

Übungsklausur zur 2. Runde des Auswahlverfahrens zur 57. IChO 2025 in Al Ain / Dubai (Vereinigte Arabische Emirate)

Name, Vorname:

MUSTERLÖSUNG

Bundesland:

Beginne erst, wenn das Startsignal gegeben wird.

Zeit	180 min
Name	Schreibe deinen Namen auf dieses Deckblatt und auf jede Seite der Klausur
Bundesland	Schreibe dein Bundesland auf dieses Deckblatt und auf jede Seite der Klausur
Atommassen	Benutze nur das vorgegebene Periodensystem
Konstanten	Benutze nur die Werte aus der Formelsammlung
Berechnungen	Schreibe diese in die zugehörigen Kästen, ohne Rechnungen gibt es keine Punkte
Ergebnisse	Schreibe nur in die zugehörigen Kästen in der Klausur, nichts Anderes wird gewertet
Zwischen- ergebnisse (neu!)	Wenn in längeren Aufgaben Zwischenergebnisse in der Form „Weiter mit: ...“ angegeben sind, rechne mit diesen weiter und nicht mit deinen eigenen Zwischenergebnissen
Schmierpapier	Benutze die freien Rückseiten, das dort Geschriebene wird nicht bewertet

Viel Erfolg!

Formelsammlung & PSE

Stöchiometrie und Analytik	
Stoffmenge	$n = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m} = \frac{N}{N_A}$
Konzentration	$c = \frac{n}{V}; \quad \beta = \frac{m}{V}$
LAMBERT-BEER'sches Gesetz	
	$A = -\log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right) = \varepsilon \cdot c \cdot d$
Licht / Photonen	$v = \frac{E}{h} = \frac{c}{\lambda}$
Massenanteil A in A_aB_b	$\omega_A = \frac{a \cdot M_A}{M_{A_aB_b}}$

Gase	
Ideales Gas	$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$
Dalton-Gesetz	$p_{ges} = p_A + p_B + \dots$

Thermodynamik	
Innere Energie	$\Delta U = C_V \cdot \Delta T$
Enthalpie	$H = U + pV$ $\Delta H = C_p \cdot \Delta T$
Reaktionsenthalpie	$\Delta_r H^\circ = \sum \Delta H_{f, \text{Produkte}} - \sum \Delta H_{f, \text{Edukte}}$
Reaktionsentropie	$\Delta_r S^\circ = \sum S^\circ_{\text{Produkte}} - \sum S^\circ_{\text{Edukte}}$
Freie Enthalpie	$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ$
Gibbs'sche Phasenregel	$f = K - P + 2$

Gleichgewichte	
Massenwirkungsgesetz $a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$	$K = \frac{a_C^c \cdot a_D^d}{a_A^a \cdot a_B^b}$
Vereinfachungen für die Aktivität a_X :	
- Feststoffe und Flüssigkeiten:	$a_X = 1$
- Verdünnte Lösungen:	$a_X \approx \frac{c_X}{c_0}; c_0 = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$
- Gase:	$a_X \approx \frac{p_X}{p_0}; p_0 = 1 \text{ bar}$
Löslichkeitsprodukt $A_a B_b \rightleftharpoons a A^{x+} + b B^{y-}$	$K_L = c_{A^{x+}}^a \cdot c_{B^{y-}}^b$
Freie Enthalpie	$\Delta G^\circ = -R \cdot T \cdot \ln(K)$

Säure-Base-Gleichgewichte	
pH/pOH-Wert	$pH = -\log_{10}(c_{H^+})$ $pOH = -\log_{10}(c_{OH^-})$
Säurestärke $HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$	$K_S = \frac{c_{A^-} \cdot c_{H^+}}{c_{HA}}$ $pK_S = -\log_{10}(K_S)$
Basenstärke $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$	$K_B = \frac{c_{BH^+} \cdot c_{OH^-}}{c_B}$ $pK_B = -\log_{10}(K_B)$
Ionenprodukt	$c_{H^+} \cdot c_{OH^-} = K_W = 10^{-14}$ $pH + pOH = 14$ $K_S \cdot K_B = K_W$
pH-Näherungsformeln:	
- Starke Säuren / Basen	$pH \approx -\log_{10}(c_0)$ $pOH \approx -\log_{10}(c_0)$
- Schwache Säuren / Basen	$pH \approx \frac{1}{2} \cdot (pK_S - \log_{10}(c_0))$ $pOH \approx \frac{1}{2} \cdot (pK_B - \log_{10}(c_0))$
HENDERSSON-HASSELBALCH-Gleichung	
	$pH = pK_S + \log_{10}\left(\frac{c_{A^-}}{c_{HA}}\right)$

Elektrochemie	
Zellspannung	$\Delta E = E_{\text{Kathode}} - E_{\text{Anode}}$
Freie Enthalpie	$\Delta G^\circ = -\Delta E \cdot z \cdot F$
NERNST-Gleichung $Ox + z e^- \rightleftharpoons Red$	
	$E = E^\circ + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln\left(\frac{c_{Ox}}{c_{Red}}\right)$
FARADAY-Gesetz	$Q = I \cdot t = z \cdot F \cdot n$

Organische Chemie	
Doppelbindungsäquivalent $C_c N_n H_h O_o X_x$ ($X = \text{Halogen}$)	
	$DB\ddot{A} = \frac{2 \cdot c + n - h - x + 2}{2}$

Mathematik	
Kugelvolumen / -oberfläche	$V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$ $A = 4\pi \cdot r^2$
Quadratische Gleichung $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$	$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$
Logarithmen	$\log_x(a \cdot b) = \log_x a + \log_x b$ $\log_x(a^n) = n \cdot \log_x a$

Kinetik	
Geschwindigkeit	$r = \frac{1}{v_i} \frac{dc_i}{dt}$
Geschwindigkeitsgesetz	$r = k \cdot c_A^x \cdot c_B^y \cdot \dots$
Zeitgesetze:	
- 0. Ordnung	$c = c_0 - k \cdot t$
- 1. Ordnung	$c = c_0 \cdot e^{-k \cdot t}$
- 2. Ordnung	$c^{-1} = c_0^{-1} + k \cdot t$
ARRHENIUS-Gleichung	$k = A \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}}$

Einheiten	
Druck	1 atm = $1,013 \cdot 10^5$ Pa 1 bar = 10^5 Pa
Temperatur	$\vartheta / ^\circ\text{C} = T / \text{K} - 273,15$
Längen	1 Å = 10^{-10} m
Volumen	1 L = 10^{-3} m ³
Masse	1 u = $1,6605 \cdot 10^{-27}$ kg
Vorsätze	pico/p: 10^{-12} nano/n: 10^{-9} mikro/μ: 10^{-6} milli/m: 10^{-3}

Naturkonstanten	
Lichtgeschwindigkeit	$c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s
Gaskonstante	$R = 8,314$ J/mol · K
AVOGADRO-Konstante	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ 1/mol
FARADAY-Konstante	$F = 96485$ C/mol
Elementarladung	$e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C
PLANCK'sches Wirkungsquantum	$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J · s

2-01

Multiple Choice

10pt

Kreuze für jede der folgenden Teilaufgaben jeweils alle richtigen Antworten **an**.

Hinweis: Es können immer auch mehrere Antworten richtig sein, selbst wenn die Frage so formuliert ist, als wäre nur eine Antwort richtig.

a) Welches Nuklid enthält die meisten Neutronen?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
⁴⁰ Ca	³⁷ Cl	³⁴ S	³⁹ Ar	⁴¹ Ti

b) In welcher Anordnung sind die Elemente nach steigender Elektronegativität sortiert?

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
C < H < F	Si < C < N	S < F < Ne	Mg < Al < Li	P < S < O

c) Wie lautet die Verhältnisformel der ungeladenen Verbindung Cuprospinell?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CuFeO ₄	Cu ₂ FeO ₄	CuFe ₂ O ₄	Cu ₂ Fe ₃ O ₄	CuFe ₄ O ₄

d) Wie viele Elektronen mit der Hauptquantenzahl 3 kann es in einem Atom maximal geben?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	8	9	16	18

e) Welches der Salze ist unlöslich in Wasser (< 1 g/L bei Raumtemperatur)?

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BaCO ₃	KNO ₃	CaCl ₂	AgBr	KHCO ₃

f) Welches Element verursacht eine rote Flammenfärbung?

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cu	Li	K	Sr	Ba

g) Welche der Säuren ist die stärkste?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HCl	HF	HClO ₄	HOCl	NH ₄ ⁺

h) Welche Verbindung besitzt den höchsten Siedepunkt?

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CH ₄	HF	HBr	NH ₃	H ₂ S

i) Wie lautet die Summenformel der Verbindung 3-Ethyl-4-methylheptan?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
C ₇ H ₁₄	C ₇ H ₁₆	C ₁₀ H ₁₆	C ₁₀ H ₂₀	C ₁₀ H ₂₂

j) Welche Verbindungen entstehen formal bei der Reaktion eines Ketons mit einem Alkohol?

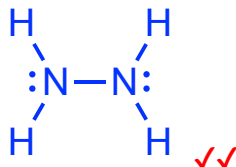
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ester	Ether	Aldehyde	Ketale	Acetale

2-02

Kurzfragen

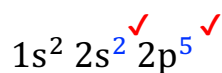
15pt

- a) **Zeichne** die LEWIS-Formel von Hydrazin (N_2H_4) und **gib die** Oxidationszahl der Stickstoffatome **an**.



Oxidationszahl: $-2 / -II$ ✓✓

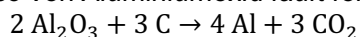
- b) **Vervollständige** die vorgegebene Elektronenkonfiguration eines Fluoratoms im Grundzustand, indem du die fehlenden Zahlen in die Lücken schreibst.



- c) **Nenne** ein Element, das bei Standardbedingungen flüssig ist.

Brom / Quecksilber ✓✓

- d) Bei der Schmelzflusselektrolyse von Aluminiumoxid läuft folgende Reaktion ab:



Berechne die Masse m_C des Kohlenstoffs, der zur Herstellung von $m_{Al} = 1$ t Aluminium benötigt wird.

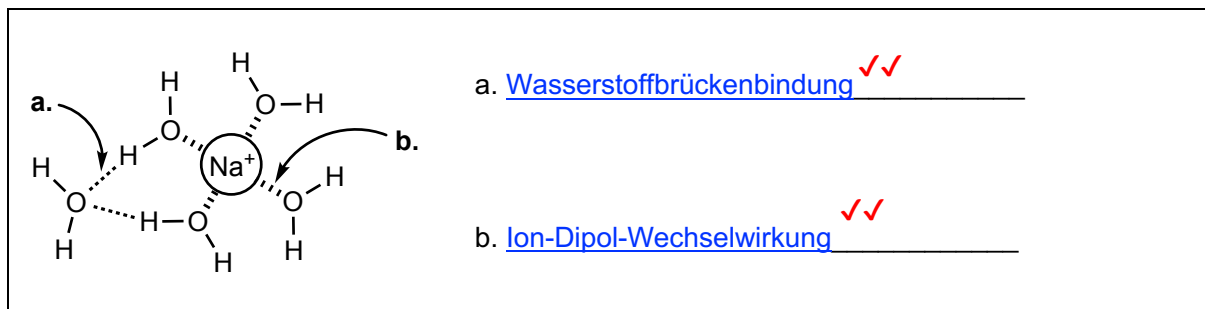
Verhältnis der Stoffmengen aufstellen und (molare) Massen einsetzen:

$$\frac{3}{4} = \frac{n_C}{n_{Al}} = \frac{m_C \cdot M_{Al}}{M_C \cdot m_{Al}}$$

Umformen, Werte einsetzen und Ergebnis berechnen:

$$m_C = \frac{3 \cdot M_C \cdot m_{Al}}{4 \cdot M_{Al}} = \frac{3 \cdot 12,011 \frac{g}{mol} \cdot 1 t}{4 \cdot 26,982 \frac{g}{mol}} = 0,334 t$$

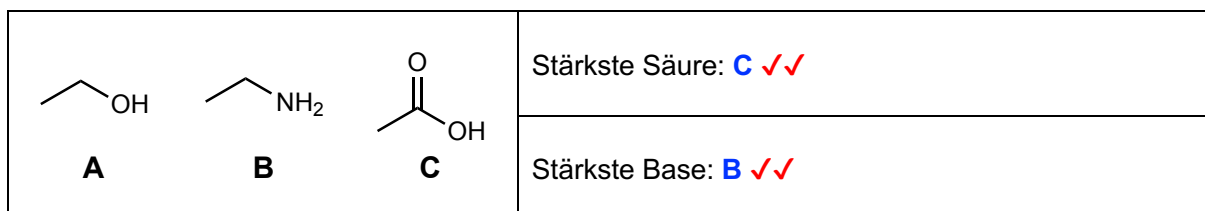
- e) Die Abbildung zeigt schematisch die Hydrathülle eines hydratisierten Natriumions.
Benenne jeweils die Art der intermolekularen Wechselwirkung, die bei **a.** und **b.** vorliegt.



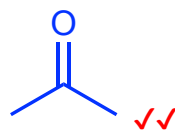
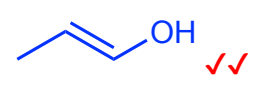
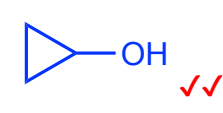
- f) Bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse wird in Wasser gelöstes Kochsalz zu Natronlauge, Chlor- und Wasserstoffgas umgesetzt. **Gib** für diese Reaktion eine ausgeglichene Reaktionsgleichung mit Aggregatzuständen **an**.



- g) **Gib** jeweils **an**, welche der Verbindungen **A**, **B** und **C** die stärkste Säure bzw. die stärkste Base ist.



- h) **Zeichne** jeweils die Strukturformel desjenigen Isomers mit der Summenformel $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, das zu der entsprechenden Beschreibung passt.

Strukturformel	 ✓✓	 ✓✓	 ✓✓
Beschreibung	Bei diesem Isomer handelt es sich um ein sehr gängiges Lösungsmittel , das zur Gruppe der Ketone gehört.	Der systematische Name dieses Isomers lautet (E)-Prop-1-en-1-ol .	Dieses Isomer ist cyclisch und besitzt eine freie Hydroxygruppe .

2-03

Alles Chlor?

15pt

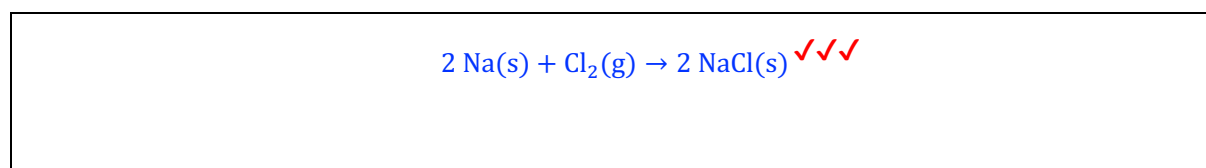
Während Chlor ein reaktives Gas ist, sind Chlorid-Anionen überaus stabil, bilden stabile Salze mit zahlreichen Kationen und kommen häufig in der Natur vor.

a) **Vervollständige** den Lückentext, indem du jeweils den richtigen Begriff **ankreuzt**.

Chlor gehört zur Gruppe der <u> (1) </u> , da es <u> (2) </u> Valenzelektronen besitzt. Chlorid-Ionen hingegen besitzen ein Valenzelektron <u> (3) </u> , sodass sie die besonders stabile Elektronenkonfiguration des Edelgases <u> (4) </u> besitzen.			
Lücke (1) <input type="checkbox"/> Gase <input type="checkbox"/> Edelgase <input checked="" type="checkbox"/> Halogene <input type="checkbox"/> Pnictogene	Lücke (2) <input type="checkbox"/> fünf <input checked="" type="checkbox"/> sieben <input type="checkbox"/> acht <input type="checkbox"/> siebzehn	Lücke (3) <input checked="" type="checkbox"/> mehr <input type="checkbox"/> weniger	Lücke (4) <input type="checkbox"/> Neon <input checked="" type="checkbox"/> Argon <input type="checkbox"/> Krypton <input type="checkbox"/> Xenon

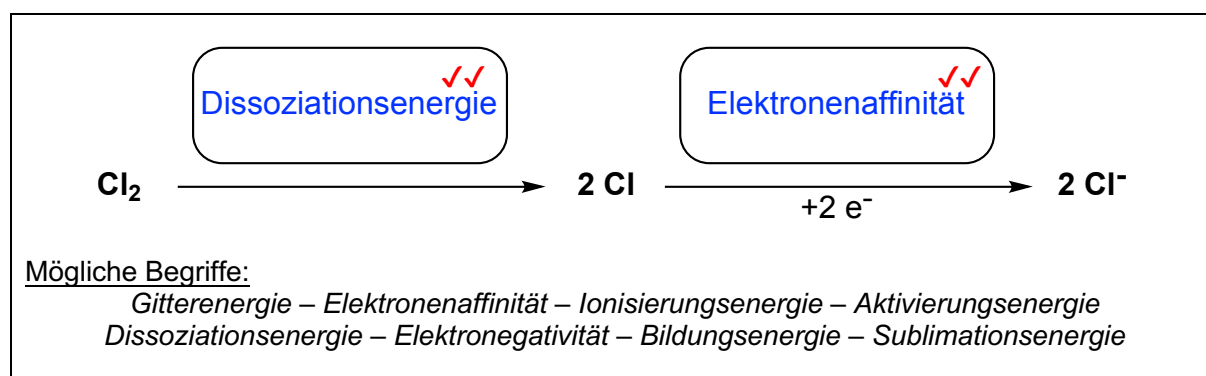
Ein Beispiel für ein chloridhaltiges Salz ist Natriumchlorid, das bei der Reaktion von elementarem Natrium mit Chlorgas entsteht und besser bekannt ist als Kochsalz.

b) **Formuliere** eine ausgeglichene Reaktionsgleichung für die Bildung von Natriumchlorid. **Gib** dabei die Aggregatzustände der beteiligten Verbindungen **an**.

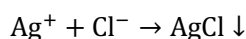


Der genaue Ablauf dieser Reaktion wird im Born-Haber-Kreisprozess angegeben, wobei die Bildung der Chlorid-Ionen über zwei Schritte verläuft, die jeweils mit einem Energieumsatz verbunden sind.

c) **Ordne** den beiden Schritten jeweils den zugehörigen Begriff aus der Begriffsliste **zu**.



Die quantitative Bestimmung von Chlorid kann mithilfe einer MOHR'schen Titration erfolgen: Eine chloridhaltige Lösung wird mit einer Silbernitrat-Maßlösung titriert, wobei ein weißer Niederschlag von Silberchlorid ausfällt:



Eine chloridhaltige, wässrige Lösung ($V_{\text{Probe}} = 50 \text{ mL}$) wird auf diese Weise mit einer 0,1-molaren Silbernitrat-Lösung titriert. Der Verbrauch am Äquivalenzpunkt beträgt $V_{\text{Verbrauch}} = 13,4 \text{ mL}$.

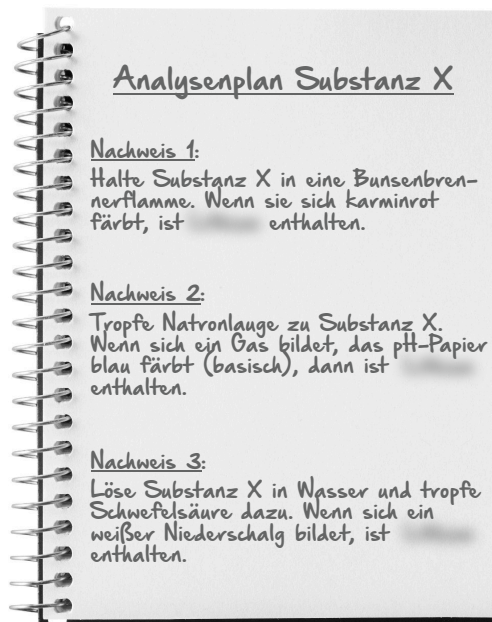
d) **Berechne** die Massenkonzentration von Chlorid in der Probe in $\frac{\text{g}}{\text{L}}$.

<p>Stoffmenge Silberionen (1pt):</p> $n_{\text{Ag}^+} = c_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{Verbrauch}} = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 13,4 \text{ mL} = 1,34 \text{ mmol}$ <p>Stoffmenge Chlorid (0,5pt):</p> $n_{\text{Cl}^-} = n_{\text{Ag}^+} = 1,34 \text{ mmol}$ <p>Massenkonzentration Chlorid (1pt Rechenweg, 1pt Ergebnis):</p> $\beta(\text{Cl}^-) = \frac{m_{\text{Cl}^-}}{V_{\text{Probe}}} = \frac{n_{\text{Cl}^-} \cdot M_{\text{Cl}}}{V_{\text{Probe}}} = \frac{1,34 \text{ mmol} \cdot 35,453 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{50 \text{ mL}} = 0,950 \frac{\text{g}}{\text{L}}$	$V_{\text{Probe}} = 50 \text{ mL}$ $c_{\text{AgNO}_3} = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ $V_{\text{Verbrauch}} = 13,4 \text{ mL}$
--	---

Chloride spielen auch beim unter Chemikern „beliebten“ Ionenlotto eine wichtige Rolle. Nimm im Folgenden an, dass du einen unbekanntes Feststoff X erhältst, der folgende Verbindungen enthalten kann: Lithiumchlorid (LiCl), Bariumchlorid (BaCl₂) und Ammoniumchlorid (NH₄Cl). In den Notizen deines Kameraden findest du nebenstehenden Zettel, der leider teilweise unleserlich ist.

e) **Gib an**, welches der drei Kationen du mit den Nachweisen 1 – 3 jeweils identifizieren kannst.

Nachweis 1:	Nachweis 2:	Nachweis 3:
Lithium / Li ⁺ ✓✓	Ammonium / NH ₄ ⁺ ✓✓	Barium / Ba ²⁺ ✓✓



f) **Gib jeweils eine ausgeglichene Ionengleichung an**, die die Beobachtungen bei Nachweis 2 und Nachweis 3 erklärt. **Kennzeichne** Gasbildung (↑) und Niederschläge (↓) mit den entsprechenden Pfeilen.

<p><u>Nachweis 1:</u></p> $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O} \quad \checkmark\checkmark\checkmark$
<p><u>Nachweis 2:</u></p> $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow \quad \checkmark\checkmark\checkmark$

2-04

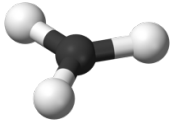
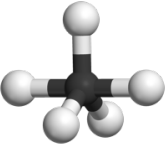
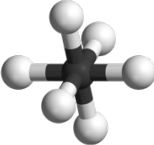
Xenon im VSEPR-Modell

20pt

Das Valenzschalen-Elektronenpaar-Abstoßungs-Modell (VSEPR-Modell) stellt eine einfache Möglichkeit dar, die räumliche Anordnung molekular aufgebauter Verbindungen vorherzusagen.

a) Vervollständige den folgenden Text zum VSEPR-Modell entsprechend den Anweisungen.

Das VSEPR-Modell geht davon aus, dass sich freie und bindende Elektronenpaare um ein Zentralatom voneinander abstoßen. Abhängig von der Gesamtzahl ergeben sich so verschiedene Anordnungen für die Elektronenpaare, die sogenannten Pseudostrukturen (z. B. oktaedrisch, trigonal planar, trigonal bipyramidal). [**Trage** die genannten Pseudostrukturen in die leeren Felder ein.]

3 Elektronenpaare	5 Elektronenpaare	6 Elektronenpaare
		
trigonal planar ✓	trigonal bipyramidal ✓	oktaedrisch ✓


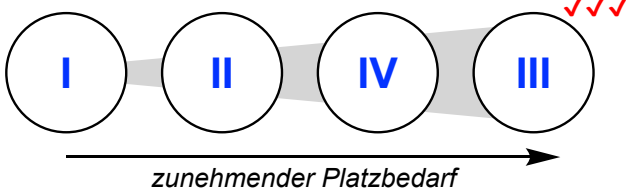
Die freien Elektronenpaare tragen jedoch nicht zur tatsächlichen Struktur eines Moleküls, der sogenannten Realstruktur, bei. Daher kann es für eine Pseudostruktur mehrere Realstrukturen geben. Zur tetraedrischen Pseudostruktur können zum Beispiel folgende Realstrukturen gehören: [**Kreuze alle richtigen Antworten an.**]

<input checked="" type="checkbox"/> linear	<input checked="" type="checkbox"/> gewinkelt	<input type="checkbox"/> trigonal planar	<input checked="" type="checkbox"/> trigonal pyramidal
<input checked="" type="checkbox"/> tetraedrisch	<input type="checkbox"/> T-förmig	<input type="checkbox"/> quadratisch planar	<input type="checkbox"/> trigonal bipyramidal

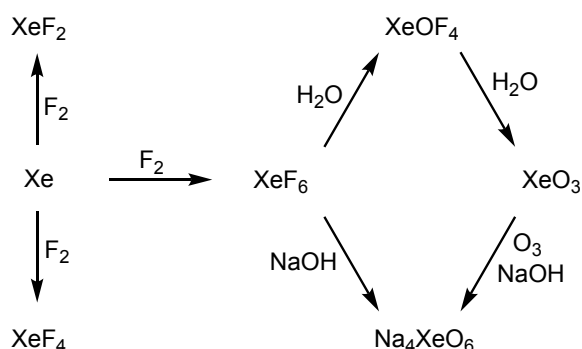
b) **Gib** für die folgenden Verbindungen jeweils **an**, wie viele freie bzw. bindende Elektronenpaare das fett markierte Atom besitzt.

Anzahl der ... Elektronenpaare	<u>H₂O</u> ✓	<u>BF₃</u> ✓	<u>BrF₃</u> ✓	<u>BeCl₂</u> ✓
... freien ...	2	0	2	0
... bindenden ...	2	3	3	2


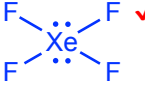
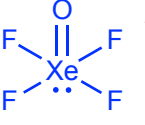
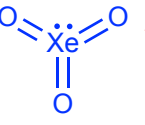
c) **Ordne** die folgend gezeigten freien bzw. bindenden Elektronenpaare nach zunehmendem Platzbedarf am Br-Atom gemäß des VSEPR-Modells.

<p>Ⓘ Br—F Ⓜ Br—OH</p> <p>Ⓢ Br  Ⓨ Br=O</p>	
--	--

Xenon bildet, obwohl es ein Edelgas ist, einige stabile kovalente Verbindungen. Aufgrund seiner acht Valenzelektronen und der Möglichkeit zur Oktetterweiterung sind Xenon-Verbindungen dabei eine interessante Fallstudie für das VSEPR-Modell. Das nebenstehende Schema zeigt, wie einige dieser Verbindungen hergestellt werden können.



- d) **Vervollständige** die folgende Tabelle, indem du die fehlenden LEWIS-Strukturen (mit freien Elektronenpaaren am Xe-Atom) **zeichnest** und **angibst**, welche Pseudo- und Realstruktur nach dem VSEPR-Modell jeweils vorliegt.

	LEWIS-Struktur	Pseudostruktur	Realstruktur
XeF ₂		trigonal bipyramidal ✓	linear ✓
XeF ₄		oktaedrisch ✓	quadratisch planar ✓
XeOF ₄		oktaedrisch ✓	quadratisch pyramidal ✓
XeO ₃		tetraedrisch ✓	trigonal pyramidal ✓

- e) **Vervollständige** die Reaktionsgleichung der gegebenen Reaktionen.

<p>XeF₆ → XeOF₄:</p> $1 \text{ XeF}_6 + 1 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 1 \text{ XeOF}_4 + 2 \text{ HF} \quad \checkmark\checkmark$
<p>XeO₃ → Na₄XeO₆:</p> $3 \text{ XeO}_3 + 1 \text{ O}_3 + 12 \text{ NaOH} \rightarrow 3 \text{ Na}_4\text{XeO}_6 + 6 \text{ H}_2\text{O} \quad \checkmark\checkmark$
<p>XeF₆ → Na₄XeO₆:</p> $4 \text{ XeF}_6 + 36 \text{ NaOH} \rightarrow 3 \text{ Na}_4\text{XeO}_6 + 1 \text{ Xe} + 24 \text{ NaF} + 18 \text{ H}_2\text{O} \quad \checkmark\checkmark$

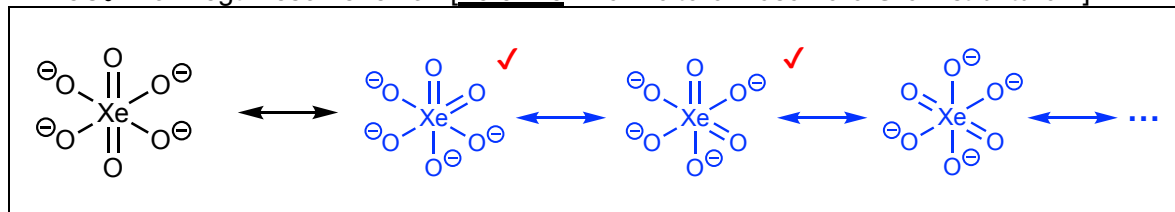
f) **Vervollständige** den folgenden Text zur Struktur von XeF_6 und Na_4XeO_6 entsprechend den Anweisungen.

In XeF_6 und XeO_6^{4-} liegen jeweils sechs Bindungen vor; zusätzlich gibt es in XeF_6 ein freies Elektronenpaar und in XeO_6^{4-} Doppelbindungen. Betrachte im Folgenden die Xe-F- bzw. Xe-O-Bindungslängen und die F-Xe-F- bzw. O-Xe-O-Bindungswinkel benachbarter F- bzw. O-Atome.

In XeF_6 gilt, dass... **[Kreuze alle korrekten Antworten an.]**

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> alle Bindungslängen gleich sind. | <input checked="" type="checkbox"/> die Bindungslängen unterschiedlich groß sind. |
| <input type="checkbox"/> alle Bindungswinkel gleich sind. | <input checked="" type="checkbox"/> die Bindungswinkel unterschiedlich groß sind. |

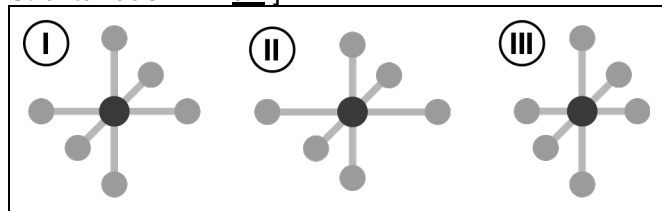
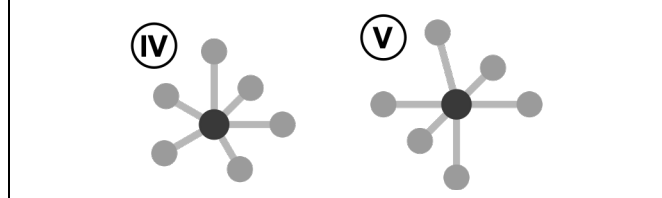
Im XeO_6^{4-} -Ion liegt Mesomerie vor: **[Zeichne zwei weitere mesomere Grenzstrukturen.]**



Damit gilt für die Struktur von XeO_6^{4-} , dass... **[Kreuze alle korrekten Antworten an.]**

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> alle Bindungslängen gleich sind. | <input type="checkbox"/> die Bindungslängen unterschiedlich groß sind. |
| <input checked="" type="checkbox"/> alle Bindungswinkel gleich sind. | <input type="checkbox"/> die Bindungswinkel unterschiedlich groß sind. |

Die Strukturen von XeF_6 und XeO_6^{4-} sehen damit folgendermaßen aus: **[Gib jeweils die korrekte Struktur aus I – V an.]**

	XeF ₆ : <div style="text-align: right;">V ✓</div>
	XeO ₆ ⁴⁻ : <div style="text-align: right;">I ✓</div>

2-05

Kalorienbombe im Bombenkalorimeter

15pt

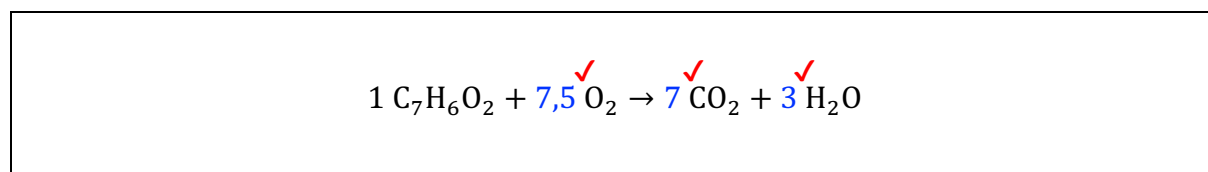
Um den Brennwert von Lebensmitteln (besser bekannt als „Kalorienwert“) zu bestimmen, kommt im allgemeinen Bombenkalorimetrie zum Einsatz. Dabei wird der Brennstoff in einen Reaktionsraum mit konstantem Volumen (die „Bombe“) in einer Sauerstoffatmosphäre verbrannt. Die freigesetzte Wärme wird über die Gefäßwände an das Kalorimeter abgegeben, dessen Temperatur sich dadurch messbar ändert. Das Kalorimeter als Ganzes tauscht jedoch keine Wärme mit der Umgebung aus.

a) **Vervollständige** den Lückentext, indem du jeweils den richtigen Begriff **ankreuzt**.

Thermodynamische Prozesse, die bei konstantem Volumen ablaufen, nennt man (1) . Bei (2) Prozessen wird keine Wärme mit der Umgebung ausgetauscht.			
Lücke (1) <input type="checkbox"/> isobar <input type="checkbox"/> isotherm	<input checked="" type="checkbox"/> isochor <input type="checkbox"/> isotop	Lücke (2) <input type="checkbox"/> isothermen <input checked="" type="checkbox"/> adiabatischen	<input type="checkbox"/> reversiblen <input type="checkbox"/> spontanen

Vor der Messung muss das Kalorimeter kalibriert werden, was durch die Verbrennung einer bekannten Substanz geschieht. Dabei kann zum Beispiel Benzoesäure ($C_7H_6O_2$, $M = 122,12 \frac{g}{mol}$) zum Einsatz kommen.

b) **Ergänze** die fehlenden stöchiometrischen Koeffizienten in der Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung von einem Molekül Benzoesäure.



c) **Berechne** anhand der Standardbildungsenthalpien aus untenstehender Tabelle die Standardreaktionsenthalpie $\Delta_r H^\circ$ der Verbrennung von Benzoesäure.

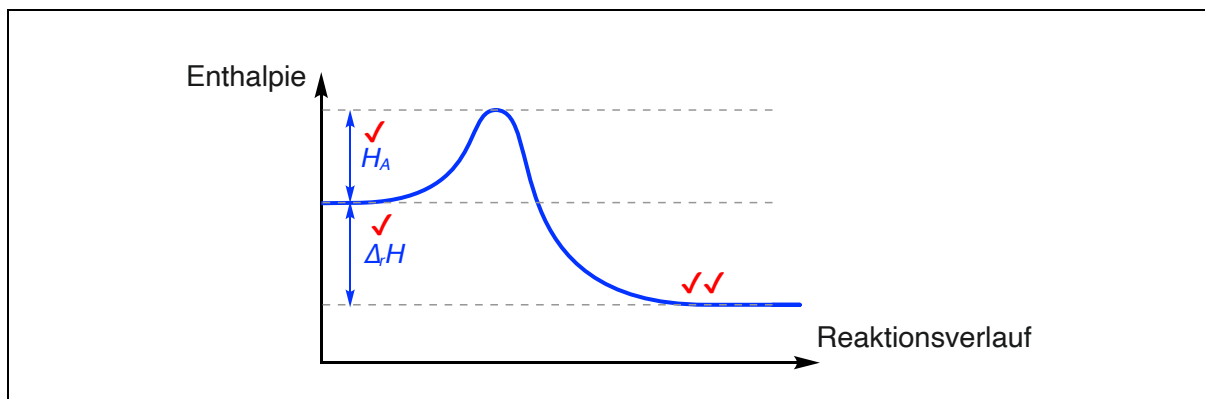
► Weiter mit: $\Delta_r H^\circ = -3000 \frac{kJ}{mol}$

	$\Delta_f H^\circ$ in kJ/mol
$C_7H_6O_2$	-385,0
O_2	0
CO_2	-393,5
H_2O	-285,8

$$\Delta_r H^\circ = 3 \cdot \Delta_f H^\circ(H_2O) + 7 \cdot \Delta_f H^\circ(CO_2) - 7,5 \cdot \Delta_f H^\circ(O_2) - \Delta_f H^\circ(C_7H_6O_2)$$

$$\Delta_r H^\circ = 3 \cdot \left(-285,8 \frac{kJ}{mol}\right) + 7 \cdot \left(-393,5 \frac{kJ}{mol}\right) - 7,5 \cdot 0 \frac{kJ}{mol} - \left(-385,0 \frac{kJ}{mol}\right) = -3226,9 \frac{kJ}{mol}$$

- d) **Skizziere** in das vorgegebene Diagramm den Enthalpieverlauf einer exothermen Reaktion und **zeichne** die Aktivierungsenthalpie H_A und die Reaktionsenthalpie $\Delta_r H$ **ein**.



Im vorliegenden Fall kann man in guter Näherung annehmen, dass die an das Kalorimeter abgegebene Wärme genau der bei der Verbrennung freiwerdenden Enthalpie entspricht.

- e) **Berechne** die an das Kalorimeter abgegebene Wärmemenge, wenn $m = 2,0 \text{ g}$ Benzoesäure verbrannt werden.

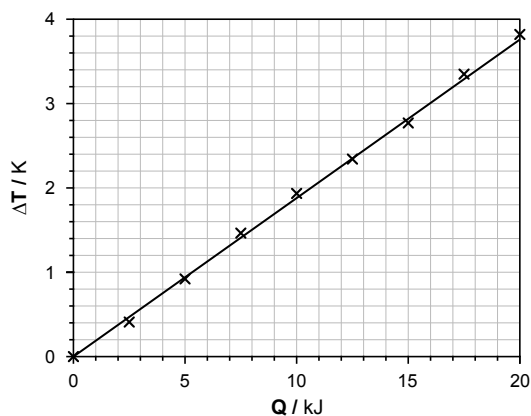
$$n_B = \frac{2,0 \text{ g}}{122,12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 16,38 \text{ mmol} \checkmark$$

$$Q = n_B \cdot \Delta_r H^\circ = 16,38 \text{ mmol} \cdot \left(-3000 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) = -52,9 \text{ kJ} \checkmark \checkmark$$

Wie stark sich das Kalorimeter bei Aufnahme einer bestimmten Wärmemenge Q erwärmt, hängt stark vom Aufbau ab und wird durch die Kalorimeterkonstante c_{Kal} quantifiziert:

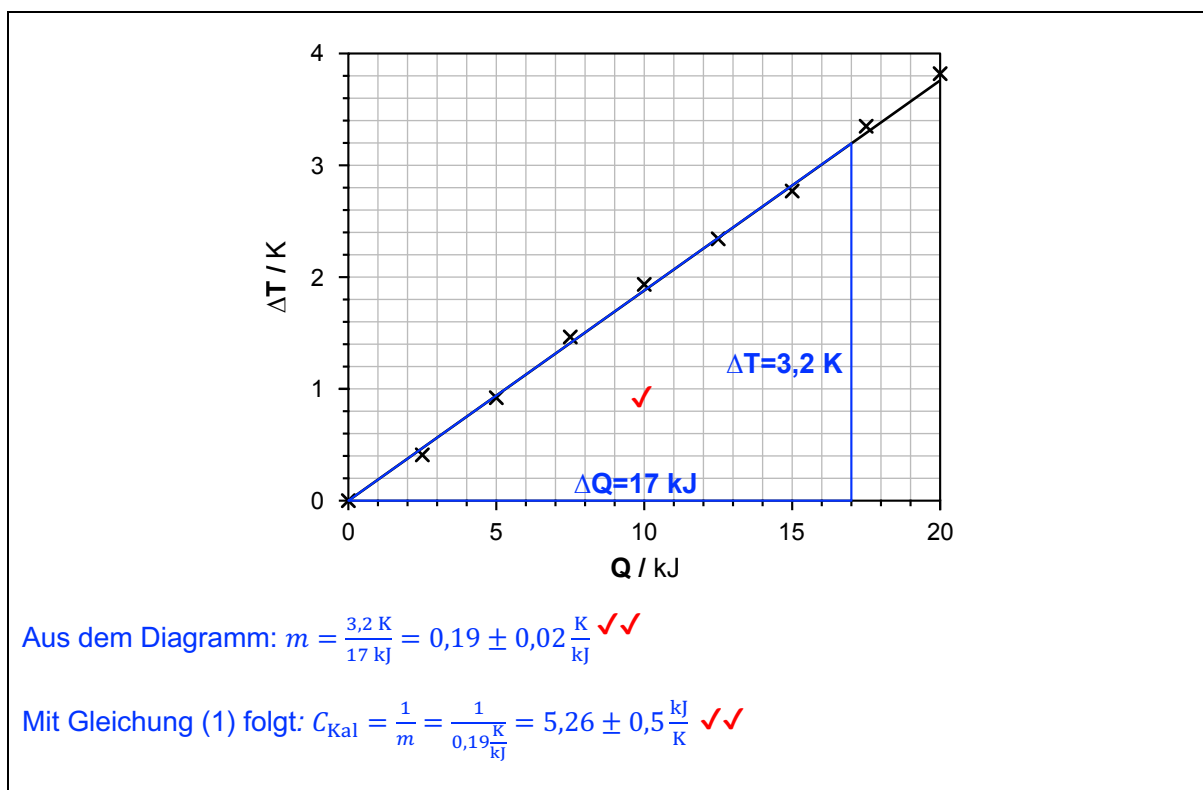
$$Q = c_{\text{Kal}} \cdot \Delta T \quad (1)$$

Um die Kalorimeterkonstante zu bestimmen, wurden dem Kalorimeter durch Verbrennung von Benzoesäure unterschiedliche Wärmemengen zugeführt und jeweils die resultierende Temperaturänderung gemessen. Die Ergebnisse sind folgend grafisch dargestellt.



- f) **Bestimme** die Steigung der Ausgleichsgeraden, indem du ein geeignetes Steigungsdreieck in die Abbildung **einzeichnest**. **Berechne** die Kalorimeterkonstante des Kalorimeters.

► Weiter mit: $c_{\text{Kal}} = 5,0 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$



- g) Bei der Verbrennung von $m = 1,5 \text{ g}$ eines zerbröselten Schokokekses wird eine Temperaturerhöhung des Kalorimeters um $\Delta T = 6,1 \text{ K}$ gemessen. **Berechne** den Energiegehalt des Schokokekses in kcal pro 100 g.
 Hinweis: 1 cal entspricht 4,18 J.

Aus Gleichung (1) folgt:

$$Q = c_{\text{Kal}} \cdot \Delta T = 5,0 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \cdot 6,1 \text{ K} = 30,5 \text{ kJ} = 7,30 \text{ kcal} \quad \checkmark \checkmark$$

In 100 g:

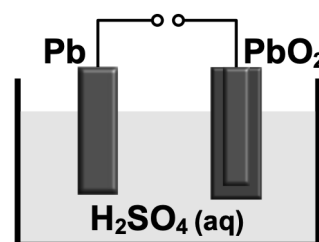
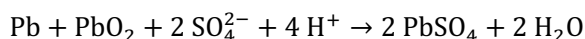
$$E_{\text{Keks}} = 7,30 \text{ kcal} \cdot \frac{100 \text{ g}}{1,5 \text{ g}} = 487 \text{ kcal} \quad \checkmark \checkmark$$

2-06

Blei – ganz schön spannend

20pt

Bei Bleiakкумуляtoren (= Bleiakku) handelt es sich um galvanische Zellen, in denen Elektroden aus Blei bzw. Blei(IV)oxid in eine Lösung aus verdünnter Schwefelsäure tauchen. Unter der Annahme, dass die Schwefelsäure vollständig dissoziiert ist, lautet die Reaktionsgleichung des Bleiakku in Entladerichtung:



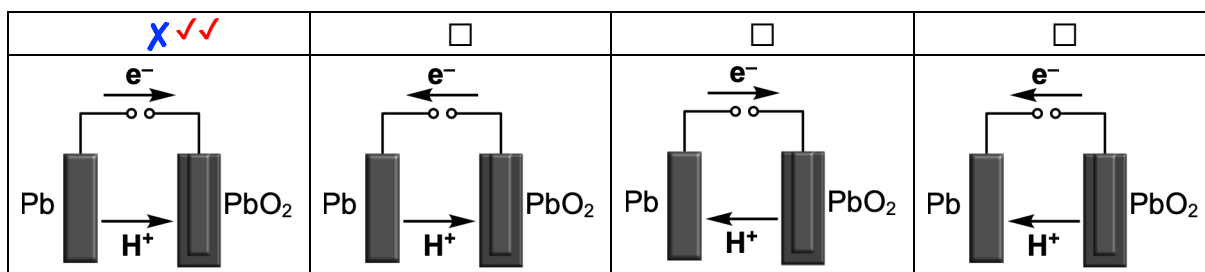
a) **Gib** die Oxidationszahl von Blei in Pb, PbO₂ und PbSO₄ **an**.

Pb: ±0 ✓	PbO ₂ : +4 / +IV ✓	PbSO ₄ : +2 / +II ✓
----------	-------------------------------	--------------------------------

b) **Vervollständige** die gegebenen Halbreaktionsgleichungen und **kreuze** jeweils **an**, an welcher Elektrode bzw. welchem Pol diese beim Entladen ablaufen.

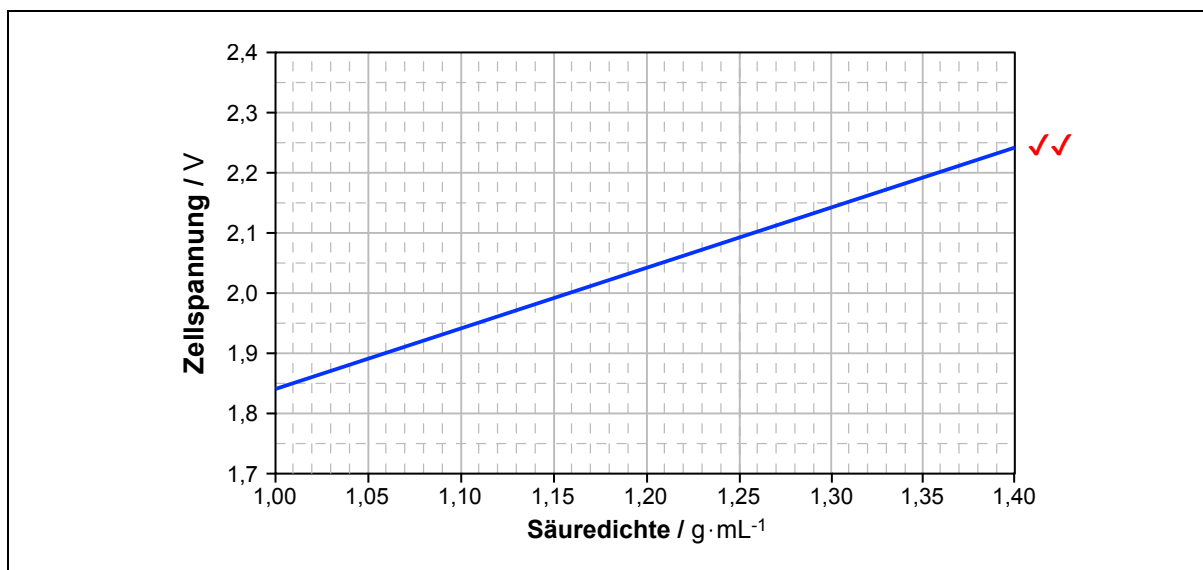
Halbreaktion 1:	<input checked="" type="checkbox"/> Anode	<input type="checkbox"/> Kathode	<input type="checkbox"/> Pluspol	<input checked="" type="checkbox"/> Minuspol
$1 \text{Pb} + 1 \text{SO}_4^{2-} \rightarrow 1 \text{PbSO}_4 + 2 \text{e}^-$ ✓				
Halbreaktion 2:	<input type="checkbox"/> Anode	<input checked="" type="checkbox"/> Kathode	<input checked="" type="checkbox"/> Pluspol	<input type="checkbox"/> Minuspol
$1 \text{PbO}_2 + 1 \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 1 \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ ✓✓				

c) **Kreuze an**, in welcher der Abbildungen die Bewegungsrichtung der Elektronen und Protonen im Elektrolyten beim Entladen richtig dargestellt wird.



Beim Entladen eines Bleiakku ändert sich die Konzentration und damit auch die Dichte der schwefelsauren Lösung. Eine Faustregel zur einfachen Abschätzung der Zellspannung eines Bleiakku in Abhängigkeit von der Säuredichte lautet: Zellspannung in V = 0,84 + Säuredichte in $\frac{\text{g}}{\text{mL}}$.

d) **Zeichne** die zur Faustregel gehörende Gerade in das Diagramm ein.



Bei einer Säuredichte von $\rho = 1,08 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$ beträgt der Massenanteil von Schwefelsäure in der Lösung $\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 11,96 \%$. Nimm für die folgende Aufgabe vereinfachend an, dass die Schwefelsäure unter diesen Bedingungen vollständig dissoziiert vorliegt.

e) Die Zellspannung bei den gegebenen Bedingungen soll mithilfe der NERNST-Gleichung sowie der Faustformel berechnet werden. **Vervollständige** den Rechenweg.

>> **Berechne** anhand des gegebenen Ausschnitts aus der Spannungsreihe die Zellspannung unter Standardbedingungen, ΔE° .

$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+ / \text{PbSO}_4$	$E^\circ = +1,68 \text{ V}$
$\text{PbSO}_4 / \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	$E^\circ = -0,36 \text{ V}$

►► Weiter mit: $\Delta E^\circ = 2,0 \text{ V}$

$$\Delta E^\circ = E_{\text{red}} - E_{\text{ox}} = 1,68 \text{ V} - (-0,36 \text{ V}) = 2,04 \text{ V}$$

>> **Berechne** die Konzentrationen c_{H^+} und $c_{\text{SO}_4^{2-}}$ bei der gegebenen Säuredichte.

►► Weiter mit: $c_{\text{H}^+} = 3,0 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$, $c_{\text{SO}_4^{2-}} = 1,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{\frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{ges}}}}{\frac{V}{m_{\text{ges}}} \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\frac{1}{\rho} \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{0,1196 \cdot 1,08 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{98,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,317 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c_{\text{SO}_4^{2-}} = c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,317 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c_{\text{H}^+} = 2 \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2,634 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

>> Folgend ist der aktivitätsabhängige Term Π aus der NERNST-Gleichung für das betrachtete System gegeben. **Vereinfache** den Ausdruck unter Angabe deines Rechenweges und **berechne** seinen Wert.

► **Weiter mit:** $\Pi = 0,010$

$$\Pi = \frac{a_{\text{PbSO}_4}^2 \cdot a_{\text{H}_2\text{O}}^2}{a_{\text{Pb}} \cdot a_{\text{PbO}_2} \cdot a_{\text{SO}_4^{2-}}^2 \cdot a_{\text{H}^+}^4} = \frac{1^2 \cdot 1^2}{1 \cdot 1 \cdot \frac{c_{\text{SO}_4^{2-}}^2}{c_0^2} \cdot \frac{c_{\text{H}^+}^4}{c_0^4}} = \frac{c_0^6}{c_{\text{SO}_4^{2-}}^2 \cdot c_{\text{H}^+}^4} = \frac{\left(1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^6}{\left(1,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^2 \cdot \left(3,0 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^4} = 0,0055$$

(Optionale Begründung: Verwendete Vereinfachungen:

- Aktivitäten von Festkörpern und Lösungsmitteln sind 1.
- Für gelöste Spezies gilt näherungsweise $a_i \approx \frac{c_i}{c_0}$ mit $c_0 = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$.

>> **Berechne** die Zellspannung U_{Zelle} bei der gegebenen Dichte und einer Temperatur von $T = 298 \text{ K}$.

► **Weiter mit:** $U_{\text{Zelle}} = 2,00 \text{ V}$

$$U_{\text{Zelle}} = \Delta E^\circ + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln(\Pi) = 2,00 \text{ V} + \frac{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K}}{2 \cdot 96485 \frac{\text{C}}{\text{mol}}} \cdot \ln(0,010) = 1,94 \text{ V}$$

>> **Berechne** die absolute und relative Abweichung des Werts, der sich mit der Faustregel ergibt, vom oben gegebenen Wert der Zellspannung.

Faustregel: $U_{\text{Faust}} = (0,84 + 1,08) \text{ V} = 1,92 \text{ V}$

Absolute Abweichung:

$$\Delta U_{\text{abs}} = U_{\text{Faust}} - U_{\text{Zelle}} = 1,92 \text{ V} - 2,00 \text{ V} = -0,08 \text{ V}$$

Relative Abweichung:

$$\Delta U_{\text{rel}} = \frac{\Delta U_{\text{abs}}}{U_{\text{Zelle}}} = \frac{-0,08 \text{ V}}{2,00 \text{ V}} = -0,04 = -4 \%$$

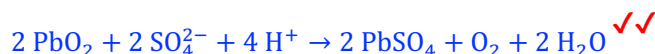
Eine Herausforderung beim Betrieb von Bleiakkus stellt das sogenannte Gasen dar. Darunter versteht man die langsame Bildung von Sauerstoff an einer der Elektroden des geladenen Akkus.

$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+ / \text{PbSO}_4$	$E^\circ = +1,68 \text{ V}$
$\text{O}_2 + \text{H}^+ / \text{H}_2\text{O}$	$E^\circ = +1,23 \text{ V}$
$\text{PbSO}_4 / \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	$E^\circ = -0,36 \text{ V}$

- f) **Gib an**, an welcher Elektrode (Blei oder Blei(IV)oxid) es zur Sauerstoffentwicklung kommt. **Formuliere** die Gleichung der dabei ablaufenden Gesamtreaktion.

Die Gasung findet an der Elektrode aus Blei(IV)oxid statt. ✓✓
(Optionale Begründung: Bei der Bildung von Sauerstoff handelt es sich um eine Oxidation, die entsprechende Elektrode wird also reduziert und muss ein stärker positives Potential besitzen.)

Reaktionsgleichung:



In einem beispielhaften Akku beträgt der durch das Gasen bedingte Strom konstant $I = 5 \text{ mA}$.

- g) **Berechne** das Volumen des Sauerstoffs bei SATP-Bedingungen ($25 \text{ }^\circ\text{C}$, $1,013 \text{ bar}$), das in solch einem Akku innerhalb eines Jahres ($t = 365 \text{ d}$) freigesetzt wird.

Für die umgesetzte Ladung Q gilt:

$$Q = I \cdot t = 5 \text{ mA} \cdot 365 \text{ d} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 157680 \text{ C}$$

Stoffmenge von O_2 über 1. FARADAY'sches Gesetz:

$$n_{\text{O}_2} = \frac{Q}{z \cdot F} = \frac{157680 \text{ C}}{4 \cdot 96485 \frac{\text{C}}{\text{mol}}} = 0,409 \text{ mol} \quad \checkmark$$

Umrechnung in Volumen über ideales Gasgesetz:

$$V_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{O}_2} \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0,409 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273,15 + 25) \text{ K}}{1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 0,0100 \text{ m}^3 = 10,0 \text{ L} \quad \checkmark\checkmark$$

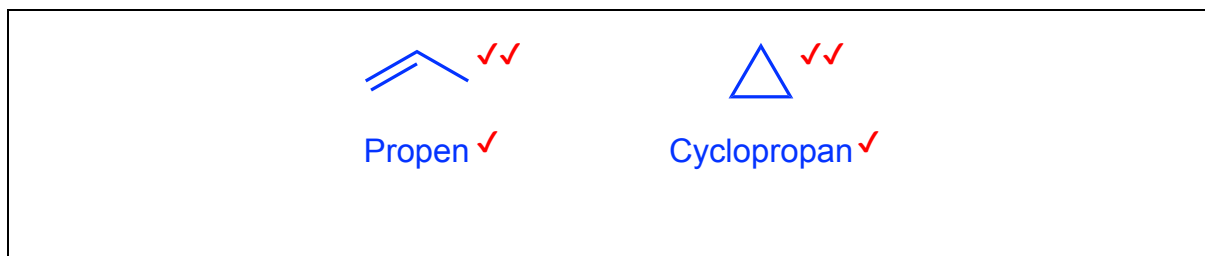
2-07

Cyclohexan – Herr der (organischen) Ringe

15pt

Ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit drei oder mehr Kohlenstoffatomen besitzen neben offenkettigen Isomeren auch solche, in denen die Kohlenstoffatome einen geschlossenen Ring bilden.

- a) **Zeichne** alle Strukturisomere, die zur Summenformel C_3H_6 gehören, und **benenne** diese jeweils nach den IUPAC-Nomenklaturregeln.



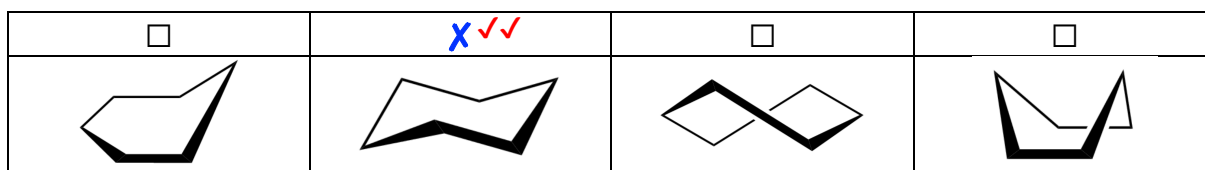
Einer der wichtigsten cyclischen Kohlenwasserstoffe ist das Cyclohexan mit der Zusammensetzung C_6H_{12} . In der stabilsten Konformation ordnen sich die Kohlenstoffatome dabei sesselförmig an, weshalb man auch von der Sesselkonformation des Cyclohexans spricht.

- b) **Vervollständige** den Lückentext, indem du jeweils den richtigen Begriff **ankreuzt**.

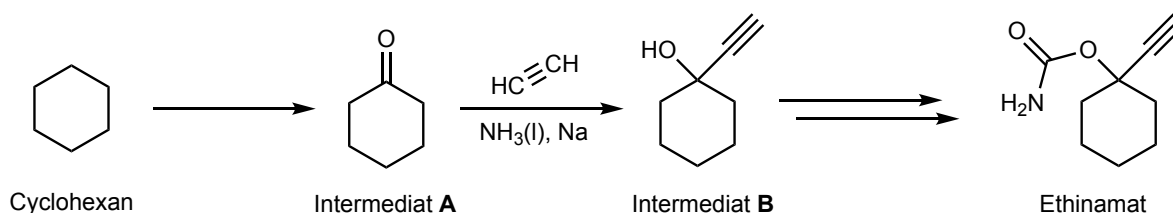
In der organischen Chemie bezeichnet man Verbindungen mit derselben Summenformel als (1) . Wenn sie außerdem dieselbe Menge und Art von Bindungen enthalten, dann besitzen sie dieselbe (2) . Unter (3) versteht man die räumliche Anordnung der Atome, die durch Rotation um (4) entsteht.

Lücke (1)	Lücke (2)	Lücke (3)	Lücke (4)
<input checked="" type="checkbox"/> Isomere	<input type="checkbox"/> Konfiguration	<input type="checkbox"/> Konfiguration	<input checked="" type="checkbox"/> Einfachbindungen
<input type="checkbox"/> Isotope	<input type="checkbox"/> Konformation	<input checked="" type="checkbox"/> Konformation	<input type="checkbox"/> Doppelbindungen
<input type="checkbox"/> Topomere	<input type="checkbox"/> Konstruktion	<input type="checkbox"/> Konstruktion	<input type="checkbox"/> Dreifachbindungen
<input type="checkbox"/> Isochore	<input checked="" type="checkbox"/> Konstitution	<input type="checkbox"/> Konstitution	<input type="checkbox"/> Symmetrieachsen

- c) **Wie sieht die Sesselkonformation von Cyclohexan aus? Kreuze die richtige Antwort an.**

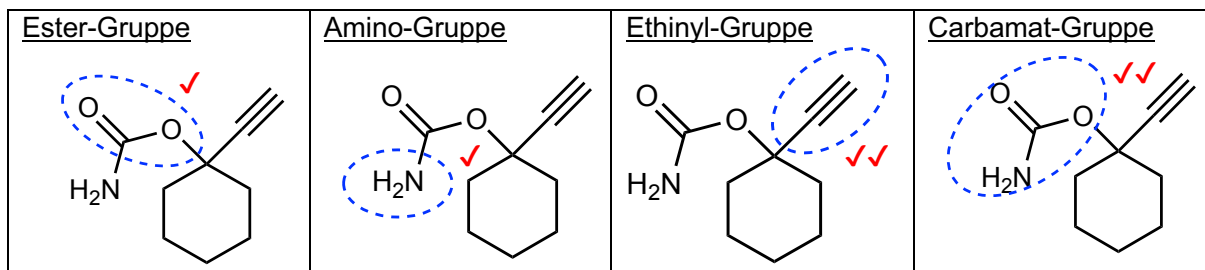


Die Cyclohexan-Struktureinheit kommt in zahlreichen organischen Verbindungen vor, darunter auch dem Arzneistoff Ethinamat, der eine sedierende Wirkung besitzt. Dieser kann wie folgend gezeigt aus Cyclohexan synthetisiert werden.

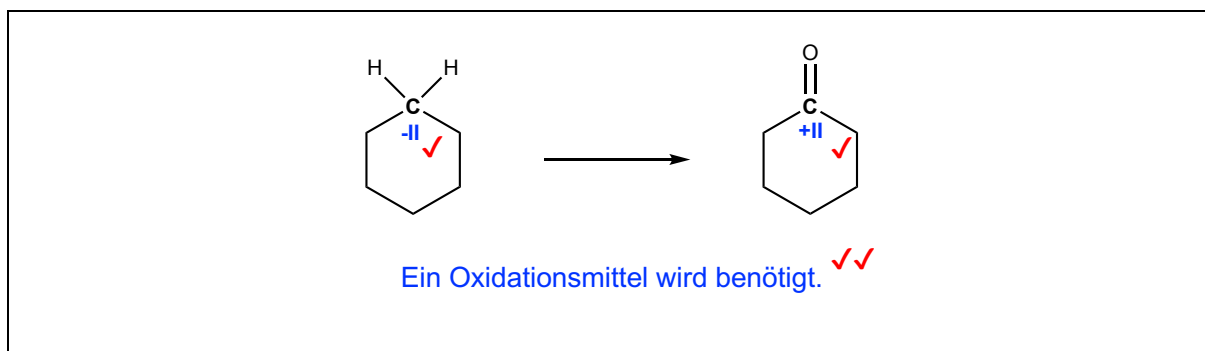


Ethinamat enthält verschiedene funktionelle Gruppen.

d) **Markiere** jede der folgend genannten funktionellen Gruppen in der Struktur von Ethinamat.

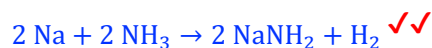


e) **Bestimme** jeweils die Oxidationszahl des fett gedruckten Kohlenstoffatoms in Cyclohexan und Intermediat **A**. **Gib an**, ob für die Reaktion ein Oxidations- oder Reduktionsmittel benötigt wird.



f) Folgender Text beschäftigt sich mit der Umsetzung von Intermediat **A** zu Intermediat **B**. **Vervollständige** ihn, indem du ankreuzt bzw. die Lücken ergänzt.

Zwischen Natrium und flüssigen Ammoniak läuft eine Redoxreaktion ab, bei der gasförmiger Wasserstoff und Amid-Ionen (NH_2^-) gebildet werden. Die Reaktionsgleichung dieser Reaktion lautet:



Die Amid-Ionen deprotonieren anschließend das Ethin, wobei ein einfach negativ geladenes Acetylid-Anion (C_2H^-) entsteht. Dessen Lewis-Formel sieht wie folgt aus:



Durch die Deprotonierung erhöht sich die...

Nucleophilie Elektrophilie

...von Ethin. Dadurch kann zwischen Intermediat **A** und Ethin eine...

nucleophile Substitution elektrophile Addition nucleophile Addition

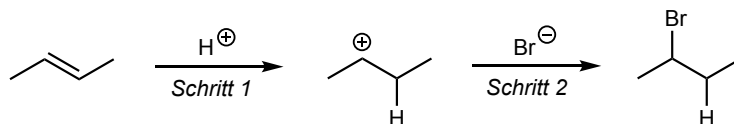
...ablaufen, bei der schließlich Intermediat **B** entsteht.

2-08

Additionen – Organisches Plusrechnen?

20pt

Die elektrophile Addition von Bromwasserstoff (HBr) an Alkene beginnt mechanistisch mit der Protonierung der Doppelbindung, wobei ein Carbokation entsteht. Dieses reagiert schließlich mit einem Bromid-Ion unter Bildung eines Bromalkans, dem Endprodukt der Reaktion.

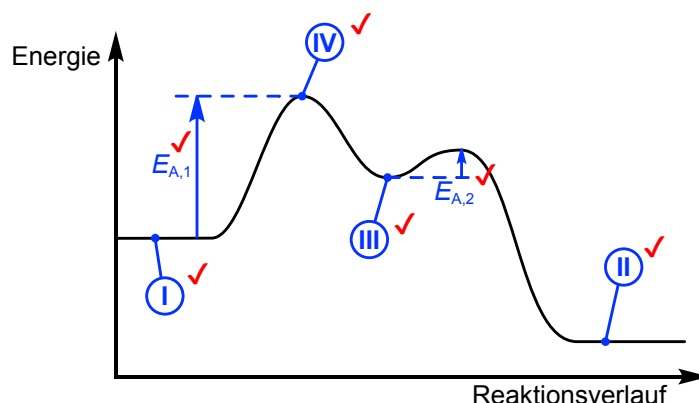


a) **Kreuze** jeweils **an**, ob das gezeigte Teilchen als Elektrophil oder Nucleophil reagiert.

Schritt 1		Schritt 2	
	H^+		Br^-
<input type="checkbox"/> Elektrophil <input checked="" type="checkbox"/> Nucleophil	<input checked="" type="checkbox"/> Elektrophil <input type="checkbox"/> Nucleophil	<input checked="" type="checkbox"/> Elektrophil <input type="checkbox"/> Nucleophil	<input type="checkbox"/> Elektrophil <input checked="" type="checkbox"/> Nucleophil

b) **Vervollständige** den folgenden Text zum gegebenen Energiediagramm, indem du die Anweisungen befolgst.

Die Abbildung zeigt das qualitative Energiediagramm der betrachteten Reaktion.



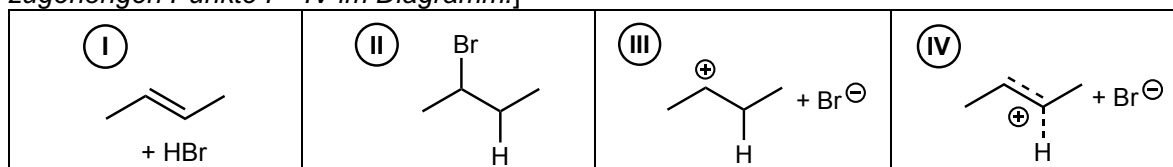
Das Diagramm zeigt, dass die Reaktion... **[Kreuze die korrekte Antwort an.]**

- exotherm ist. endotherm ist. keine Aussage möglich

Im Diagramm sind außerdem die Aktivierungsenergien $E_{A,1}$ und $E_{A,2}$ beider Schritte erkennbar. **[Zeichne die Aktivierungsenergien $E_{A,1}$ und $E_{A,2}$ in das Diagramm ein.]** Basierend darauf ist der folgende Schritt der geschwindigkeitsbestimmende: **[Kreuze die korrekte Antwort an.]**

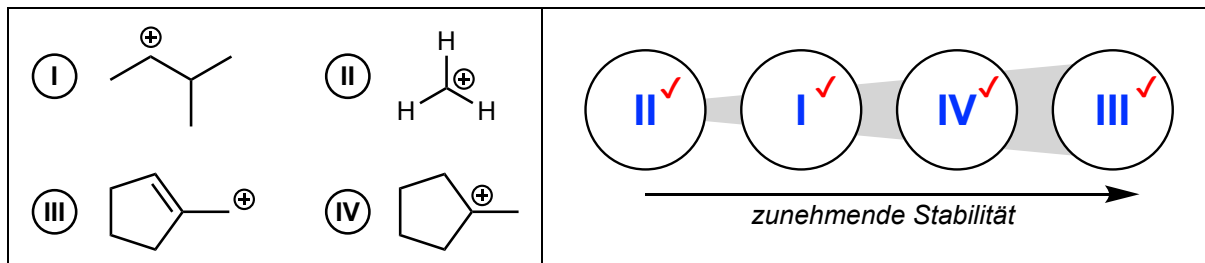
- Schritt 1 Schritt 2 keine Aussage möglich

Die folgend gezeigten Strukturen I - IV gehören zu Punkten im Energiediagramm. **[Markiere die zugehörigen Punkte I – IV im Diagramm.]**

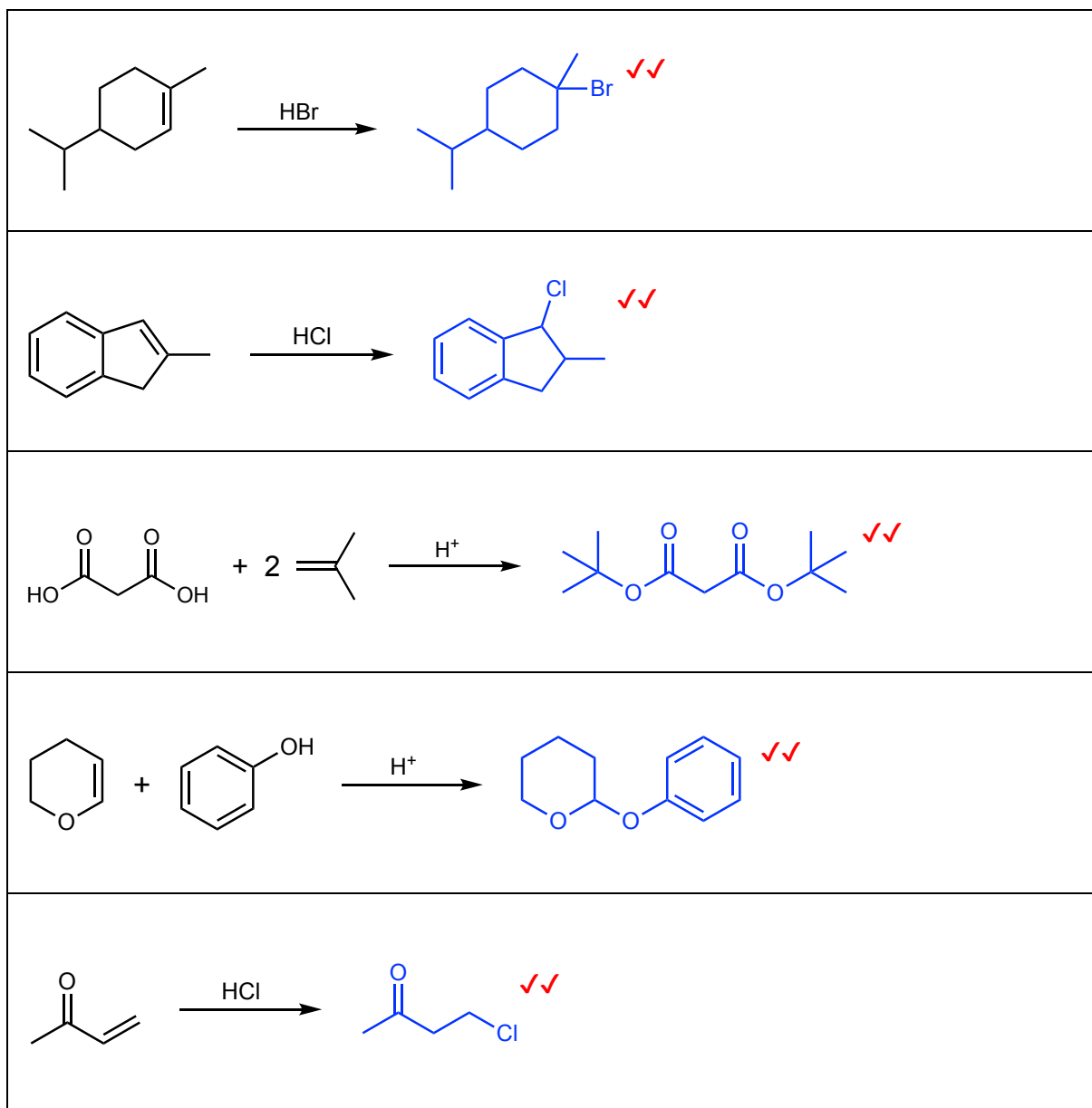


Bei nicht symmetrischen Alkenen können bei der elektrophilen Addition verschiedene Carbokationen und damit Additionsprodukte gebildet werden. Das Hauptprodukt ist dabei das Isomer, bei dessen Bildung das besser stabilisierte Carbokation durchlaufen wird.

c) **Ordne** die folgend gezeigten Carbokationen aufsteigend nach ihrer Stabilität.

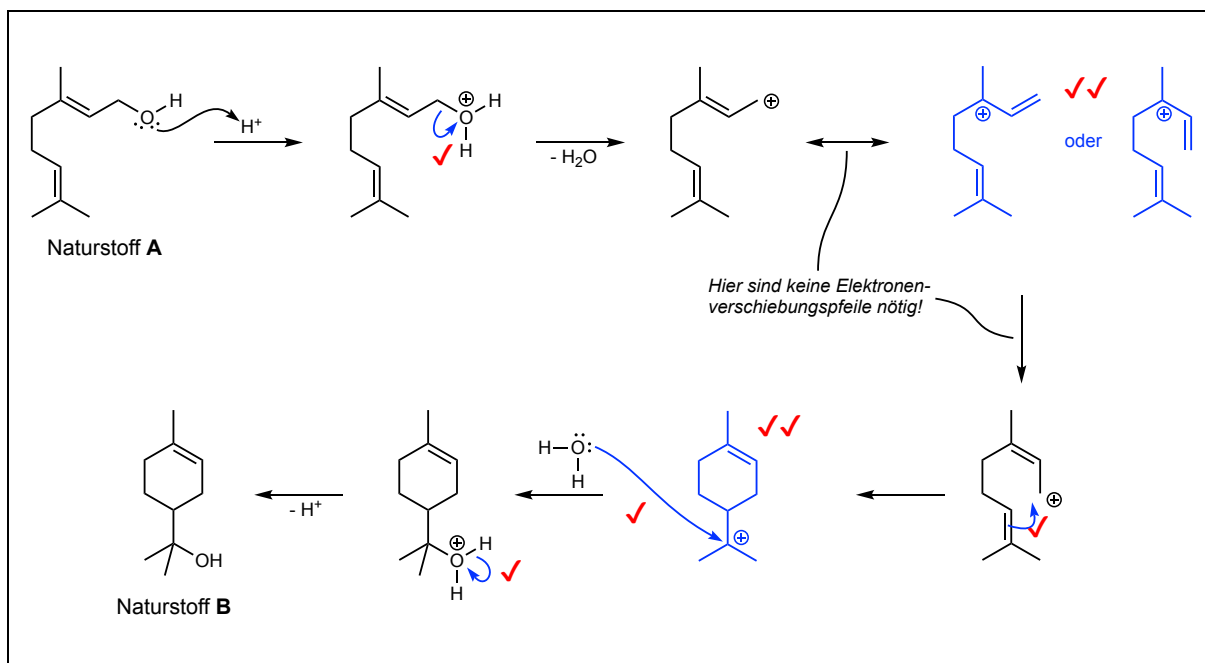


d) **Zeichne** jeweils das Hauptprodukt der folgend gezeigten elektrophilen Additionsreaktionen. Du brauchst Stereoisomerie nicht zu beachten.

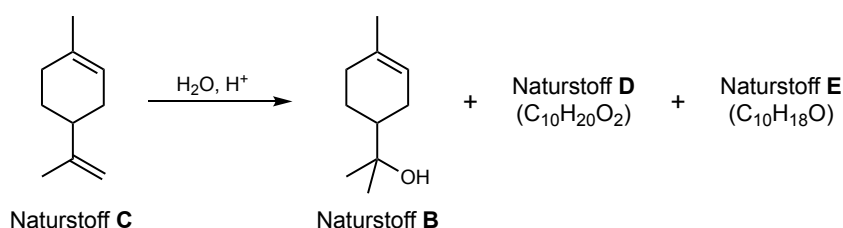


Terpene sind eine Klasse von Naturstoffen, die besonders interessant sind als Substrate für elektrophile Additionen. So kann etwa aus dem Naturstoff **A** über eine Reaktion, die auch über kationische Intermediate verläuft, Naturstoff **B** gewonnen werden.

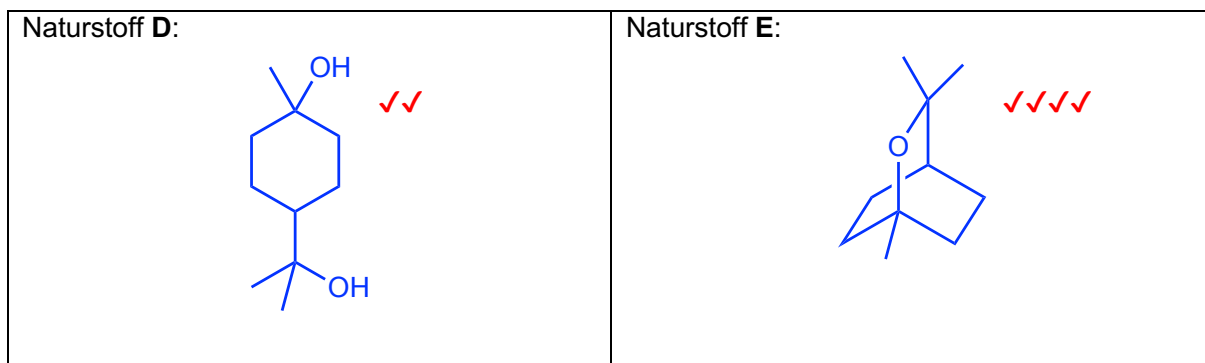
- e) **Vervollständige** den gegebenen Reaktionsmechanismus, indem du die fehlenden Strukturen **zeichnest** und für alle Schritte, außer die explizit markierten, Elektronenverschiebungspfeile **einzeichnest**.



Naturstoff **B** kann auch direkt durch die elektrophile Addition von Wasser an den Naturstoff **C** gewonnen werden. Dabei entstehen jedoch auch zwei weitere Naturstoffe **D** ($C_{10}H_{20}O_2$) und **E** ($C_{10}H_{18}O$), die beide keine Doppelbindungen mehr enthalten.



- f) **Zeichne** die Strukturen der Naturstoffe **D** und **E**.



Bonus: Erkennst du einen der Naturstoffe **A** – **E** wieder?

Es handelt sich um Geraniol (**A**), α -Terpineol (**B**), Limonen (**C**), Terpin (**D**) und Cineol (**E**).