ein Proton abgespalten. | 2 |
| | In Lewis-Formeln: $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_4\text{BO}_4^-$ | 2 |
| | weitere Verbindungen: In Lewis-Formeln: $\text{AlCl}_3, \text{FeBr}_3, \dots$ | 2x0,5 |



Säuren unterscheiden sich in ihrer Stärke – die Protonen lassen sich unterschiedlich leicht abspalten. Entsprechend sind verschiedene Säuren zu einem unterschiedlichen Grad deprotoniert. Das hängt einerseits von den chemischen Bindungen im Molekül ab, andererseits spielt das Lösungsmittel eine wichtige Rolle. Je nachdem, wie leicht sich das Lösungsmittel protonieren lässt, zeigen Säuren einen unterschiedlichen Deprotonierungsgrad.

Die zwei Säuren Salpetersäure und Essigsäure haben in den drei Lösungsmitteln X, Y und Z eine unterschiedliche Säurestärke:

| Lösungsmittel | Salpetersäure | Essigsäure |
|---------------|--------------------------|--------------------------|
| X | vollständig deprotoniert | vollständig deprotoniert |
| Y | teilweise deprotoniert | teilweise deprotoniert |
| Z | vollständig deprotoniert | teilweise deprotoniert |

- d) Ordne die Buchstaben X, Y und Z begründet den drei Lösungsmitteln Wasser, Methanol und (flüssiger) Ammoniak zu.

| | | |
|----|--|---|
| d) | <p>Zuordnung X, Y und Z (1 P)</p> <p>X = Ammoniak Starke Base. Auch die schwache Säure Essigsäure wird vollständig deprotoniert (1 P)</p> <p>Y = Methanol Sehr schwache Base. Die Säuren werden nur zum Teil deprotoniert (1 P)</p> <p>Z = Wasser Starke Säuren (HNO₃) werden vollständig deprotoniert, schwache (HAc) nur zum Teil (1 P)</p> | 4 |
|----|--|---|

Manche Säuren können mehrere Protonen abgeben. Die Stärke dieser Abgabe ist unterschiedlich. Bei der Phosphorsäure wird (in Wasser) das erste Proton ca. 100000x besser abgegeben als das zweite und dieses wieder 100000x besser als das dritte.

- e) Formuliere die Reaktionsgleichungen der drei Protolysen (so das Fachwort) und begründe, warum sich die Stärke unterscheidet.

| | | |
|----|---|---------------------|
| e) | <p>Formuliere:</p> $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$ $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$ $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PO}_4^{3-} + \text{H}_3\text{O}^+$ <p>Begründe:</p> <p>Die Abspaltung eines Protons (Kation) von einem Anion ist schwieriger als von einem neutralen Molekül. (noch schwieriger von einem zweifach negativ geladenen).</p> | <p>3x1</p> <p>2</p> |
|----|---|---------------------|



3 Ferrofluid

Ferrofluide sind interessante Stoffgemische, in denen winzige eisenhaltige Partikel gleichmäßig in einer Flüssigkeit wie Wasser oder Kerosin verteilt sind. Ausgehend von einer Lösung von Eisen(III)-chlorid kann vergleichsweise einfach ein Ferrofluid hergestellt werden. Gehe bei der weiteren Bearbeitung der Aufgabe von einer Lösung aus, die 40 Massenprozent Eisen(III)-chlorid enthält. Diese Lösung besitzt bei Raumtemperatur eine Dichte von $1,414 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$.

- a) Zu welcher Klasse von Stoffgemischen gehören Ferrofluide?

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| Summe: | 18 |
| Suspension / Dispersion / (Kolloide) | 1 |

- b) Berechne die Konzentration $c(\text{Fe}^{3+})$ in der Eisen(III)-chlorid-Lösung.

| | |
|---|---|
| $1 \text{ L} = 1414 \text{ g}$ $m(\text{FeCl}_3) = 0,4 * 1,414 \text{ g} = 565,6 \text{ g}$ $M(\text{FeCl}_3) = 162,2 \text{ g/mol}$ $n(\text{FeCl}_3) = m/M = 565,6 \text{ g} / (162,2 \text{ g/mol}) = 3,49 \text{ mol}$ $\rightarrow c = 3,49 \text{ mol/l}$ | 1 |
| | 2 |

Als zweites wird eine Lösung von Eisen(II)-chlorid benötigt, die einfach aus der Eisen(III)-chlorid-Lösung und Stahlwolle (= Eisen) hergestellt werden kann.

- c) Formuliere die Reaktionsgleichung für die Entstehung von Eisen(II)-chlorid und berechne, welche Masse an Stahlwolle zu 150 ml der Eisen(III)-chlorid-Lösung für eine vollständige Reaktion gegeben werden muss.

| | |
|---|---|
| $\text{Fe} + 2 \text{FeCl}_3 \rightarrow 3 \text{FeCl}_2$ | 1 |
| $n(\text{Fe}^{3+}) = V(\text{Lösung}) * c(\text{Fe}^{3+}) = 150 \text{ ml} * 3,49 \text{ mol/l} = 524 \text{ mmol}$ | 1 |
| $n(\text{Fe}) = 0,5 * n(\text{Fe}^{3+}) = 262 \text{ mmol}$ | |
| $m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) * M(\text{Fe}) = 262 \text{ mmol} * 55,845 \text{ g/mol} = 14,6 \text{ g}$ | 1 |

Zuletzt müssen die beiden Lösungen unter Rühren und Zugabe von alkalischer Ammoniak-Lösung gemischt werden, wobei zunächst zwei Eisensalze ausfallen, die unmittelbar miteinander unter Wasserabgabe zu Magnetit (Fe_3O_4) reagieren

- d) Formuliere die Reaktionsgleichungen für die an der Bildung von Magnetit beteiligten Reaktionen.

| | |
|--|---|
| $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ | 1 |
| $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$ | 1 |
| $2 \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$ | 1 |



- e) Berechne, in welchem Volumenverhältnis die Eisen(III)-chlorid-Lösung und die Eisen(II)-chlorid-Lösung theoretisch gemischt werden sollten.

| | |
|---|---|
| Idealfall: $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 2:1$ bzw. $n(\text{Fe}^{3+}) = 2 * n(\text{Fe}^{2+})$ | 1 |
| $c(\text{Fe}^{2+})$ in der Lösung entspricht $3/2 c(\text{Fe}^{3+})$ | 1 |
| -> $V(\text{Fe}^{3+}) = 2*(3/2) V(\text{Fe}^{2+})$ | 1 |
| -> Man benötigt die dreifache Menge an Eisen(III)-chlorid-Lösung | |

- f) Tatsächlich sollte etwas mehr Eisen(II)-chlorid-Lösung verwendet werden, als du berechnet hast. Was ist der Grund dafür?

| | |
|--|---|
| Beim Rühren gelangt Luftsauerstoff in die Lösung, der Fe^{2+} zu Fe^{3+} oxidiert. Wird ein Überschuss an Fe^{2+} eingesetzt, wird ein Teil davon oxidiert, sodass $c(\text{Fe}^{2+})$ sinkt und $c(\text{Fe}^{3+})$ steigt, wodurch sich ungefähr das ideale Verhältnis einstellt. | 1 |
|--|---|

Durch die langsame Zugabe der Ammoniak-Lösung entsteht Magnetit in Form von Nanopartikeln. Diese sind zwar leicht positiv geladen, aggregieren aber trotzdem mit der Zeit. Das kann verhindert werden, wenn der Lösung ein Tensid, wie Natriumoleat, zugesetzt wird, das sich mizellenartig um die Nanopartikel anordnet.

- g) Skizziere den Aufbau einer solchen mizellenartigen Anordnung aus einem Magnetit-Nanopartikel und Oleat-Molekülen.

| | |
|--|---|
| | 2 |
|--|---|

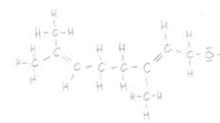
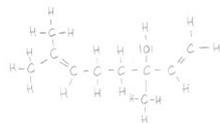
- h) Begründe, ob die so gewonnenen Nanopartikel eher für ein Ferrofluid auf Wasser oder Kerosinbasis geeignet sind.

| | |
|---|---|
| Auf Kerosinbasis. Die unpolaren "Schwänze" der Tenside zeigen nach außen. Die umhüllten Nanopartikel sind also lipophil bzw. hydrophob. | 2 |
|---|---|



4 Ein bisschen OC

In der OC, der Organische Chemie, geht es um kohlenstoffhaltige Molekülverbindungen. Zwei Beispiele sind die isomeren Alkohole A und B, die einen frisch-blumigen Geruch besitzen .



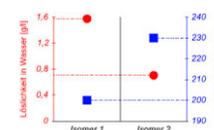
Strukturformel der Verbindung A (links) und Verbindung B (rechts)

- Gib an, warum die Verbindungen A und B als isomer bezeichnet werden. Zeichne die Strukturformel (auch Lewis-Formel genannt) einer weiteren zu A und B isomeren Verbindung.
- Gib an, warum die Verbindungen A und B zu den ungesättigten Alkoholen gehören.

| | | |
|--|---------------|-----------|
| | Summe: | 11 |
| Beide Verbindungen besitzen die gleiche Summenformel, aber unterschiedliche Strukturformeln. | | 1 |
| Beliebiges Strukturisomer (C ₁₀ H ₁₈ O) | | 1 |
| Beide Verbindungen besitzen Hydroxygruppen -> Alkanole | | 1 |
| Beide Verbindungen besitzen C=C Doppelbindungen -> ungesättigt | | 1 |

Die beiden Verbindungen A und B unterscheiden sich in der Wasserlöslichkeit und der Siedetemperatur.

- Gib begründet an, bei welcher der beiden Verbindungen A und B es sich um Isomer 1 und Isomer 2 handelt.



| | |
|--|---|
| Isomer1/Rot (Kreis) = A; Isomer2/Blau (Quadrat) = B | 1 |
| Tertiäre Alkohole haben im Vergleich zu den primären Isomeren eine höhere Löslichkeit in Wasser. | 1 |
| ... und im Vergleich zu Primären eine niedrigere Siedetemperatur. | 1 |
| Argumentation z.B.: Der lipophiler Rest ist bei tertiären Alkoholen räumlich kleiner als bei primären -> weniger hydrophobe Wechselwirkungen (van-der-Waals-Kräfte) -> bessere Löslichkeit, aber niedrigere Siedetemperatur. | |

Parfümeure setzen diese Verbindung bei ihren Kreationen ein. Nimm an, dass eine wässrige Lösung (100 ml) 0,050 g der blumig riechenden Verbindung A enthält.

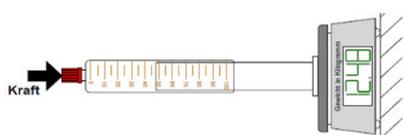
- Berechne die Konzentration des Geruchsstoffes A in der Lösung in mol/l und mg/l.
- Berechne, wie viele Moleküle des Geruchsstoffes A sich in den 100 ml wässriger Lösung befinden.

| | |
|--|---|
| M(C ₁₀ H ₁₈ O) = 154 g/mol | 1 |
| $\beta(A) = m_A/V_{\text{ges}} = 500 \text{ mg/l}$ | 2 |
| $c(A) = \beta/M = 500 \text{ mg/l} / (154 \text{ g/mol}) = 3,25 \text{ mmol/l}$ | |
| $N = n \cdot N_A$; In 100 ml befinden sich $3,25 \cdot 10^{-6} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 1,95 \cdot 10^{18}$ Moleküle | 1 |



5 Keine Angst vor Spritzen!

Spritzen sind gut geeignete Hilfsmittel, um den Zusammenhang zwischen Druck und Volumen bei Gasen zu untersuchen. Ein recht einfacher Versuchsaufbau besteht aus einer Spritze und einer Waage:



Dabei wird die Waage durch eine äußere Krafteinwirkung mit der Spritze gegen eine Wand gedrückt, um Einflüsse durch die Gravitationskraft auszuschließen. Die verwendete Spritze besitzt einen Innendurchmesser von 5,0 cm.

Experiment: In einer Messreihe wurden 100,0 ml Luft in die Spritze aufgezogen, diese verschlossen und dann langsam die Krafteinwirkung erhöht. Du kannst dabei annehmen, dass dies so langsam passiert, dass das Gas in der Spritze zu jedem Zeitpunkt die Umgebungstemperatur 25°C besitzt. Der Umgebungsdruck beträgt zudem dauerhaft 1013,25 hPa. Unter diesen Bedingungen hat Luft eine Dichte von $1,184 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

- a) Berechne die Stoffmenge des Gases in der Spritze. Gehe dazu davon aus, dass Luft ein ideales Gasgemisch mit der Volumenzusammensetzung 79% Stickstoff, 20% Sauerstoff und 1% Argon ist.

| | |
|---|-----------|
| Summe: | 11 |
| $n = V/V_m$ ($V_m = 24,47 \text{ l/mol}$ bei 25°C) $n = 0,1000 \text{ l} / 24,47 \text{ l/mol} = 0,00409 \text{ mol}$ | 1 |

Während des Versuchs sind folgende Messwerte aufgenommen worden.

| | | | | | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Volumen in ml | 100 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | 60 |
| Anzeige in kg | 0,0 | 1,1 | 2,2 | 3,1 | 4,8 | 7,0 | 8,8 | 10,5 | 13,3 |

Über einen Umweg kann aus der Anzeige der Waage der Druck des Gases in der Spritze berechnet werden. Die Waage misst eigentlich die auf sie wirkende Kraft und rechnet sie dann über die Erdbeschleunigung g in eine Masse um. Dieselbe Kraft wirkt dann auch auf den Kolben der Spritze und kann als Produkt der Differenz vom Außendruck und dem Druck des Gases in der Spritze sowie der Fläche, mit der der Kolben auf das Gas drückt, berechnet werden. Ausgehend davon kann ein Ausdruck für die Anzeige X der Waage (in kg) hergeleitet werden.

$$X = \frac{n \cdot R \cdot T \cdot A_{\text{Kolben}}}{g} \cdot \left(\frac{1}{V} - \frac{1}{V_0} \right)$$

Dabei ist n die Stoffmenge in der Spritze, R die Gaskonstante, T die Temperatur, A die beschriebene Fläche der Spritzenkolbens und g die Erdbeschleunigung ($g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). V gibt das Volumen des Gases in der Spritze an; V_0 das Ausgangsvolumen ($V_0 = 100 \text{ ml}$).

- b) Zeige durch einen Einheitenest, dass X auch tatsächlich die Einheit kg besitzt.
 c) Leite den angegebenen Ausdruck für X ausgehend von den gegebenen Informationen und der idealen Gasgleichung her.

| | |
|--|----------|
| $\begin{aligned} \text{b) } X &= [(\text{mol} \cdot \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2) / (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})] \cdot 1/\text{m}^3 \\ &= [(\text{mol} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2) / (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})] \cdot 1/\text{m}^3 \\ &= [(\text{kg} \cdot \text{m}^4 \cdot \text{s}^{-2}) / (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})] \cdot 1/\text{m}^3 = \text{kg} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3} = \text{kg} \end{aligned}$ <p>Einsetzen der Einheiten und Umwandeln: $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$, $1 \text{ l} = 0,001 \text{ m}^3$, $A = \pi \cdot r^2$</p> | 2 |
|--|----------|



c) $F = m \cdot g$, daraus folgt $m = F / g$ | $F = p \cdot A$; (Außen - Innen)

$$= [(p_1 \cdot A) / g] - [(p_2 \cdot A) / g] \quad | \quad p = n \cdot R \cdot T / V$$

$$= [(n \cdot R \cdot T \cdot A / V_1 \cdot g)] - [(n \cdot R \cdot T \cdot A / V_2 \cdot g)]$$

Ausklammern der Konstanten

$$= (n \cdot R \cdot T \cdot A / g) \cdot (1/V_1 - 1/V_2)$$

3

Trägt man in einem geeigneten Diagramm die Werte von X gegen die zugehörigen Werte von $(\frac{1}{V} - \frac{1}{V_0})$ auf, führt dies zu einer Ursprungsgeraden mit der Steigung $\frac{n \cdot R \cdot T \cdot A_{\text{Kolben}}}{g}$

Ausgehend von diesem Wert kannst du einen Näherungswert für R berechnen.

- d) Trage die Messergebnisse, wie oben beschrieben, in einem geeigneten Diagramm auf, ermittle die Steigung der Ursprungsgeraden und berechne einen Schätzwert für R .

Diagramm zeichnen mit Achsen: X in kg auf der y-Achse und Differenz der Kehrwerte der Volumina in $1/m^3$ auf der x-Achse (2 P)

5

Messwerttabelle: Ausgangsvolumen $V_0 = 100$ ml

| | | | | | | | | | |
|---|-----|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| $(\frac{1}{V} - \frac{1}{V_0})$ in $1/ml$ | 0 | 0,53 10^{-3} | 1,11 10^{-3} | 1,76 10^{-3} | 2,5 10^{-3} | 3,3 10^{-3} | 4,2 10^{-3} | 5,3 10^{-3} | 6,6 10^{-3} |
| Volumen V in ml | 100 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | 60 |
| Anzeige in kg | 0,0 | 1,1 | 2,2 | 3,1 | 4,8 | 7,0 | 8,8 | 10,5 | 13,3 |

Steigung ermitteln (1 P)

$$\text{Steigung} = \Delta y / \Delta x = X / (1/V - 1/V_0) = 4,8 \text{ kg} / 0,0025 \text{ ml}^{-1} = 1920 \text{ kg} \cdot \text{ml}$$

$$\text{Umrechnen in Kubikmeter-Volumeneinheit: Steigung} = 0,00192 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$$

$$\text{Steigung(ideal)} = 0,00203 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$$

Berechnung von R aus der Steigung (2 P):

$$\text{Steigung} = n \cdot R \cdot T \cdot A / g,$$

$$\text{daraus folgt } R = \text{Steigung} \cdot g / n \cdot T \cdot A \quad | \quad A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (0,05 \text{ m}/2)^2 = 0,0001963 \text{ m}^2,$$

$$| \quad T = 298 \text{ K}, n = 0,0049 \text{ mol}, g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$R = (0,00203 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^3 \cdot 9,81 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}) / [(0,00409 \text{ mol} \cdot 298 \cdot \text{K} \cdot 0,0001963 \text{ m}^2)]$$

$$R = (0,01991 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^4 \cdot \text{s}^{-2}) / (0,00239 \cdot \text{mol} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2)$$

$$R = 8,36 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{mol} \cdot \text{K} \cdot \text{s}^2$$

$$R = 8,36 \text{ J/mol}$$

$$\text{Literatur: } R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K} = 8,314 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{mol} \cdot \text{K} \cdot \text{s}^2$$



6 Aufgabium

Die Dichte eines Stoffes ist eine praktische Eigenschaft, da sie Rückschlüsse auf die Struktur und Zusammensetzung von Reinstoffen und Stoffgemischen erlaubt: Man denke nur an Archimedes, der der Legende nach durch eine Dichtebestimmung nachweisen konnte, dass die Krone seines Königs nicht aus reinem Gold bestand.

Du sollst jedoch nicht Gold betrachten, sondern Aufgabium, ein neues, noch unerforschtes Element.

Eine würfelförmige Stoffportion Aufgabium, die 25 g wiegt, verdrängt, wenn man sie in einen Wasserbehälter wirft, 2,8 ml Wasser.

- Berechne die Dichte von Aufgabium in $\frac{g}{cm^3}$.
- Berechne die Stoffmenge im hinzugegebenen Würfel Aufgabium ($M=59 \text{ g/mol}$).

| | |
|--|-----------|
| Summe: | 14 |
| $\rho = m/V; \quad \rho = 25 \text{ g}/2,8 \text{ ml} = 8,93 \text{ g/ml} = 8,93 \text{ g/cm}^3$ | 2 |
| $n = m/M; \quad n = 25 \text{ g}/(59 \text{ g/mol}) = 424 \text{ mmol}$ | 2 |

Von Aufgabium ist bekannt, dass die Kristalle kubisch raumzentrierte Elementarzellen bilden.

- Berechne aus den Informationen den Atomradius. Gehe davon aus, dass die kugelförmigen Atome ihre Nachbarn an je einer Stelle berühren.

| | |
|--|---|
| $V = 2,8 \text{ cm}^3$ | 1 |
| Seitenlänge = $(2,8 \text{ cm}^3)^{1/3} = 1,41 \text{ cm}$ | 1 |
| insgesamt: 424 mmol Atome | 1 |
| Auf einer Seite: $(424 \cdot 6,023 \cdot 10^{23})^{1/3}$ Atome = $6,344 \cdot 10^8$ Atome | |
| -> $\cdot 2 = 1,269 \cdot 10^8$ Radien | 2 |
| $r = 1,41 \cdot 10^{-2} \text{ m} / 12,69 \cdot 10^8 = 1,11 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 1,11 \text{ \AA}$ | |

Aufgabium reagiert mit Halogenen zu Salzen z.B. Aufgabium(I)-chlorid. Dies ist ein weißes Salz, welches im NaCl-Strukturtyp kristallisiert. Eine Röntgenstrukturanalyse ergab für die Kantenlänge der würfelförmigen Elementarzelle $5,10 \text{ \AA}$.

- Berechne aus den Angaben die Ionenradien des Aufgabium-Kations (Auf^+) und des Chlorid-Anions (Cl^-).

| | |
|--|---|
| $r(\text{Cl}^-)$: Seitenlänge (Elementarzelle) = $5,1 \text{ \AA}$ | 1 |
| Diagonale (Elementarzelle) = $(5,1^2 + 5,1^2)^{1/2} = 7,21 \text{ \AA}$ | 1 |
| Auf der Diagonale sind 4 Radien (bei direktem Kontakt) -> $r(\text{Cl}^-) = 1,8 \text{ \AA}$ | 1 |
| $r(\text{Auf}^+)$: Eine Seite ist $5,1 \text{ \AA}$ lang, davon gehen 2 Radien Chlorid weg. | 1 |
| -> $r(\text{Auf}^+) (5,1 - 2 \cdot 1,8)/2 = 0,75 \text{ \AA}$ | 1 |