

Lernzettel

Gleichgewicht und Kinetik:
Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtskonstante,
Reaktionskinetik

Universität: Technische Universität Berlin
Kurs/Modul: Einführung in die Allgemeine und Anorganische Chemie
Erstellungsdatum: September 20, 2025



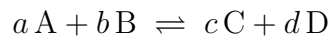
Zielorientierte Lerninhalte, kostenlos!
Entdecke zugeschnittene Materialien für deine Kurse:

<https://study.AllWeCanLearn.com>

Einführung in die Allgemeine und Anorganische Chemie

Lernzettel: Gleichgewicht und Kinetik – Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtskonstante, Reaktionskinetik

(1) Massenwirkungsgesetz (MWG). Für eine allgemeine Reaktion



gilt das Massenwirkungsgesetz (MWG) in einer Schätzung der Gleichgewichtslage:

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b},$$

wobei die Klammern die Konzentrationen in mol L^{-1} bezeichnen. Δn ist die Differenz der stöchiometrischen Koeffizienten der Gasphasen:

$$\Delta n = (c + d) - (a + b).$$

Für Gasreaktionen gilt außerdem die Beziehung zur Druck- bzw. Partialdruck-basierten Größe

$$K_p = \frac{P_C^c P_D^d}{P_A^a P_B^b}.$$

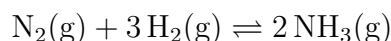
Die Verbindung zwischen K_p und K_c lautet

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n},$$

wobei R die ideale Gaskonstante ist (bei üblicher Standardisierung 1 bar bzw. 1 atm). T ist die Temperatur in Kelvin.

Hinweis zu Standards und Einheiten. In der Praxis kann K_c je nach Standardzustand (1 mol L^{-1}) dimensionale Einheiten haben. Oft wird die Größe als dimensionslos angegeben, sofern man die Standardzustände entsprechend festlegt.

Beispiel: Haber-Bosch-Reaktion.



$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] [\text{H}_2]^3}, \quad \Delta n = (2) - (1 + 3) = -2.$$

Daraus folgt

$$K_p = K_c (RT)^{-2}.$$

(2) Gleichgewichtskonstante und Temperaturabhängigkeit. Die Gleichgewichtskonstante hängt von der Temperatur ab. Ein wichtiger Zusammenhang ist das van't-Hoff-Gesetz:

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2},$$

mit ΔH° der Reaktions-Standardenthalpie. Aus dem integrierten Ausdruck ergibt sich z. B.

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right).$$

Interpretation der Größe K . - Ist $K_c \gg 1$, liegt das Gleichgewicht auf der Produktseite vor.
- Ist $K_c \ll 1$, liegt das Gleichgewicht auf der Eduktseite. - Die Temperaturänderung verschiebt das Gleichgewicht je nach Vorzeichen von ΔH° (Le Chatelier).

(3) Reaktionskinetik. Die Reaktionskinetik beschreibt, wie schnell Reaktionen ablaufen und wie sich Konzentrationen mit der Zeit ändern.

Geschwindigkeitsgesetze. Für eine allgemeine Reaktion $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ gilt das Geschwindigkeitsgesetz (für eine mögliche, experimentell bestimmte Ordnung):

$$\text{Rate} = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{c} \frac{d[C]}{dt} = \frac{1}{d} \frac{d[D]}{dt} = k [A]^m [B]^n \quad (\text{allgemeine Form}).$$

Hierbei sind m, n die Reaktionsordnungen bezüglich A bzw. B, und k ist die Geschwindigkeitskonstante.

Forward- und Reverse-Geschwindigkeiten.

$$\text{Forward: } r_f = k_f [A]^a [B]^b, \quad \text{Reverse: } r_r = k_r [C]^c [D]^d.$$

Am Gleichgewicht gilt

$$r_f = r_r \implies K_c = \frac{k_f}{k_r} \quad (\text{für eine elementare Schritt-Reaktion}).$$

Daraus folgt die übliche Gleichung

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}.$$

Arrheitsche Zerlegung der Geschwindigkeit. Die Temperaturabhängigkeit der Geschwindigkeitskonstante wird oft beschrieben durch die Arrhenius-Gleichung:

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}},$$

wobei A der präexponentielle Faktor und E_a die Aktivierungsenergie ist.

Integrale Geschwindigkeitsgesetze (oft geeichte Übungsformen). Für einfache Reaktionen mit einem Reaktanten A gilt:

$$\begin{aligned} 0. \text{ Ordnung (n = 0): } & [A] = [A]_0 - kt, \\ 1. \text{ Ordnung (n = 1): } & [A] = [A]_0 e^{-kt}, \\ 2. \text{ Ordnung (n = 2): } & \frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt. \end{aligned}$$

Bei mehreren Reaktanden kann eine Pseudo-Ordnung verwendet werden, sofern eine Komponente im Überschuss vorhanden ist.

Beispielhafte Anwendung. Wenn in einer Reaktion der beobachtete Anfangsraten einer ersten Ordnung gegenüber A entsprechen, dann fällt die Halbwertszeit $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$ an.

Zusammenfassung. - MWG liefert das Verhältnis der Gleichgewichtskonzentrationen. - K_p und K_c sind Temperaturabhängig und über Δn miteinander verknüpft. - Die Reaktionskinetik beschreibt Rate, Ordnung, und Zeitverläufe, verknüpft über k_f , k_r bzw. k und Temperatur.