

Massenwirkungsgesetz

Es gibt viele chemische Reaktionen, wo sich ein **chemisches Gleichgewicht** einstellt. Die Ausgangsstoffe wandeln sich nicht komplett in das Endprodukt um, egal, wie lange man wartet.

Quelle: Der Chemielaborant Teil 1

Schroedel/Gehlen 1975 Schroedel Schulbuchverlag GmbH Hannover
ISBN 3-441-91053-2

$A+B \leftrightarrow AB$ hier soll $\leftrightarrow$ einen Doppelpfeil darstellen, für eine Hin- und Rückreaktion

Hinreaktion $A+B \rightarrow AB$ Stoffe A und B bilden das Produkt AB

Rückreaktion $A+B \leftarrow AB$ Produkt AB zerfällt in die Ausgangsstoffe A und B

Das **Massenwirkungsgesetz** (MWG) lautet bei dieser einfachen Reaktion

$K_c = \frac{c(AB)}{c(A) \cdot c(B)}$ mit $K_c = \text{Gleichgewichtskonstante}$ Das c steht für Konzentration

$c(AB) = \text{Konzentration Stoff AB}$

$c(A) = \quad \quad \quad \text{„} \quad \quad \quad \text{„} \quad A$

$c(B) = \quad \quad \quad \text{„} \quad \quad \quad \text{„} \quad B$

Allgemein: $a \cdot A + b \cdot B + c \cdot C + \dots \leftrightarrow m \cdot M + n \cdot N + o \cdot O + \dots$

$K_c = \frac{M^m \cdot N^n \cdot O^o \cdot \dots}{A^a \cdot B^b \cdot C^c \cdot \dots}$

a, b, c, ... sind die Koeffizienten (mol-Zahl, Teilchenzahl)

A, B, C ... sind die Reaktionspartner (Ausgangsstoffe und/oder Endprodukte)

Sind sämtliche Reaktionspartner Gase, so ergibt sich

$K_p = \frac{p^c(C) \cdot p^d(D)}{p^a(A) \cdot p^b(B)}$ aus $a \cdot A + b \cdot B \leftrightarrow c \cdot C + d \cdot D$

p steht für Partialdruck (Teildruck des Gases)

$p^a(A) = \text{Partialdruck Gas A}$

$p^b(B) = \quad \quad \quad \text{„} \quad \quad \quad \text{Gas B}$

$p^c(C) = \quad \quad \quad \text{„} \quad \quad \quad \text{Gas C}$

$p^d(D) = \quad \quad \quad \text{„} \quad \quad \quad \text{Gas D}$

Herleitung

$A+B \leftrightarrow C+D$ Die Ausgangsstoffe A und B reagieren zu den Stoffen C und D

Im Gleichgewichtszustand (chemisches Gleichgewicht) sind die Reaktionsgeschwindigkeiten vom Betrag her gleich groß und es gilt $|\mathbf{R}_{G_H}| = |\mathbf{R}_{G_R}|$

Geschwindigkeitsgleichung Hinreaktion $R_{G_H} = k_1 \cdot c(A) \cdot c(B)$

„ Rückreaktion $R_{G_R} = k_2 \cdot c(C) \cdot c(D)$

gleichgesetzt $k_1 \cdot c(A) \cdot c(B) = k_2 \cdot c(C) \cdot c(D)$ ergibt $k_1/k_2 = c(A) \cdot c(B) / (c(C) \cdot c(D))$

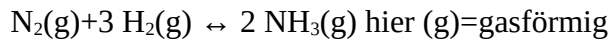
$k_1/k_2 = \text{konstant} = K_c$

$$K_c = \frac{c(C) \cdot c(D)}{c(A) \cdot c(B)} \quad \text{für } A + B \leftrightarrow C + D$$

$$K_c = \frac{c^c(C) \cdot c^d(D)}{c^a(A) \cdot c^b(B)} \quad \text{für } a \cdot A + b \cdot B \leftrightarrow c \cdot C + d \cdot D$$

Beispiel

Für die Ammoniaksynthese (Herstellung) aus den Elementen bei der Temperatur $T = 773^\circ \text{ K}$ ($500^\circ \text{ Celsius}$) und einem Druck von $p = 1 \text{ bar}$ ergibt sich:



$$K_c = \frac{c^2(\text{NH}_3)}{c(\text{N}_2) \cdot c^3(\text{H}_2)} = \mathbf{6,04 \cdot 10^{-2} \text{ l}^2/\text{mol}^2}$$

Dies ist ein kleiner Wert und so sieht man, daß das chemische Gleichgewicht weit **links** auf der Seite der Ausgangsstoffe liegt.

Das bedeutet, daß bei diesen Bedingungen nur wenig Ammoniak gebildet wird.

Ein hoher K_c -Wert bedeutet, daß das chemische Gleichgewicht weit **rechts** auf der Seite des Endprodukts liegt.

Erklärung: Wir haben hier einen Bruch vorliegen, der Form $c = a/b$. Ist nun a viel kleiner als b , so wird auch c sehr klein.

$$c = 6,04 \cdot 10^{-2} = a/3 \quad \text{ergibt } a = 6,04 \cdot 10^{-2} \cdot 3 = 0,1812 \quad \text{ergibt } a \cdot x = 3 \quad \text{ergibt } x = 3/0,1812 = \mathbf{16,55 \text{ fache}}$$