

3.3. Aufgaben zu Energetik und chemischem Gleichgewicht

Aufgabe

1. Ergänze die Koeffizienten und alle Oxidationszahlen
2. Formuliere die Teilreaktionen für Oxidation und Reduktion.
3. Bestimme die molare Standardreaktionsenthalpie ΔH^0 .
4. Formuliere das Massenwirkungsgesetz
5. Begründe, auf welche Seite sich das Gleichgewicht bei Druckerhöhung verschiebt.
6. Begründe, auf welche Seite sich das Gleichgewicht bei Temperaturerhöhung verschiebt.

Hinweis: $\Delta H_f^0(\text{HCN}) = +108,9 \text{ kJ/Mol}$

- a) $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HCN}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$
- b) $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{g})$
- c) $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$
- d) $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{g})$
- e) $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$
- f) $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- g) $\text{N}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g})$
- h) $\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$
- i) $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_3(\text{g})$
- j) $\text{HCl}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{SO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

3.3. Lösungen zu den Aufgaben zu Energetik und chemischem Gleichgewicht

- a) $\text{C}^{-\text{IV}}\text{H}^+_4(\text{g}) + \text{N}^{-\text{III}}\text{H}^+_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}^+\text{C}^{+\text{II}}\text{N}^{-\text{III}}(\text{g}) + 3 \text{H}^{\pm 0}_2(\text{g})$
 Ox: $\text{C}^{-\text{IV}} \rightarrow \text{C}^{+\text{II}} + 6 \text{e}^-$ und Red: $6 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \rightarrow 3 \text{H}_2^{\pm 0}$

mit $K = \frac{[\text{HCN}] \cdot [\text{H}_2]^3}{[\text{CH}_4] \cdot [\text{NH}_3]}$ und $\Delta H^0 = 109 \text{ kJ/Mol} - [-75 + (-46)] \text{ kJ/Mol} = +229,9 \text{ kJ/Mol}$

Druckerhöhung begünstigt die **Rückreaktion**, da die Edukte mit 2 gasförmigen Molekülen weniger Volumen beanspruchen als die Produkte mit 4 gasförmigen Molekülen.

Temperaturerhöhung begünstigt die endotherme **Hinreaktion**, da in diese Richtung Energie abgeführt wird.

- b) $\text{C}^{-\text{II}}\text{H}^+_{24}(\text{g}) + \text{O}^{\pm 0}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}^{-\text{III}}\text{H}^+_{33}\text{C}^{+\text{III}}\text{O}^{-\text{II}}\text{O}^{-\text{II}}\text{H}^+_{11}(\text{g})$
 Ox: $2 \text{C}^{-\text{II}} \rightarrow \text{C}^{-\text{III}} + \text{C}^{+\text{III}} + 4 \text{e}^-$ und Red: $\text{O}^{\pm 0}_2 + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{O}^{-\text{II}}$

mit $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{C}_2\text{H}_4] \cdot [\text{O}_2]}$ und $\Delta H^0 = -435 \text{ kJ/Mol} - [52 + 0] \text{ kJ/Mol} = -487 \text{ kJ/Mol}$

Druckerhöhung begünstigt die **Hinreaktion**, da das Produkt mit 1 gasförmigem Molekül weniger Volumen beansprucht als die Edukte mit 2 gasförmigen Molekülen.

Temperaturerhöhung begünstigt die endotherme **Rückreaktion**, da in diese Richtung Energie abgeführt wird.

- c) $\text{C}^{+\text{II}}\text{O}^{-\text{II}}(\text{g}) + 2 \text{H}^{\pm 0}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}^{-\text{II}}\text{H}^+_{33}\text{O}^{-\text{II}}\text{H}^+_{11}(\text{g})$
 Ox: $2 \text{H}^{\pm 0}_2 \rightarrow 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$ und Red: $\text{C}^{+\text{II}} + 4 \text{e}^- \rightarrow \text{C}^{-\text{II}}$

mit $K = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2]^2}$ und $\Delta H^0 = -201 \text{ kJ/Mol} - [-111 + 0] \text{ kJ/Mol} = -90 \text{ kJ/Mol}$

Druckerhöhung begünstigt die **Hinreaktion**, da das Produkt mit 1 gasförmigem Molekül weniger Volumen beansprucht als die Edukte mit 3 gasförmigen Molekülen.

Temperaturerhöhung begünstigt die endotherme **Rückreaktion**, da in diese Richtung Energie abgeführt wird

- d) $\text{C}^{-\text{II}}\text{H}^+_{33}\text{O}^{-\text{II}}\text{H}^+_{11}(\text{g}) + \text{C}^{+\text{II}}\text{O}^{-\text{II}}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}^{-\text{III}}\text{H}^+_{33}\text{C}^{+\text{III}}\text{O}^{-\text{II}}\text{O}^{-\text{II}}\text{H}^+_{11}(\text{g})$

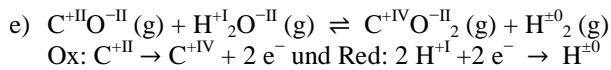
Ox: $\text{C}^{+\text{II}} \rightarrow \text{C}^{+\text{III}} + \text{e}^-$ und Red: $\text{C}^{-\text{II}} + \text{e}^- \rightarrow \text{C}^{-\text{III}}$ **oder**

Ox: $\text{C}^{-\text{II}} \rightarrow \text{C}^{+\text{III}} + 5 \text{e}^-$ und Red: $\text{C}^{+\text{II}} + 5 \text{e}^- \rightarrow \text{C}^{-\text{III}}$

mit $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{OH}] \cdot [\text{CO}]}$ und $\Delta H^0 = -435 \text{ kJ/Mol} - [-201 + (-111)] \text{ kJ/Mol} = -123 \text{ kJ/Mol}$

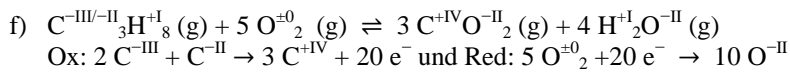
Druckerhöhung begünstigt die **Hinreaktion**, da das Produkt mit 1 gasförmigem Molekül weniger Volumen beansprucht als die Edukte mit 2 gasförmigen Molekülen.

Temperaturerhöhung begünstigt die endotherme **Rückreaktion**, da in diese Richtung Energie abgeführt wird.



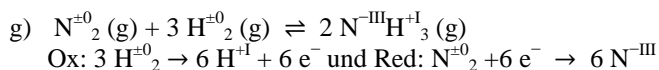
mit $K = \frac{[CO_2] \cdot [H_2]}{[CO] \cdot [H_2O]}$ und $\Delta H^0 = -395 \text{ kJ/Mol} - [-111 + (-242)] \text{ kJ/Mol} = -42 \text{ kJ/Mol}$

Druckerhöhung hat **keine Wirkung**, da Edukte und Produkte das gleiche Volumen beanspruchen!
 Temperaturerhöhung begünstigt die endotherme **Rückreaktion**, da in diese Richtung Energie abgeführt wird.



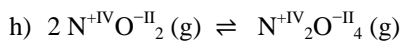
mit $K = \frac{[CO_2]^3 \cdot [H_2O]^4}{[C_3H_8] \cdot [O_2]^5}$ und $\Delta H^0 = [-395 + (-242)] \text{ kJ/Mol} - [-104 + 0] \text{ kJ/Mol} = -533 \text{ kJ/Mol}$

Druckerhöhung begünstigt die **Rückreaktion**, da die Edukte mit 6 gasförmigen Molekülen weniger Volumen beanspruchen als die Produkte mit 7 gasförmigen Molekülen.
 Temperaturerhöhung begünstigt die endotherme **Rückreaktion**, da in diese Richtung Energie abgeführt wird.



mit $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3}$ und $\Delta H^0 = -46 \text{ kJ/Mol}$

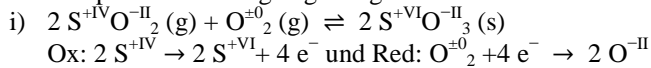
Druckerhöhung begünstigt die **Hinreaktion**, da das Produkt mit 2 gasförmigen Molekülen weniger Volumen beansprucht als die Edukte mit 4 gasförmigen Molekülen.
 Temperaturerhöhung begünstigt die endotherme **Rückreaktion**, da in diese Richtung Energie abgeführt wird.



Keine Redoxreaktion, da die OZ sich nicht ändern!

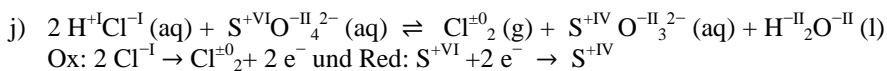
mit $K = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$ und $\Delta H^0 = 11 \text{ kJ/Mol} - 2 \cdot 33 \text{ kJ/Mol} = 55 \text{ kJ/Mol}$

Druckerhöhung begünstigt die **Hinreaktion**, da das Produkt mit 1 gasförmigem Molekül weniger Volumen beansprucht als das Edukt mit 2 gasförmigen Molekülen.
 Temperaturerhöhung begünstigt die endotherme **Hinreaktion**, da in diese Richtung Energie abgeführt wird



mit $K = \frac{[SO_3]^2}{[O_2] \cdot [SO_2]^2}$ und $\Delta H^0 = -455 \text{ kJ/Mol} - (-297 \text{ kJ/Mol}) = -158 \text{ kJ/Mol}$

Druckerhöhung begünstigt die **Hinreaktion**, da das Produkt mit 2 gasförmigen Molekülen weniger Volumen beansprucht als die Edukte mit 3 gasförmigen Molekülen.
 Temperaturerhöhung begünstigt die endotherme **Rückreaktion**, da in diese Richtung Energie abgeführt wird .



mit $K = \frac{[Cl_2] \cdot [SO_3^{2-}] \cdot [H_2O]}{[HCl] \cdot [SO_4^{2-}]}$ und $\Delta H^0 = [0 + (-636) + (-286)] \text{ kJ/Mol} - [-2 \cdot 167 + (-909)] \text{ kJ/Mol} = +321 \text{ kJ/Mol}$

Druckerhöhung begünstigt die **Rückreaktion**, da das Produkt mit 1 gasförmigem Molekül weniger Volumen beansprucht als die Edukte, welche alle gelöst vorliegen. Die Reaktionspartner in der flüssigen Phase reagieren nicht auf Druckänderungen, wohl aber auf entsprechende **Konzentrationsänderungen** in der Lösung!
 Temperaturerhöhung begünstigt die endotherme **Hinreaktion**, da in diese Richtung Energie abgeführt wird