

Das Massenwirkungsgesetz

Das Massenwirkungsgesetz findet für Reaktionen Anwendung, die nicht vollständig ablaufen, d.h. für solche bei denen sich nach einer bestimmten Zeit ein konstantes Massenverhältnis zwischen Ausgangs und Endstoffen bildet. Es liegt dann ein **chemisches, dynamisches Gleichgewicht** vor.

Die Geschwindigkeit der Hinreaktion, also die Bildung der Produkte ist genau so schnell wie die Rückreaktion, also der Zerfall der Endstoffe in die Ausgangsstoffe.

Das bedeutet aber nicht, dass die Konzentration der Endstoffe der der Ausgangsstoffe entsprechen muss, sondern nur, dass die Reaktion zum Stillstand gekommen ist.

Beispiel: $\text{N}_2\text{O}_4 \leftrightarrow 2 \text{NO}_2$ $\Delta H < 0$

$$v_{\text{Hinreaktion}} = k_1 * c^2(\text{NO}_2)$$

$$v_{\text{Rückreaktion}} = k_2 * c(\text{N}_2\text{O}_4)$$

Die Geschwindigkeitsfaktoren k_1 und k_2 sind Proportionalitätsfaktoren, die sich auf erfolgreiche Zusammenstöße der Teilchen beziehen.

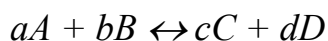
Ist $v_1 = v_2$, so hat sich das chemische Gleichgewicht eingestellt. Es gilt dann: $k_1 * c^2(\text{NO}_2) = k_2 * c(\text{N}_2\text{O}_4)$

$$K_c = \frac{k_1}{k_2} = \frac{c(\text{N}_2\text{O}_4)}{c^2(\text{NO}_2)}$$

K_c = Gleichgewichtskonstante

Die Gleichgewichtskonstante K_c ist der Quotient aus dem Produkt der Konzentrationen der Endstoffe und dem Produkt der Konzentrationen der Ausgangsstoffe. Bei konstanten Konzentrationen der Ausgangsstoffe ist sie von der Temperatur, und bei Teilnahme von Gasen Druck abhängig. Damit die verschiedenen Gleichgewichtskonstanten vergleichbar sind, werden die Gleichgewichtsreaktionen in der Regel so formuliert, dass die Hinreaktion exotherm ist.

Allgemein gilt für eine Reaktion



$$K_c = \frac{c^c(C) * c^d(D)}{c^a(A) * c^b(B)}$$

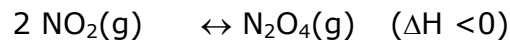
$K_c \gg 1$: Die Reaktion verläuft nahezu vollständig in Richtung **Produkte**.

$K_c \approx 1$: **Alle** Reaktionsteilnehmer liegen in **ähnlichen** Konzentrationen vor.

$K_c \ll 1$: Es liegen fast nur die Ausgangsstoffe vor.

Beispiel:

In welchen Konzentrationen liegen Stickstoffdioxid und Distickstofftetraoxid im Gleichgewicht vor, wenn man $0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ Distickstofftetraoxid einsetzt und $K_c = 24,7 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{l}^{-1}$ beträgt?



	2 NO ₂	N ₂ O ₄
Start	0 mol/l	0,1 mol/l
GGW	2x	0,1 - x

$$K_c = \frac{c(\text{N}_2\text{O}_4)}{c^2(\text{NO}_2)} \Rightarrow 24,7 = \frac{0,1 - x}{(2x)^2} \Rightarrow 98,8x^2 = 0,1 - x \Rightarrow 98,8x^2 + x - 0,1 = 0$$

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{1 - 4 \cdot 98,8 \cdot (-0,1)}}{2 \cdot 98,8} = \frac{-1 \pm \sqrt{40,52}}{197,6} = \frac{-1 \pm 6,4}{197,6}$$

$$x_1 \approx 0,03$$

$$x_2 \approx -0,04 \quad x_2 \text{ kann nicht zutreffen!}$$

GGW	$2 \cdot 0,03 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$	$0,1 - 0,03 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$
Ergebnis:	$0,06 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$	$0,07 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$

Heterogene Gleichgewichte:

Man spricht von heterogenen Gleichgewichte, wenn Substanzen, die in verschiedenen Phasen vorliegen, miteinander im Gleichgewicht befinden. Die Konzentration in einem reinen Feststoff (s) oder einer reinen Flüssigkeit (l) ist konstant, wenn Druck und Temperatur konstant sind. Deshalb wird die Konzentration eines Feststoffes oder einer Flüssigkeit in die Konstante K_c einbezogen. Und nicht im **MWG** aufgeführt!

Beispiele:

