

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Deckblatt
2. Runde



Vorname: _____

Nachname: _____

Startnummer: _____

Email-Adresse: _____

Schule: _____

Geburtsdatum: _____

Schätzaufgabe: Die Schätzaufgabe dient zur eindeutigen Festlegung der Plätze bei Punktgleichstand. Die Antwort darf nicht mehr als eine Null (z. B. 30498726) enthalten und auch keine Zehnerpotenzen (z. B. $6,32 \cdot 10^4$ ist nicht zulässig).

Aufgabe: Wie viel mol Wasser fließt pro Sekunde durchschnittlich durch den Main?

Deine Schätzung: _____

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 9



1 Auf die Reihenfolge kommt es an!

Ordne die folgenden Begriffe entsprechend der vorgegebenen Kategorien jeweils vom geringsten zum höchsten Wert.

- a) Anzahl besetzter Elektronenschalen:
Lithium-Atom, Kalium-Atom, Natrium-Atom, Rubidium-Atom, Wasserstoff-Atom
- b) Anzahl der Außenelektronen:
Aluminium-Atom, Chlor-Atom, Natrium-Atom, Phosphor-Atom, Magnesium-Atom
- c) Atomradius:
Lithium-Atom, Natrium-Atom, Wasserstoff-Atom
- d) Anzahl der Elektronen im Teilchen:
Chlor-Atom, Magnesium-Ion, Stickstoff-Molekül, Sulfid-Ion
- e) Anzahl der Atome in der Verhältnisformel bzw. Summenformel:
Aluminiumchlorid, Aluminiumoxid, Sauerstoff, Wasser, Xenon
- f) Schmelztemperatur:
Blei, Chlor, Natriumchlorid, Wasser
- g) Siedetemperatur:
Alkohol (Ethanol), Eisen, Stickstoff, Wasser
- h) Dichte:
Blei, Eisen, Magnesium, Sauerstoff, Wasser
- i) Reaktionsfähigkeit mit in der Luft enthaltenem Sauerstoff:
Eisen, Kupfer, Gold, Magnesium, Natrium

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 9



2 Wer bin ich?

Ich bin ein Verwandlungskünstler, in reiner Form kann ich mal Goldmarie, mal Pechmarie sein. Abhängig von der Sauerstoffzufuhr reagiere ich in einer unvollständigen Verbrennung zu (A) oder in einer vollständigen Verbrennung zu (B). Wird (B) in Wasser geleitet, entsteht ein prickelndes Getränk. Fällt ein brennender Magnesiumspan in ein mit (B) gefülltes Gefäß, lodert die Flamme auf und ich entstehe wieder neu.

- Gib den Namen des gesuchten Stoffes an.
- Formuliere je ein Reaktionsgleichung für die vollständige und unvollständige Verbrennung. Benenne die Reaktionsprodukte (A) und (B).
- Berechne den prozentualen Anteil der Masse an Sauerstoff in der Verbindung (A) und den in der Verbindung (B).
- Formuliere die Reaktionsgleichung für das Einleiten von (B) in Wasser sowie für die Reaktion von Magnesium in (B).
- Beschreibe die Beobachtung, wenn ein brennender Holzspan in ein mit (B) gefülltes Gefäß gegeben wird, und erkläre diese Beobachtung.
- Erläutere, was in der Aufgabenstellung mit „mal Goldmarie und mal Pechmarie“ gemeint sein könnte.

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 9



3 Die Himmelscheibe von Nebra

Die Himmelscheibe von Nebra ist eine annähernd kreisrunde Bronzeplatte aus der Bronzezeit. Neben einem Zinn-Anteil von 2,5 Prozent weist sie einen für die Bronzezeit typisch hohen Gehalt von 0,2 Prozent Arsen auf. In ihrer Ursprungszeit wies die Bronze Himmelscheibe eine tiefbraune Färbung auf. Die heutige grüne Farbe entstand erst im Laufe der Zeit.

- a) Erkläre den Begriff Legierung am Beispiel von Bronze.
- b) Begründe die beschriebene Farbänderung.

Auf den Schalen einer sich im Gleichgewicht befindlichen Waage werden auf der rechten Seite 100 g Zinn, auf der linken Seite 100 g Kupfer vollständig oxidiert, d. h. mit Sauerstoff zur Reaktion gebracht. Nach der Reaktion befinden sich auf der linken Waagschale 125 g.

- c) Beim Erhitzen reagiert Zinn zu Zinn(IV)-oxid (SnO_2) und Kupfer unter Bildung von Kupfer(II)-oxid (CuO). Formuliere die jeweils zugehörigen Reaktionsgleichungen.
- d) Begründe die Massenzunahme.
- e) Begründe mit Rechnung die Lage der beiden Waagschalen zueinander nach der Reaktion.



4 Magnesiumchlorid – unentbehrlicher Hilfsstoff

Die Anwendung von Magnesiumchlorid ist vielfältig. So ist Magnesiumchlorid (E 511) ein wichtiger Hilfsstoff in der Lebensmittelindustrie. Im Winter wird Magnesiumchlorid als Bestandteil von Streusalz verwendet.

Die Herstellung von Magnesiumchlorid kann z.B. nach folgenden Vorgaben erfolgen:

- (I) Reaktion des Metalls mit dem notwendigen Nichtmetall.
- (II) Reaktion des Metalloxids mit dem notwendigen Nichtmetall und Kohlenstoff unter Bildung eines farblosen, giftigen Gases.
- (III) Reaktion des Metallhydroxids mit Chlorwasserstoff-Lösung.

- a) Entwickle die Reaktionsgleichungen für (I), (II) und (III).
- b) Die Wirkung des Streusalzes hängt damit zusammen, dass nach dem Bestreuen des Eises mit genügend Streusalz letztlich eine Lösung von Salz in Wasser entsteht, die einen niedrigeren Schmelzpunkt als das reine Eis aufweist und damit auch bei tieferen Temperaturen flüssig bleibt. Benenne dieses Phänomen und formuliere die Dissoziationsgleichung von Magnesiumchlorid in Wasser.
- c) Der Einsatz von Streusalz ist umstritten. Nenne je ein Pro-Argument und ein Contra-Argument.
- d) Beschreibe einen Nachweis durch den gezeigt werden kann, dass an einer Stelle Streusalz zum Einsatz gekommen ist. Formuliere auch die zugehörige Reaktionsgleichung.
- e) Nahrungsergänzungsmittel können Magnesiumsalze enthalten. Präzisiere aus chemischer Sicht den Packungsaufdruck „... enthält Magnesium“.

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 9



5 Kohlenstoffdioxid-Gehalt

Lebewesen atmen Kohlenstoffdioxid (CO_2) aus. Ein einfach zu messender Indikator für die Qualität der Raumluft ist daher ihr CO_2 -Gehalt. Frischluft hat normalerweise einen CO_2 -Gehalt von $\frac{412}{1\,000\,000}$ bzw. 412 ppm (parts per million). Bei Werten unter 1000 ppm fühlen wir uns wohl und sind leistungsfähig. Mit höherer CO_2 -Konzentration fühlen wir uns zunehmend unwohler und die Leistungsfähigkeit nimmt ab. Ziel ist daher eine CO_2 -Konzentration unter 1000 ppm. Die Obergrenze für akzeptable Raumluft beträgt 1400 ppm. In Unterrichtsräumen werden z.T. aber auch Werte von 5000 ppm gemessen. Ein Erwachsener gibt durchschnittlich 0,7 g CO_2 pro Minute ab.

- Berechne den Kohlenstoffdioxid-Gehalt nachdem 27 erwachsene Personen in einem Raum (5 m breit, 10 m lang und 2,80 m hoch) 20 Minuten gearbeitet haben.
(Hinweis: $V_m = 24,46$ L/mol bei 25 °C)
- Das wichtigste Mittel, um die Luft in geschlossenen Räumen „frisch“ zu halten, ist – nicht erst seit Pandemiebeginn - gutes Lüften. Begründe, ob die empfohlene „Lüftungsfrequenz“ von 20 Minuten für den in Aufgabe a) beschriebenen Raum ausreicht.

Ein Astronaut atmet bei körperlicher Anstrengung bis zu 1 kg Kohlenstoffdioxid pro Tag aus. Astronauten führen bei Außeneinsätzen einen Behälter mit Lithiumhydroxid mit sich, um das ausgeatmete Kohlenstoffdioxid zu binden. Das Kohlenstoffdioxid reagiert mit Lithiumhydroxid und dabei wird festes Lithiumcarbonat (Li_2CO_3) und Wasser gebildet. Ein Kohlenstoffdioxid-Gehalt von 5 Vol-% würde zu Schwindel beim Astronauten führen.

- Formuliere die zugehörige Reaktionsgleichung und berechne die Masse an Lithiumhydroxid, die für die Reaktion mit 1 kg Kohlenstoffdioxid benötigt wird.

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9



1 Auf die Reihenfolge kommt es an!

insgesamt 9 Punkte

Ordne die folgenden Begriffe entsprechend der vorgegebenen Kategorien jeweils vom geringsten zum höchsten Wert.

- a) Anzahl besetzter Elektronenschalen:
Wasserstoff-Atom (1) < Lithium-Atom (2) < Natrium-Atom (3) < Kalium-Atom (4)
< Rubidium-Atom (5)
- b) Anzahl der Außenelektronen:
Natrium-Atom (11 e⁻) < Magnesium-Atom (12 e⁻) < Aluminium-Atom (13 e⁻) <
Phosphor-Atom (15 e⁻) < Chlor-Atom (17 e⁻)
- c) Atomradius:
Wasserstoff-Atom (53 • 10⁻¹² m) < Lithium-Atom (152 • 10⁻¹² m)
< Natrium-Atom (186 • 10⁻¹² m)
- d) Anzahl der Elektronen im Teilchen:
Magnesium-Ion (10 e⁻) < Stickstoff-Molekül (14 e⁻) < Chlor-Atom (17 e⁻) < Sulfid-Ion
(18 e⁻)
- e) Anzahl der Atome in der Verhältnisformel bzw. Summenformel:
Xenon (1) < Sauerstoff (2) < Wasser (3) < Aluminiumchlorid (4)
< Aluminiumoxid (5)
- f) Schmelztemperatur:
Chlor (-101,5 °C) < Wasser (0 °C) < Blei (327,5 °C) < Natriumchlorid (801 °C)
- g) Siedetemperatur:
Stickstoff (-195,8 °C) < Ethanol (78,4 °C) < Wasser (100 °C) < Eisen (2862 °C)
- h) Dichte:
Sauerstoff (0,0014 g/cm³) < Wasser (1 g/cm³) < Magnesium (1,7 g/cm³)
< Eisen (7,8 g/cm³) < Blei (11,3 g/cm³)
- i) Reaktionsfähigkeit mit in der Luft enthaltenem Sauerstoff:
Gold < Kupfer < Eisen < Magnesium < Natrium

1 Punkt je korrekter Reihenfolge = 9 Punkte

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9



2 Wer bin ich?

insgesamt 11 Punkte

Ich bin ein Verwandlungskünstler, in reiner Form kann ich mal Goldmarie, mal Pechmarie sein. Abhängig von der Sauerstoffzufuhr reagiere ich in einer unvollständigen Verbrennung zu (A) oder in einer vollständigen Verbrennung zu (B). Wird (B) in Wasser geleitet, entsteht ein prickelndes Getränk. Fällt ein brennender Magnesiumspan in ein mit (B) gefülltes Gefäß, lodert die Flamme auf und ich entstehe wieder neu.

- a) Gib den Namen des gesuchten Stoffes an.

Kohlenstoff

1 Punkt für gesuchten Stoff = 1 Punkt

- b) Formuliere je ein Reaktionsgleichung für die vollständige und unvollständige Verbrennung. Benenne die Reaktionsprodukte (A) und (B).

Reaktionsgleichung zu (A): $2 \text{ C} + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}$	(A): Kohlenstoffmonooxid bzw. Kohlenmonoxid bzw. Monokohlenstoffmonooxid
Reaktionsgleichung zu (B): $\text{ C} + \text{ O}_2 \rightarrow \text{ CO}_2$	(B): Kohlenstoffdioxid bzw. Kohlendioxid bzw. Monokohlenstoffdioxid

1 Punkt je korrekter Reaktionsgleichung = 2 Punkte
(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -1/2 Punkt)

1/2 Punkt je richtig benanntem Reaktionsprodukt = 1 Punkt

- c) Berechne den prozentualen Anteil der Masse an Sauerstoff in der Verbindung (A) und den in der Verbindung (B).

(A) CO:	$\frac{M(\text{O})}{M(\text{CO})} \cdot 100 \% = \frac{16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 57,14 \%$
(B) CO ₂	$\frac{2 \cdot M(\text{O})}{M(\text{CO}_2)} \cdot 100 \% = \frac{32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 72,73 \%$

1 Punkt je Berechnung = 2 Punkt

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9



- d) Formuliere die Reaktionsgleichung für das Einleiten von (B) in Wasser sowie für die Reaktion von Magnesium in (B).

Reaktionsgleichung	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
oder auch	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
bzw.	$\text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
Reaktionsgleichung	$2 \text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{C} + 2 \text{MgO}$

1 Punkt je korrekter Reaktionsgleichung = 2 Punkte
(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -½ Punkt)

- e) Beschreibe die Beobachtung, wenn ein brennender Holzspan in ein mit (B) gefülltes Gefäß gegeben wird, und erkläre diese Beobachtung.

Beobachtung:	brennender Holzspan erlischt (Feuer wird gelöscht)
Erklärung:	erstickende Wirkung von Kohlenstoffdioxid

1 Punkt für Beobachtung und 1 Punkt für Erklärung = 2 Punkte

- f) Erläutere, was in der Aufgabenstellung mit „mal Goldmarie und mal Pechmarie“ gemeint sein könnte.

Der gesuchte Stoff ist das Element Kohlenstoff, das in der Natur in Modifikationen vorkommt. Die Diamant-Modifikation könnte dann für die Goldmarie stehen und die Kohle-Modifikation für die Pechmarie.
--

nachvollziehbare Überlegung 1 Punkt

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9



3 Die Himmelscheibe von Nebra

insgesamt 10 Punkte

Die Himmelscheibe von Nebra ist eine annähernd kreisrunde Bronzeplatte aus der Bronzezeit. Neben einem Zinn-Anteil von 2,5 Prozent weist sie einen für die Bronzezeit typisch hohen Gehalt von 0,2 Prozent Arsen auf. In ihrer Ursprungszeit wies die Bronze Himmelscheibe eine tiefbraune Färbung auf. Die heutige grüne Farbe entstand erst im Laufe der Zeit.

- a) Erkläre den Begriff Legierung am Beispiel von Bronze.

Eine Legierung ist ein homogenes Stoffgemisch aus verschiedenen Metallen, wobei sich die Eigenschaften der entstehenden Legierung von denen der Einzelmetalle unterscheiden.

Bronze, eine Legierung aus Kupfer und Zinn, ist beispielsweise härter als Kupfer.

1 Punkt Gemischtart und 1 Punkt Eigenschaftsänderung = 2 Punkte

- b) Begründe die beschriebene Farbänderung.

Grünfärbung entsteht durch **Korrosion** des Kupfers/Verwitterung des Kupfers/Reaktion des Kupfers durch Einwirkung von Regenwasser und u. a. Kohlenstoffdioxid und Schwefeldioxid aus der Luft.

Begründung 1 Punkt

Auf den Schalen einer sich im Gleichgewicht befindlichen Waage werden auf der rechten Seite 100 g Zinn, auf der linken Seite 100 g Kupfer vollständig oxidiert, d. h. mit Sauerstoff zur Reaktion gebracht. Nach der Reaktion befinden sich auf der linken Waagschale 125 g.

- c) Beim Erhitzen reagiert Zinn zu Zinn(IV)-oxid (SnO_2) und Kupfer unter Bildung von Kupfer(II)-oxid (CuO). Formuliere die jeweils zugehörigen Reaktionsgleichungen.



1 Punkt je Reaktionsgleichung = 2 Punkte
(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -½ Punkt)

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9



d) Begründe die Massenzunahme.

Im Zuge der chemischen Reaktion zwischen dem Metall und dem Sauerstoff aus der Luft nimmt die Masse auf der Waagschale zu, da als festes **Reaktionsprodukt** das Metalloxid entsteht, welches neben dem Metall noch „**Sauerstoff**“ **aus der Luft gebunden** enthält.

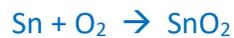
alternativ: Die Masse auf den Waagschalen nimmt zu, da das Reaktionsprodukt (Metalloxid) der Reaktion des Metalls mit Sauerstoff schwerer ist als das Edukt (Metall).

Begründung 1 Punkt

e) Begründe mit Rechnung die Lage der beiden Waagschalen zueinander nach der Reaktion.

Aus Aufgabenstellung: Masse des Kupferoxid beträgt 125 g auf der linken Waagschale
gesucht: Masse des Zinnoxids auf der rechten Waagschale

gegeben (1 P):



$$m(\text{Sn}) = 100 \text{ g}$$

$$M(\text{Sn}) = 118 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{SnO}_2) = 150,7 \text{ g/mol}$$

Berechnung der Masse an Zinnoxid auf der rechten Waagschale

$$\frac{n(\text{Sn})}{n(\text{SnO}_2)} = \frac{1}{1}, \text{ daraus folgt } \frac{m(\text{Sn})}{M(\text{Sn})} = \frac{m(\text{SnO}_2)}{M(\text{SnO}_2)} \quad (1 \text{ P})$$

$$m(\text{SnO}_2) = \frac{m(\text{Sn}) \cdot M(\text{SnO}_2)}{M(\text{Sn})} = \frac{100 \text{ g} \cdot 150,7 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{118 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 127 \text{ g} \quad (1 \text{ P})$$

Die rechte Schale mit Zinnoxid wird sich gegenüber der Schale mit Kupferoxid absenken, da das durch Reaktion entstandene Zinnoxid mit 127 g schwerer ist als das durch Reaktion entstandene Kupferoxid mit einer Masse von 125 g. (1 P)

Lage der Waagschalen zueinander 1 Punkt

Berechnung 3 Punkt

(ohne Einheit -1/2 Punkt)

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9



4 Magnesiumchlorid – unentbehrlicher Hilfsstoff

insgesamt 11 Punkte

Die Anwendung von Magnesiumchlorid ist vielfältig. So ist Magnesiumchlorid (E 511) ein wichtiger Hilfsstoff in der Lebensmittelindustrie. Im Winter wird Magnesiumchlorid als Bestandteil von Streusalz verwendet.

Die Herstellung von Magnesiumchlorid kann z.B. nach folgenden Vorgaben erfolgen:

- (I) Reaktion des Metalls mit dem notwendigen Nichtmetall.
- (II) Reaktion des Metalloxids mit dem notwendigen Nichtmetall und Kohlenstoff unter Bildung eines farblosen, giftigen Gases.
- (III) Reaktion des Metallhydroxids mit Chlorwasserstoff-Lösung.

a) Entwickle die Reaktionsgleichungen für (I) und (II).

Reaktionsgleichung I:	$\text{Mg} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{MgCl}_2$
Reaktionsgleichung II:	$\text{MgO} + \text{Cl}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{CO}$
Reaktionsgleichung III:	$\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

1 Punkt je Reaktionsgleichung = 3 Punkte
(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -½ Punkt)

b) Die Wirkung des Streusalzes hängt damit zusammen, dass nach dem Bestreuen des Eises mit genügend Streusalz letztlich eine Lösung von Salz in Wasser entsteht, die einen niedrigeren Schmelzpunkt als das reine Eis aufweist und damit auch bei tieferen Temperaturen flüssig bleibt. Benenne dieses Phänomen und formuliere die Dissoziationsgleichung von Magnesiumchlorid in Wasser.

Schmelzpunktniedrigung bzw. Gefrierpunktserniedrigung	
Dissoziationsgleichung:	$\text{MgCl}_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{Wasser}} \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^{-}(\text{aq})$

1 Punkt Phänomen und 1 Punkt für Reaktionsgleichung = 2 Punkte

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9



- c) Der Einsatz von Streusalz ist umstritten. Nenne je ein Pro-Argument und ein Contra-Argument.

Pro-Argumente (Auswahl):

- Schnee und Eis als Gefahrenquelle auf Gehwegen und Straßen zu entfernen
- vermindert die Unfallgefahr von Autos und Menschen im Winter

Contra-Argumente (Auswahl):

- Salz schadet Pflanzen und Bäumen auf Dauer durch einen zu hohen Salzgehalt
- Salz gelangt auch in Gewässer und kann deren Bewohner schädigen
- Kann zu Entzündungen bei Tierpfoten führen
- Salz kann Unterboden von Autos angreifen und über längere Zeit die Korrosion befördern
- durch Schädigungen entstehen Folgekosten

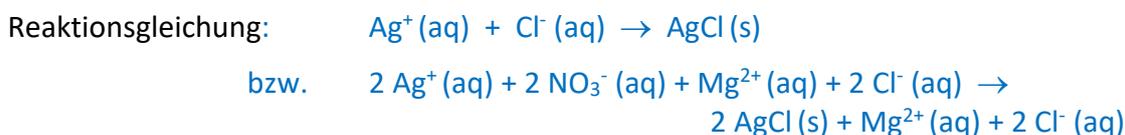
<https://www.quarks.de/umwelt/drei-gruende-warum-du-besser-auf-streusalz-verzichtest/>

1 Punkt je Argument = 2 Punkte

- d) Beschreibe einen Nachweis durch den gezeigt werden kann, dass an einer Stelle Streusalz zum Einsatz gekommen ist. Formuliere auch die zugehörige Reaktionsgleichung

Die Chlorid-Ionen des Streusalzes können in der "Schneewasserprobe" durch Zugabe von Silbernitrat nachgewiesen werden. Bei Zugabe von Silbernitrat zeigt sich ein weißer voluminöser Niederschlag.

Anm.: Gegenüber eine unbehandelten "Schneewasserprobe" fällt der Nachweis deutlicher aus.



Beschreibung des Nachweises = 2 Punkte

Reaktionsgleichung = 1 Punkt
(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -½ Punkt)

- e) Nahrungsergänzungsmittel können Magnesiumsalze enthalten. Präzisiere aus chemischer Sicht den Packungsaufdruck „... enthält Magnesium“.

Da in dem Nahrungsergänzungsmittel nicht elementares Magnesium enthalten ist, müsste es genau heißen „... enthält Magnesium-Salze oder Magnesium-Ionen“.

1 Punkt

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9



5 Kohlenstoffdioxid-Gehalt

insgesamt 10 Punkte

Lebewesen atmen Kohlenstoffdioxid (CO₂) aus. Ein einfach zu messender Indikator für die Qualität der Raumluft ist daher ihr CO₂-Gehalt. Frischluft hat normalerweise einen CO₂-Gehalt von $\frac{412}{1\,000\,000}$ bzw. 412 ppm (parts per million). Bei Werten unter 1000 ppm fühlen wir uns wohl und sind leistungsfähig. Mit höherer CO₂-Konzentration fühlen wir uns zunehmend unwohler und die Leistungsfähigkeit nimmt ab. Ziel ist daher eine CO₂-Konzentration unter 1000 ppm. Die Obergrenze für akzeptable Raumluft beträgt 1400 ppm. In Unterrichtsräumen werden z.T. aber auch Werte von 5000 ppm gemessen. Ein Erwachsener gibt durchschnittlich 0,7 g CO₂ pro Minute ab.

- a) Berechne den Kohlenstoffdioxid-Gehalt nachdem 27 erwachsene Personen in einem Raum (5 m breit, 10 m lang und 2,80 m hoch) 20 Minuten gearbeitet haben und beurteile die Raumluftqualität. (Hinweis: V_m = 24,46 L/mol bei 25 °C)

gesucht: CO₂-Gehalt im geschlossenen Raum

gegeben: Anzahl der Personen 27 mit CO₂-Abgabe von 0,7 g pro min
Raummaße t = 20 min
M(CO₂) = 44 g/mol V_m = 24,46 L/mol (bei 25 °C)

Berechnung des Raumvolumens: (1 P)

$$V = 5 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 2,80 \text{ m} = 140 \text{ m}^3 = 140000 \text{ l}$$

Berechnung des gebildeten Kohlenstoffdioxids: (1 P)

$$M(\text{CO}_2) = 27 \cdot 20 \text{ min} \cdot 0,7 \frac{\text{g}}{\text{min}} = 378 \text{ g}$$

Berechnung der Stoffmenge des gebildeten Kohlenstoffdioxids: (1 P)

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{378 \text{ g}}{44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 8,6 \text{ mol}$$

Berechnung des Volumens des gebildeten Kohlenstoffdioxids: (1 P)

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_m = 8,6 \text{ mol} \cdot 24,46 \frac{\text{l}}{\text{mol}} = 210,4 \text{ l}$$

Berechnung des Anteils des Volumens des „neu“ gebildeten Kohlenstoffdioxids an der Raumluft: (1 P)

$$\frac{V(\text{CO}_2)}{V(\text{Raum})} = \frac{210,4 \text{ l}}{140000 \text{ l}} = \frac{3}{2000} = \frac{1500}{1000000} \quad \text{entspricht 1500 ppm}$$

Gesamt: 412 ppm + 1500 ppm = 1912 ppm (1 P)

Berechnung = 6 Punkte

(ohne Einheit -1/2 Punkt)

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
L Ö S U N G E N
2. Runde – Stufe 9



- b) Das wichtigste Mittel, um die Luft in geschlossenen Räumen „frisch“ zu halten, ist – nicht erst seit Pandemiebeginn - gutes Lüften. Begründe, ob die empfohlene „Lüftungsfrequenz“ von 20 Minuten für den in Aufgabe a) beschriebenen Raum ausreicht.

Die CO₂-Konzentration im Raum aus Aufgabe a) übertrifft die Grenze für akzeptable Raumluft. Effektives Arbeiten ist gegen Ende der zwanzig Minuten weniger gut möglich. Für eine gute Arbeitsatmosphäre ist eine erhöhte Lüftungsfrequenz wünschenswert.

Begründung = 1 Punkt

Ein Astronaut atmet bei körperlicher Anstrengung bis zu 1 kg Kohlenstoffdioxid pro Tag aus. Astronauten führen bei Außeneinsätzen einen Behälter mit Lithiumhydroxid mit sich, um das ausgeatmete Kohlenstoffdioxid zu binden. Das Kohlenstoffdioxid reagiert mit Lithiumhydroxid und dabei wird festes Lithiumcarbonat (Li₂CO₃) und Wasser gebildet. Ein Kohlenstoffdioxid-Gehalt von 5 Vol-% würde zu Schwindel beim Astronauten führen.

- c) Formuliere die zugehörige Reaktionsgleichung und berechne die Masse an Lithiumhydroxid, die für die Reaktion mit 1 kg Kohlenstoffdioxid benötigt wird.

Reaktionsgleichung:	$2 \text{LiOH (s)} + \text{CO}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3 \text{ (s)} + \text{H}_2\text{O (l)}$
gesucht:	Masse an Lithiumhydroxid für die Reaktion mit 1 kg CO ₂
gegeben:	$2 \text{LiOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (siehe oben) $m(\text{CO}_2) = 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$ $M(\text{LiOH}) = 23,9 \text{ g/mol}$ $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$
Berechnung der Masse an Lithiumhydroxid	
$\frac{n(\text{LiOH})}{n(\text{CO}_2)} = \frac{2}{1}$, daraus folgt $\frac{m(\text{LiOH})}{M(\text{LiOH})} = 2 \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)}$ (1 P)	
$m(\text{LiOH}) = 2 \frac{m(\text{CO}_2) \cdot M(\text{LiOH})}{M(\text{CO}_2)} = \frac{2 \cdot 1000 \text{ g} \cdot 23,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1086,4 \text{ g}$ (1 P)	
alternativer Lösungsweg: Gemäß der Reaktionsgleichung reagieren	
44 g	Kohlenstoffdioxid (1 mol) 47,8 g Lithiumhydroxid (2 mol)
1 g	$\frac{47,8}{44} \text{ g} = 1,079 \text{ g}$
1 kg	1079 kg Lithiumhydroxid

Reaktionsgleichung = 1 Punkt
(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -½ Punkt)

Berechnung = 2 Punkte
(ohne Einheit -1/2 Punkt)

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10



1 Auf die Reihenfolge kommt es an!

Ordne die folgenden Begriffe entsprechend der vorgegebenen Kategorien jeweils vom geringsten zum höchsten Wert.

- a) Anzahl der Kohlenstoff-Atome:
Ethin, Fulleren, Glucose, Methan, Octanol
- b) Anzahl der Bindungen zwischen Kohlenstoff-Atomen im Molekül:
Ethin (C_2H_2), Ethen (C_2H_4), Kohlenstoffdioxid (CO_2), Pentan (C_5H_{12})
- c) Bindungslänge der C-C-Bindung:
Benzol (C_6H_6), Ethan (C_2H_6), Ethen (C_2H_4), Ethin (C_2H_2)
- d) Atomradius:
Calciumatom (Ca), Kaliumatom (K), Selenatom (Se)
- e) Zahl der freien Elektronenpaare im Molekül
Aminoethansäure ($H_2NCH_2CO_2H$), Ammoniak (NH_3), Harnstoff (CON_2H_4),
Schwefelwasserstoff (H_2S), Tetrachlormethan (CCl_4)
- f) Bindungswinkel:
Ammoniak (NH_3), Formaldehyd ($HCOH$), Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4),
Wasser (H_2O)
- g) Oxidationsstufe des Chlor-Atoms bzw. die Wertigkeit des Chlor-Atoms:
Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), Chlorsäure ($HClO_3$), Hypochlorige Säure ($HClO$),
Natriumchlorit ($NaClO_2$), Perchlorat-Ion (ClO_4^-)
- h) Siedetemperatur:
Schwefelwasserstoff (H_2S), Selenwasserstoff (SeH_2), Tellurwasserstoff (TeH_2),
Wasser (H_2O)

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10



2 Elemente - Verbindungen

Es sind die drei Nichtmetalle (A), (B) und (C) gegeben, darunter die zwei Hauptbestandteile der Luft. Die Verbindung aus allen drei Elementen (A), (B) und (C) färbt Universalindikator-Lösung rot (1) und löst in konzentrierter Form sogar Silber auf (2). Die Verbindung aus (B) und (C) reagiert mit Wasser und färbt Universalindikator-Lösung blau (3). (A) und (B) reagieren zu mehreren Verbindungen, die alle gasförmig vorliegen (4) und zu den Problemstoffen bei Autoabgasen gehören.

- Benenne die Elemente (A), (B) und (C).
- Gib jeweils die Formel und den Namen der Verbindung aus (A), (B) und (C) an sowie die der Verbindung aus (B) und (C). Stelle zu den beschriebenen Reaktionen (1) bis (4) je eine Reaktionsgleichung auf.
- Die Verbindung aus (B) und (C) reagiert mit der Verbindung aus (A), (B) und (C) zu einem für die Landwirtschaft wichtigem Produkt. Formuliere die Reaktionsgleichung. Berechne die Masse des Reaktionsprodukts, die entsteht, wenn 30 t der Verbindung aus (B) und (C) umgesetzt werden.

3 Die Himmelscheibe von Nebra

Die Himmelscheibe von Nebra ist eine annähernd kreisrunde Bronzeplatte aus der Bronzezeit. Neben einem Zinn-Anteil von 2,5 Prozent weist sie einen für die Bronzezeit typisch hohen Gehalt von 0,2 Prozent Arsen auf.

- Erkläre den Begriff Legierung am Beispiel von Bronze.
- Kupfer-Späne reagieren mit verschiedenen Säuren. Korrigiere falsche Aussagen und formuliere die Reaktionsgleichungen zu allen ablaufenden Reaktionen-
 - Bei der Reaktion mit verdünnter Salzsäure entsteht Wasserstoff.
 - Bei der Reaktion mit verdünnter Schwefelsäure entsteht Wasserstoff.
 - Bei der Reaktion mit heißer, konzentrierter Schwefelsäure entsteht Schwefeldioxid.
 - Bei der Reaktion mit konzentrierter Salpetersäure entsteht Stickstoffdioxid.
- Arsen reagiert mit konzentrierter Salpetersäure unter Bildung von Arsensäure (H_3AsO_4) sowie eines braunen Gases. Formuliere die Reaktionsgleichung und gib begründet die Reaktionsart an.
- Zeichne die Strukturformel der Arsensäure nach Lewis.

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10



Zu Ausstellungszwecken wurde eine Kopie der Himmelscheibe von Nebra aus einer Bronzelegierung (CuSn) gefertigt, die mindestens 60 Prozent Kupfer und maximal 12 Prozent Zinn enthält. Um die genaue Zusammensetzung der Legierung in der Kopie zu bestimmen, werden 2,5 g der Legierung im Überschuss mit konzentrierter Salpetersäure versetzt und vollständig aufgelöst. Dabei werden 72,1 ml Wasserstoff und 1,636 l Stickstoffdioxid bei Standardbedingungen freigesetzt.

- e) Berechne die genauen Massenanteile der Legierungsbestandteile und gib die Gesamtmasse der restlichen Bestandteile an.

4 Identifizierung

Im Labor finden Anton und Lara vier unbeschriftete Reagenzgläser mit farblosen Lösungen. Sie wissen, dass es sich dabei um die in der Tabelle aufgeführten Substanzen handelt. Zur Identifizierung testet sie sie gegeneinander. So wissen sie, dass sich bei Zugabe von Silbernitrat-Lösung zu Kaliumhydroxid-Lösung ein beiger Niederschlag bildet. Was haben Anton und Lara noch herausgefunden?

- a) Ergänze die Tabelle auf dem Antwortbogen durch folgende Zeichen:

↑ <i>Gasentwicklung</i>	↓ <i>Niederschlag</i>
o <i>keine sichtbare Reaktion</i>	- <i>keine Reaktion</i>

- b) Gib die Kriterien an, durch deren Vergleich Anton die Lösungen identifizieren kann.
- c) Entwickle für eine Reaktion aus Teilaufgabe a) unter Beteiligung von Silbernitrat-Lösung die Reaktionsgleichung in Ionenschreibweise. Definiere die Reaktionsart.
- d) Berechne ausgehend von deiner Reaktionsgleichung unter Teilaufgabe c) die benötigten Silber-Ionen, um 20 g des Reaktionsproduktes zu erzeugen.

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022

Aufgabenblatt

2. Runde – Stufe 10



5 Von Avogadro und Silicium

Im Zuge der Neudefinition der SI-Einheiten, die 2019 in Kraft getreten ist, wurde auch das Mol neu erforscht. Dazu untersuchte die *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (PTB) in Braunschweig nahezu perfekte Silicium-Einkristalle bestehend aus dem Isotop ^{28}Si . Das regelmäßige Silicium-Kristallgitter kann in identische, sich wiederholend aneinanderreihende Elementarzellen unterteilt werden. Die aufwändig hergestellte Silicium-Kugel wurde von Forschern optisch genau vermessen.

Molare Masse $M(\text{Si})$	$27,97697009 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Masse $m_{\text{Kugel}}(\text{Si})$	999,698359 g
Volumen $V_{\text{Kugel}}(\text{Si})$	$430,8912891 \text{ cm}^3$
Gitterparameter a	$5,430996219 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$

Tabelle 1: Messwerte zur Berechnung der Avogadro-Konstanten

(Quelle: Becker, P. & H., Bettin: Atome zählen für Masse und Stoffmenge. In: PTB-Mitteilungen 120 (2016), Heft 2, S 63-78)

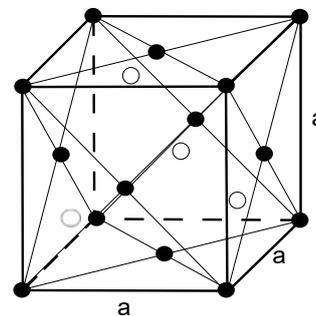


Abbildung 1: Elementarzelle von Silicium: schwarz und weiß markierte Kugeln stellen die Plätze der Silicium-Atome dar. Weiß dargestellte Atome befinden sich vollständig im Inneren der Elementarzelle. Schwarz dargestellte Atome gehören nur anteilig zur Elementarzelle.

- Ermittle anhand der Abbildung 1 die Anzahl der Silicium-Atome in einer Elementarzelle.
- Berechne auf der Grundlage von Tabelle 1 und deines Ergebnisses aus Teilaufgabe a) die aktualisierte Avogadro-Konstante N_A .

Das für das Experiment notwendige hochreine monokristalline Silicium wird in mehreren Schichten hergestellt. Zunächst reagiert Siliciumdioxid mit Kohlenstoff im Lichtbogenofen zu „Rohsilicium“ unter Bildung von Kohlenstoffmonoxid (1). Zur Herstellung von Halbleitersilicium wird das Rohsilicium mit Chlorwasserstoff bei ca. 300°C zu flüssigem Trichlorsilan (SiHCl_3) und Wasserstoff umgesetzt (2). Trichlorsilan wird folgend mit Wasserstoff zersetzt, wobei sich Reinstsilicium abscheidet. Als Nebenprodukte entstehen Siliciumtetrachlorid und Chlorwasserstoff (3).

- Entwickle die Reaktionsgleichungen für die Reaktionen (1), (2) und (3).
- Zeige anhand von Oxidationszahlen, dass Reaktion (3) eine Redoxreaktion ist.

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10



1 Auf die Reihenfolge kommt es an!

insgesamt 8 Punkte

Ordne die folgenden Begriffe entsprechend der vorgegebenen Kategorien jeweils vom geringsten zum höchsten Wert.

- a) Anzahl der Kohlenstoff-Atome:
Methan (1) < Ethin (2) < Glucose (6) < Octanol (8) < Fulleren (60)
- b) Anzahl der Bindungen zwischen Kohlenstoff-Atomen im Molekül:
Kohlenstoffdioxid (CO₂, 0) < Ethen (C₂H₄, 2) < Ethin (C₂H₂, 3) < Pentan (C₅H₁₂, 4)
- c) Bindungslänge der C-C-Bindung:
Ethin (C₂H₂, 120 pm) < Ethen (C₂H₄, 133 pm) < Benzol (C₆H₆, 139 pm) < Ethan (C₂H₆, 153 pm)
- d) Atomradius:
Selenatom (Se, 117 • 10⁻¹² m) < Calciumatom (Ca, 197 • 10⁻¹² m) < Kaliumatom (K, 231 • 10⁻¹² m)
- e) Zahl der freien Elektronenpaare im Molekül
Ammoniak (NH₃, 1) < Schwefelwasserstoff (H₂S, 2) < Harnstoff (CON₂H₄, 4) < Aminoethansäure (H₂NCH₂CO₂H, 5) > Tetrachlormethan (CCl₄, 12)
- f) Bindungswinkel:
Wasser(H₂O, 104°) < Ammoniak (NH₃, 107°) < Methan (CH₄, 109,5°) < Kohlenstoffdioxid (CO₂, 180°) < Formaldehyd (HCOH, 120°)
- g) Oxidationsstufe des Chlor-Atoms:
Aluminiumchlorid (AlCl₃, -I) < Hypochlorige Säure (HClO, +I) < Natriumchlorit (NaClO₂, +III) < Chlorsäure (HClO₃, +V) < Perchlorat-Ion (ClO₄⁻, +VII)
- h) Siedetemperatur:
Schwefelwasserstoff (H₂S, -85 °C) < Selenwasserstoff (SeH₂, -65,7 °C) < Tellurwasserstoff (TeH₂, -50,8 °C) < Wasser (H₂O, 100 °C)

1 Punkt je korrekter Reihenfolge = 8 Punkte

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10



2 Elemente - Verbindungen

insgesamt 13 Punkte

Es sind die drei Nichtmetalle (A), (B) und (C) gegeben, darunter die zwei Hauptbestandteile der Luft. Die Verbindung aus allen drei Elementen (A), (B) und (C) färbt Universalindikator-Lösung rot (1) und löst in konzentrierter Form sogar Silber auf (2). Die Verbindung aus (B) und (C) reagiert mit Wasser und färbt Universalindikator-Lösung blau (3). (A) und (B) reagieren zu mehreren Verbindungen, die alle gasförmig vorliegen (4) und zu den Problemstoffen bei Autoabgasen gehören.

- a) Benenne die Elemente (A), (B) und (C).

(A)	Sauerstoff
(B)	Stickstoff
(C)	Wasserstoff

1 Punkt je gesuchtem Element = 3 Punkte

- b) Gib jeweils die Formel und den Namen der Verbindung aus (A), (B) und (C) an sowie der Verbindung aus (A) und (B). Stelle zu den beschriebenen Reaktionen (1) bis (4) je eine Reaktionsgleichungen auf.

Formel aus (A), (B) und (C):	HNO_3	Salpetersäure
Formel aus (B) und (C):	NH_3	Ammoniak
Reaktionsgleichungen (1) bis (4):		
(1)	$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$	bzw. $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$
(2)	$4 \text{HNO}_3 + 3 \text{Ag} \rightarrow 3 \text{AgNO}_3 + \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$	bzw. $2 \text{HNO}_3 + \text{Ag} \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
(3)	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	
(4)	$\text{N}_2 + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2$	oder $\text{N}_2 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$
alternative Lösungsmöglichkeiten zu anderen Stickoxiden:		
	$\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}$	
	$2 \text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{N}_2\text{O}$	
	$2 \text{N}_2 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{N}_2\text{O}_3$	
	$2 \text{N}_2 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{N}_2\text{O}_5$	

1/2 Punkt je Formel bzw. Namen = 2 Punkte

1 Punkt je Reaktionsgleichung (1) – (4) = 4 Punkte
 (Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -1/2 Punkt)



- c) Die Verbindung aus (B) und (C) reagiert mit der Verbindung aus (A), (B) und (C) zu einem für die Landwirtschaft wichtigem Produkt. Formuliere die Reaktionsgleichung. Berechne die Masse des Reaktionsprodukts, die entsteht, wenn 30 t der Verbindung aus (B) und (C) umgesetzt werden.

Reaktionsgleichungen:	$\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$
gesucht:	Masse des Reaktionsprodukts
gegeben:	$\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$ (s. oben)
	$m(\text{NH}_3) = 30 \text{ t} = 30000 \text{ kg} = 30000000 \text{ g}$
	$M(\text{NH}_3) = 17 \text{ g/mol}$ (½ P) $M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 80 \text{ g/mol}$ (½ P)
Berechnung der Masse des Reaktionsprodukts	
$\frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{NH}_4\text{NO}_3)} = \frac{1}{1}$, daraus folgt $\frac{m(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = \frac{m(\text{NH}_4\text{NO}_3)}{M(\text{NH}_4\text{NO}_3)}$ (1 P Ansatz)	
$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{m(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_4\text{NO}_3)}{M(\text{NH}_3)} = \frac{30000000 \text{ g} \cdot 80 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{17 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 141176471 \text{ g} = 141,2 \text{ t}$	
(1 P Berechnung)	
alternativer Lösungsweg: Gemäß der Reaktionsgleichung reagieren	
17 g	Ammoniak (1 mol)
80 g	Ammoniumnitrat (1mol)
1 g	$\frac{80}{17} \text{ g} = 4,7 \text{ g}$
1 t	4,7 kg
30 t	$30 \cdot 4,7 \text{ t} = 141 \text{ t}$

Reaktionsgleichung 1 Punkt

(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -½ Punkt)

Ansatz und Berechnung 3 Punkte

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10



3 Die Himmelscheibe von Nebra

insgesamt 20 Punkte

Die Himmelscheibe von Nebra ist eine annähernd kreisrunde Bronzeplatte aus der Bronzezeit. Neben einem Zinn-Anteil von 2,5 Prozent weist sie einen für die Bronzezeit typisch hohen Gehalt von 0,2 Prozent Arsen auf.

a) Erkläre den Begriff Legierung am Beispiel von Bronze.

Eine Legierung ist ein homogenes Stoffgemisch aus verschiedenen Metallen, wobei sich die Eigenschaften der entstehenden Legierung von denen der Einzelmetalle unterscheiden.

Bronze, eine Legierung aus Kupfer und Zinn, ist beispielsweise härter als Kupfer.

1 Punkt Gemischtart und 1 Punkt Eigenschaftsänderung = 2 Punkte

b) Kupfer-Späne reagieren mit verschiedenen Säuren. Korrigiere falsche Aussagen und formuliere die Reaktionsgleichungen zu allen ablaufenden Reaktionen-

- (i) Bei der Reaktion von verdünnter Salzsäure entsteht Wasserstoff.
- (ii) Bei der Reaktion mit verdünnter Schwefelsäure entsteht Wasserstoff.
- (iii) Bei der Reaktion mit heißer, konzentrierter Schwefelsäure entsteht Schwefeldioxid.
- (iv) Bei der Reaktion mit konzentrierter Salpetersäure entsteht Stickstoffdioxid.

(i)	falsch:	keine Reaktion	(1 P)
(ii)	falsch:	keine Reaktion	(1 P)
(iii)	richtig:	$\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	(2 P)
(iv)	richtig:	$\text{Cu} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	(2 P)

**bei (iii) und (iv) 2 Punkte nur bei komplett richtig,
nur 1 Punkt bei falschen Stöchiometriezahlen = 6 Punkte**
(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -½ Punkt)

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10



- c) Arsen reagiert mit konzentrierter Schwefelsäure unter Bildung von Arsensäure (H_3AsO_4) sowie eines braunen Gases. Formuliere die Reaktionsgleichung und gib begründet die Reaktionsart an.

Reaktionsgleichung:	$\text{As} + 5 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + 5 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Reaktionsart:	Redoxreaktion (Elektronenübertragungsreaktion)
Begründung:	Änderung der Oxidationszahlen bei Arsen ($0 \rightarrow +\text{V}$) und Stickstoff ($+\text{V} \rightarrow +\text{IV}$)

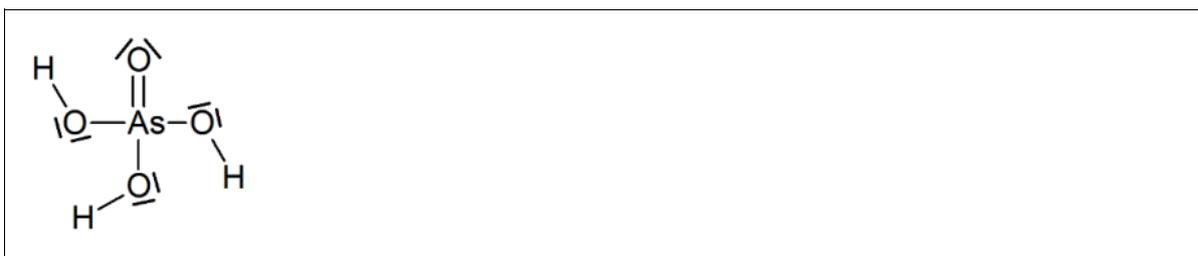
Reaktionsgleichung = 2 Punkte

(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -1/2 Punkt, falsche stöchiometrische Faktoren -1 Punkt)

1 Punkt Reaktionsart und 1 Punkt Begründung mit Ox-Zahlen = 2 Punkte

(ohne Oxidationszahlenbestimmung -1/2 Punkt)

- d) Zeichne die Strukturformel der Arsensäure nach Lewis.



Lewis-Formel = 1 Punkt



Zu Ausstellungszwecken wurde eine Kopie der Himmelscheibe von Nebra aus einer Bronzelegierung (CuSn) gefertigt, die mindestens 60 Prozent Kupfer und maximal 12 Prozent Zinn enthält. Um die genaue Zusammensetzung der Legierung in der Kopie zu bestimmen, werden 2,5 g der Legierung im Überschuss mit konzentrierter Salpetersäure versetzt und vollständig aufgelöst. Dabei werden 72,1 ml Wasserstoff und 1,636 l Stickstoffdioxid bei Standardbedingungen freigesetzt.

- e) Berechne die genauen Massenanteile der Legierungsbestandteile und gib die Gesamtmasse der restlichen Bestandteile an.

gesucht:	Masse des Zinn aus dem Volumen des gebildeten Wasserstoffs
gegeben:	$\text{Sn} + 4 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 2 \text{H}_2 + 4 \text{H}_2\text{O} \quad (1 \text{ P})$ $m(\text{Legierung}) = 2,5 \text{ g} \quad V_m = 24,45 \text{ l/mol (bei } 25 \text{ }^\circ\text{C)}$ $M(\text{Sn}) = 118 \text{ g/mol} \quad V(\text{H}_2) = 72,1 \text{ ml} = 0,0721 \text{ l}$
Berechnung der Masse an Zinn, die reagiert hat:	
$\frac{n(\text{Sn})}{n(\text{H}_2)} = \frac{1}{2}, \text{ daraus folgt } n(\text{Sn}) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{H}_2) \text{ bzw. } \frac{m(\text{Sn})}{M(\text{Sn})} = \frac{1}{2} \cdot \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} \quad (1 \text{ P})$	
$m(\text{Sn}) = \frac{1 \cdot V(\text{H}_2) \cdot M(\text{Sn})}{2 \cdot V_m} = \frac{0,0721 \text{ l} \cdot 118 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{2 \cdot 24,45 \frac{\text{l}}{\text{mol}}} = 0,174 \text{ g} \quad (1 \text{ P})$	
Berechnung des Massenanteil:	
$\text{Massenanteil} = \frac{m(\text{Sn})}{m(\text{Legierung})} \cdot 100 \% = \frac{0,174 \text{ g}}{2,5 \text{ g}} \cdot 100 \% = 6,96 \% \quad (\frac{1}{2} \text{ P})$	
gesucht:	Masse des Kupfers aus dem Volumen des gebildeten Stickstoffdioxids
gegeben:	$\text{Cu} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow 2 \text{NO}_2 + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \quad (1 \text{ P s. b})$ $m(\text{Legierung}) = 2,5 \text{ g} \quad V_m = 24,45 \text{ l/mol (bei } 25 \text{ }^\circ\text{C)}$ $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g/mol} \quad V(\text{NO}_2) = 1,636 \text{ l}$
Berechnung der Masse an Kupfer, die reagiert hat:	
$\frac{n(\text{Cu})}{n(\text{NO}_2)} = \frac{1}{2}, \text{ daraus folgt } n(\text{Cu}) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{NO}_2) \text{ bzw. } \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{1}{2} \cdot \frac{V(\text{NO}_2)}{V_m} \quad (1 \text{ P})$	
$m(\text{Cu}) = \frac{1 \cdot V(\text{NO}_2) \cdot M(\text{Cu})}{2 \cdot V_m} = \frac{1,636 \text{ l} \cdot 63,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{2 \cdot 24,45 \frac{\text{l}}{\text{mol}}} = 2,124 \text{ g} \quad (1 \text{ P})$	
Berechnung des Massenanteil:	
$\text{Massenanteil} = \frac{m(\text{Cu})}{m(\text{Legierung})} \cdot 100 \% = \frac{2,124 \text{ g}}{2,5 \text{ g}} \cdot 100 \% = 84,96 \% \quad (\frac{1}{2} \text{ P})$	
Berechnung der Gesamtmasse der Verunreinigungen in der Legierung, die mit Salpetersäure nicht zu Wasserstoff oder Stickstoffdioxid reagieren:	
$m(\text{Legierung}) - m(\text{Cu}) - m(\text{Sn}) = 2,5 \text{ g} - 2,124 \text{ g} - 0,174 \text{ g} = 0,202 \text{ g} \quad (1 \text{ P})$	

Ansatz und Berechnung = 6 Punkte
(ohne Einheit -1/2 Punkt)

Verunreinigungen = 1 Punkte

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10



4 Identifizierung

insgesamt 10 Punkte

Im Labor finden Anton und Lara vier unbeschriftete Reagenzgläser mit farblosen Lösungen. Sie wissen, dass es sich dabei um die in der Tabelle aufgeführten Substanzen handelt. Zur Identifizierung testet sie sie gegeneinander. So wissen sie, dass sich bei Zugabe von Silbernitrat-Lösung zu Kaliumhydroxid-Lösung ein beiger Niederschlag bildet. Was haben Anton und Lara noch herausgefunden?

a) Ergänze die Tabelle auf dem Antwortblatt durch folgende Zeichen:

- ↑ *Gasentwicklung* ↓ *Niederschlag*
o *keine sichtbare Reaktion* - *keine Reaktion*

	Silbernitrat-Lsg.	Salzsäure-Lsg.	Kaliumhydroxid-Lsg.	Natriumiodid-Lsg.
Silbernitrat-Lsg.	-	↓	↓	↓
Salzsäure-Lsg.		-	o	-
Kaliumhydroxid-Lsg.			-	-
Natriumiodid-Lsg.				-

½ Punkt je Kästchen = 3 Punkte

(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -½ Punkt, falsche stöchiometrische Faktoren -1 Punkt)

b) Gib die Kriterien an, durch deren Vergleich Anton die Lösungen identifizieren kann.

Vorhandensein der Niederschläge und Häufigkeit des Auftretens der Niederschläge
Farbe und evtl. Aussehen der Niederschläge

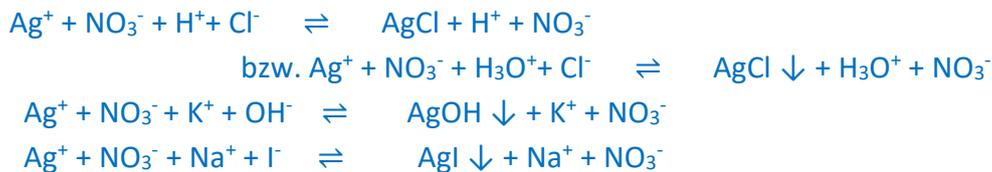
Kriterien = 2 Punkte

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10



- c) Entwickle für eine Reaktion aus Teilaufgabe a) unter Beteiligung von Silbernitrat-Lösung die Reaktionsgleichung in Ionenschreibweise. Definiere die Reaktionsart.

Reaktionsgleichung in Ionenschreibweise, z. B.



Fällungsreaktion

... sind chemische Reaktionen, bei denen die Ausgangsstoffe gelöste vorliegen und mindestens ein Produkt in diesem Lösungsmittel un- oder schwerlöslich ist. Das schwerlösliche Produkt fällt aus, die Ausfällung wird Niederschlag genannt.

Reaktionsgleichung = 1 Punkt

(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -1/2 Punkt)

1 Punkt Reaktionsart und 1 Punkt Definition = 2 Punkte

- d) Berechne ausgehend von deiner Reaktionsgleichung unter Teilaufgabe c) die benötigten Silber-Ionen, um 20 g des Reaktionsproduktes zu erzeugen.

gesucht: Anzahl Silber-Ionen

gegeben: $\text{Ag}^+ + \text{X}^- \rightarrow \text{AgX} \downarrow$ (vereinfacht, siehe c)

$$m(\text{AgX}) = 20 \text{ g}$$

$$M(\text{AgCl}) = 143,35 \text{ g/mol} \quad M(\text{AgOH}) = 124,9 \text{ g/mol} \quad M(\text{AgI}) = 234,8 \text{ g/mol}$$

Berechnung der Anzahl der Silber-Ionen in 20 g Silbersalz:

$$n(\text{AgCl}) = \frac{m(\text{AgCl})}{M(\text{AgCl})} = \frac{20 \text{ g}}{143,35 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,14 \text{ mol,}$$

$$\text{d. h. } N(\text{Ag}^+) = n \cdot N_A = 0,14 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 0,84 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen} \quad (1 \text{ P})$$

$$n(\text{AgOH}) = \frac{m(\text{AgOH})}{M(\text{AgOH})} = \frac{20 \text{ g}}{124,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,16 \text{ mol,}$$

$$\text{d. h. } N(\text{Ag}^+) = n \cdot N_A = 0,16 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 0,96 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen} \quad (1 \text{ P})$$

$$n(\text{AgI}) = \frac{m(\text{AgI})}{M(\text{AgI})} = \frac{20 \text{ g}}{234,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,085 \text{ mol,}$$

$$\text{d. h. } N(\text{Ag}^+) = n \cdot N_A = 0,085 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 0,51 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen} \quad (1 \text{ P})$$

Ansatz und Berechnung = 2 Punkte

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022
Aufgabenblatt
2. Runde – Stufe 10



5 Von Avogadro und Silicium

insgesamt 11 Punkte

Im Zuge der Neudefinition der SI-Einheiten, die 2019 in Kraft getreten ist, wurde auch das Mol neu erforscht. Dazu untersuchte die *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (PTB) in Braunschweig nahezu perfekte Silicium-Einkristalle bestehend aus dem Isotop ^{28}Si . Das regelmäßige Silicium-Kristallgitter kann in identische, sich wiederholend aneinanderreihende Elementarzellen unterteilt werden. Die aufwändig hergestellte Silicium-Kugel wurde von Forschern optisch genau vermessen.

Molare Masse $M(\text{Si})$	$27,97697009 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Masse $m_{\text{Kugel}}(\text{Si})$	999,698359 g
Volumen $V_{\text{Kugel}}(\text{Si})$	$430,8912891 \text{ cm}^3$
Gitterparameter a	$5,430996219 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$

Tabelle 1: Messwerte zur Berechnung der Avogadro-Konstanten

(Quelle: Becker, P. & H., Bettin: Atome zählen für Masse und Stoffmenge. In: PTB-Mitteilungen 120 (2016), Heft 2, S 63-78)

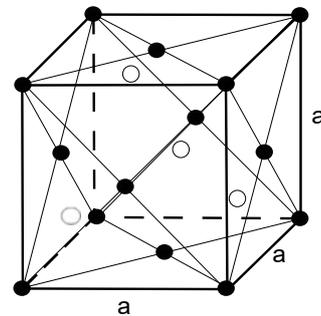


Abbildung 1: Elementarzelle von Silicium: schwarz und weiß markierte Kugeln stellen die Plätze der Silicium-Atome dar. Weiß dargestellte Atome befinden sich vollständig im Inneren der Elementarzelle. Schwarz dargestellte Atome gehören nur anteilig zur Elementarzelle.

- a) Ermittle anhand der Abbildung 1 die Anzahl der Silicium-Atome in einer Elementarzelle.

8 Eckatome gehören zu $1/8$ zur Elementarzelle	$8 \cdot \frac{1}{8} = 1$
6 Flächenatome gehören zur Hälfte zur Elementarzelle	$6 \cdot \frac{1}{2} = 3$
4 Atome im Inneren gehören komplett zur Elementarzelle	4
	Summe: $1 + 3 + 4 = 8,$
8 Siliciumatome befinden sich in der Elementarzelle.	

nachvollziehbare Lösung = 2 Punkte

„Chemie – die stimmt!“ 2021/2022

Aufgabenblatt

2. Runde – Stufe 10



- b) Berechne auf der Grundlage von Tabelle 1 und deines Ergebnisses aus Teilaufgabe a) die aktualisierte Avogadro-Konstante N_A .

Ansatz:

$$N_A = \frac{M(\text{Si})}{m(\text{Si-Atom})} \quad m(\text{Si-Atom}) = \frac{\rho_{\text{Si}} \cdot V_{\text{EZ}}}{8} \quad \rho_{\text{Si}} = \frac{m_{\text{Kugel}}}{V_{\text{Kugel}}}$$

bzw. Gesamtgleichung:
$$N_A = \frac{M_{\text{Si}} \cdot V_{\text{Kugel}}}{\frac{V_{\text{EZ}}}{8} \cdot m_{\text{Kugel}}} = 8 \cdot \frac{M_{\text{Si}}}{V_{\text{EZ}} \cdot \rho_{\text{Si}}}$$

Hinweis (nicht Teil der Schülerlösung): Die Masse eines Mols Silicium wird geteilt durch die Masse eines Siliciumatoms (Volumen der Elementarzelle multipliziert mit der Dichte von Silicium, Faktor 8 aufgrund der 8 Atome pro Elementarzelle) um auf die Anzahl der Siliciumatome pro Mol zu kommen.

Berechnung durch Einsetzen der Werte aus Tabelle 1:

$$N_A = \frac{M_{\text{Si}} \cdot V_{\text{Kugel}}}{\frac{a^3}{8} \cdot m_{\text{Kugel}}} = \frac{8 \cdot 27,97697009 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 430,8912891 \text{ cm}^3}{(5,430996219 \cdot 10^{-8} \text{ cm})^3 \cdot 999,698359 \text{ g}} = 6,02214072 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

3 Punkte für den Ansatz und 1 Punkt für Berechnung = 4 Punkte

Das für das Experiment notwendige hochreine monokristalline Silicium wird in mehreren Schichten hergestellt. Zunächst reagiert Siliciumdioxid mit Kohlenstoff im Lichtbogenofen zu „Rohsilicium“ unter Bildung von Kohlenstoffmonoxid (1). Zur Herstellung von Halbleitersilicium wird das Rohsilicium mit Chlorwasserstoff bei ca. 300°C zu flüssigem Trichlorsilan (SiHCl_3) und Wasserstoff umgesetzt (2). Trichlorsilan wird folgend mit Wasserstoff zersetzt, wobei sich Reinstsilicium abscheidet. Als Nebenprodukte entstehen Siliciumtetrachlorid und Chlorwasserstoff (3).

- c) Entwickle die Reaktionsgleichungen für die Reaktionen (1), (2) und (3).

(1)	$\text{SiO}_2 + 2 \text{ C}$	\rightarrow	$\text{Si} + 2 \text{ CO}$
(2)	$\text{Si} + 3 \text{ HCl}_{(\text{g})}$	\rightarrow	$\text{SiHCl}_3 + \text{ H}_2$
(3)	$4 \text{ SiHCl}_3 + 2 \text{ H}_2$	\rightarrow	$3 \text{ Si} + 8 \text{ HCl} + \text{ SiCl}_4$

1 Punkt je Reaktionsgleichung = 3 Punkte
(Gleichheitszeichen statt Reaktionspfeil -1/2 Punkt)

