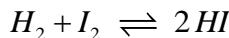


Das Massenwirkungsgesetz

Hinführung am Beispiel des chemischen Gleichgewichts zwischen Iod, Wasserstoff und Iodwasserstoff

Im Folgenden geht es um die umkehrbare Reaktion



anhand derer der Chemiker Max Bodenstein die Grundlagen der chemischen Reaktionskinetik entwickelte.



Max Bodenstein (1871-1942)

Begründer der chem. Kinetik

Vorbemerkung

Im Modellexperiment haben Sie gesehen, wie eine umkehrbare Reaktion $A \rightleftharpoons B$ auf das Phänomen des chemischen Gleichgewichts zurückgeführt werden kann. Bei dieser Reaktion laufen sowohl die Hin- als auch die Rückreaktion gleichzeitig ab.

Nach einer bestimmten Zeit stellt sich ein Gleichgewicht ein: Dann ist die Geschwindigkeit der Hinreaktion gleich der Geschwindigkeit der Rückreaktion. Die Konzentrationen der beteiligten Stoffe verändern sich nicht mehr.

Ein solches Gleichgewicht lässt sich durch eine einfache Gleichung beschreiben. Auf der einen Seite dieser Gleichung steht nur eine Konstante (die Gleichgewichtskonstante), auf der andern Seite stehen nur Konzentrationen.

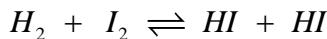
Im Falle der Reaktion $A \rightleftharpoons B$ konnten die Verhältnisse besonders einfach beschrieben werden, da die Reaktionsgeschwindigkeit z.B. für die Hin-Reaktion nur von der Konzentration eines Stoffes abhängt.

Für die Hinreaktion unseres Modellversuches gilt z.B.: $v_{\text{hin}} = k_{\text{hin}} \cdot c(A)$

Für die Rückreaktion unseres Modellversuches gilt z.B.: $v_{\text{rück}} = k_{\text{rück}} \cdot c(B)$

Beispiel Iodwasserstoff

Die Bildung von Iodwasserstoff aus Iod und Wasserstoff ist eine typische umkehrbare Reaktion. Die Reaktionsgleichung lautet:



Die Geschwindigkeit der Hinreaktion

$$v_{\text{hin}} = k_{\text{hin}} \cdot c(H_2) \cdot c(I_2)$$

Geschwindigkeit der Rückreaktion

$$v_{\text{rück}} = k_{\text{rück}} \cdot c(HI) \cdot c(HI) = k_{\text{rück}} \cdot c^2(HI)$$

Wenn sich ein Gleichgewicht eingestellt hat, ist die Geschwindigkeit der Hinreaktion gleich groß wie die Geschwindigkeit der Rückreaktion:

$$v_{\text{hin}} = v_{\text{rück}}$$

$$k_{\text{hin}} \cdot c(H_2) \cdot c(I_2) = k_{\text{rück}} \cdot c(HI) \cdot c(HI)$$

Umformen ergibt

$$\frac{k_{\text{hin}}}{k_{\text{rück}}} = \frac{c(HI) \cdot c(HI)}{c(H_2) \cdot c(I_2)} = \frac{c^2(HI)}{c(H_2) \cdot c(I_2)}$$

Sowohl für die Hin- als auch für die Rückreaktion sind die Geschwindigkeitskonstanten k_{hin} und $k_{\text{rück}}$ bei gegebener Temperatur und Druck echte Konstanten.

Dann ist aber auch das Verhältnis $k_{\text{hin}}/k_{\text{rück}}$ für gegebene Temperatur und Druck eine echte Konstante:

$$\frac{k_{\text{hin}}}{k_{\text{rück}}} = K = \frac{c^2(HI)}{c(H_2) \cdot c(I_2)}$$

Gleichgewichtskonstante K nach dem Massenwirkungsgesetz