

Vorlesung Allgemeine Chemie

Teil Physikalische Chemie

WS 2009/10

Dr. Lars Birlenbach

Physikalische Chemie, Universität Siegen

Raum AR-F0102

Tel.: 0271 740 2817

eMail: birlenbach@chemie.uni-siegen.de

Vorlesung Allgemeine Chemie

Teil Physikalische Chemie

- Webseite zu Vorlesung und Übung:
<http://www.uni-siegen.de/fb8/pc/lehre/allcvu/>
(Dort finden Sie die Folien zur Vorlesung
und die Übungsaufgaben als pdf-Dateien)
- Literatur:
 - Bücher:
 - Mortimer, Müller: Chemie, 9. Auflage, Thieme Verlag
 - Brown, LeMay, Bursten: Chemie, Pearson Verlag
 - elektronische Ressourcen:
 - <http://obelix.ub.uni-siegen.de/> → Suchergebnis

Vorlesung Allgemeine Chemie

Teil Physikalische Chemie

Inhaltsübersicht heutige Vorlesung

- Formelschreibweise in der Chemie
- Einführung einiger Größen
- Reaktionsgleichungen
- Reaktionsgeschwindigkeit
- dynamisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz

Einführung einiger Größen

- Stoffmenge ***n***: Anzahl der Teilchen, Einheit Mol
$$1 \text{ Mol} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen}$$
 - Def.: In einem Mol sind so viele Teilchen enthalten wie in 12 g des Kohlenstoffisotops $^{12}_6\text{C}$
- Molare Masse ***M***: Masse von einem Mol Teilchen, Einheit g/mol
- Stoffmengenkonzentration ***c***: Teilchen pro Volumen, Einheit mol/L

Chemische Schreibweise I

- Elemente (Atome) werden durch Symbole dargestellt
 - Wasserstoff: H
 - Sauerstoff: O
 - Kohlenstoff: C
- Verbindungen (Moleküle oder Salze) werden durch Kombinationen davon dargestellt
 - Wasser: H₂O
 - Glucose (Zucker): C₆H₁₂O₆
 - Kochsalz: NaCl

Chemische Schreibweise II

- Indizes geben die Anzahl der Atome pro Molekül an
 - H_2O : 2 Atome Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff ergeben 1 Wassermolekül
 - der Index 1 wird weggelassen: nicht H_2O_1
- es gilt das Gesetz der multiplen Proportionen
 - es gibt keine halben Atome!
 - die Indizes der Atome in Molekülen sind kleine natürliche Zahlen
 - bei Salzen nimmt man die kleinste vollständige Notation
 - CaCl_2 , nicht Ca_2Cl_4

Reaktionsgleichungen

- Reaktionen verändern Moleküle
 - Wasserstoff und Sauerstoff reagieren zu Wasser
 - $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
 - Wasserstoff und Sauerstoff liegen als Elemente molekular vor, daher schreibt man nicht $2 \text{H} + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$!
 - Nomenklatur
 - die Moleküle links vom Pfeil heißen Edukte
 - die Moleküle rechts vom Pfeil heißen Produkte
 - die Zahlen vor den Molekülen heißen stöchiometrische Koeffizienten
 - Reaktionen können in beide Richtungen ablaufen
 - auch $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ ist möglich

Reaktionsgeschwindigkeit

- Animation: Stoßreaktionen
- Je höher die Eduktkonzentration, desto schneller entsteht Produkt

$$v_h \propto c(\text{AB}) \text{ und: } v_h \propto c(\text{C})$$

$$v_h \propto c(\text{AB}) \cdot c(\text{C})$$

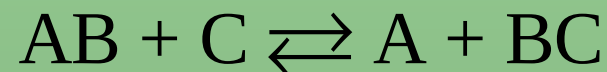
- Reaktionen können in beide Richtungen ablaufen

$$v_r \propto c(\text{A}) \text{ und: } v_r \propto c(\text{BC})$$

$$v_r \propto c(\text{A}) \cdot c(\text{BC})$$

Hin- und Rückreaktion

- Oft sind beide Reaktionsrichtungen möglich:
Gleichgewichtsreaktion
- Unabhängig von der Zusammensetzung vor der Reaktion stellt sich der gleiche Endzustand ein, wenn die Reaktionsbedingungen identisch sind
- Hin- und Rückreaktion werden in einer Reaktionsgleichung zusammengefasst



Reaktionsgeschwindigkeit

- Proportionalität reicht nicht für genaue Rechnungen, daher wird eine Konstante eingeführt:

$$v_h = k_h \cdot c(\text{AB}) \cdot c(\text{C})$$

- Bei $2\text{A} \rightarrow \text{B}$

$$v_h = k_h \cdot c(\text{A}) \cdot c(\text{A}) = k_h \cdot c(\text{A})^2$$

- stöchiometrische Koeffizienten tauchen als Exponenten im Geschwindigkeitsausdruck auf

dynamisches Gleichgewicht

- Wohin läuft eine Reaktion?
 - Zusammensetzung ändert sich nicht mehr, wenn Hin- und Rückreaktion gleich schnell ablaufen

$$v_h = k_h \cdot c(\text{AB}) \cdot c(\text{C})$$

$$v_r = k_r \cdot c(\text{BC}) \cdot c(\text{A})$$

- also:

$$v_h = v_r$$

$$k_h \cdot c(\text{AB}) \cdot c(\text{C}) = k_r \cdot c(\text{BC}) \cdot c(\text{A})$$

$$\frac{k_h}{k_r} = \frac{c(\text{BC}) \cdot c(\text{A})}{c(\text{AB}) \cdot c(\text{C})}$$

Massenwirkungsgesetz (MWG)

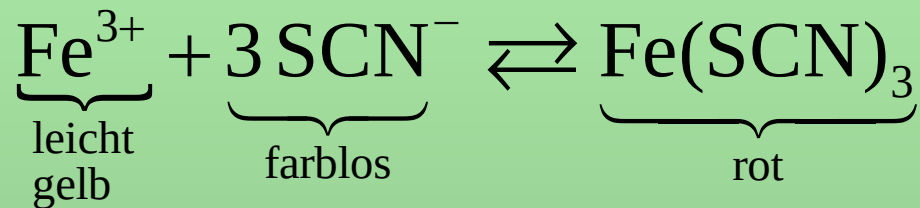
- Die Konstanten k_h und k_r lassen sich zu einer Konstante zusammenfassen

$$\frac{k_h}{k_r} = K_c = \frac{c(\text{BC}) \cdot c(\text{A})}{c(\text{AB}) \cdot c(\text{C})}$$

- das ist das Massenwirkungsgesetz
- stöchiometrische Koeffizienten tauchen als Exponenten im MWG auf
- der Index c am K weist darauf hin, dass es hier um Konzentrationen geht

Experiment: Eisenthiocyanat

- Eisen(III)-Ionen (Fe^{3+}) und Thiocyanationen (SCN^-) bilden eine rote Verbindung



$$K_c = \frac{c(\text{Fe}(\text{SCN})_3)}{c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c^3(\text{SCN}^-)}$$

- jedes Eisenion braucht 3 Thiocyanationen
- im MWG steht die Konzentration von SCN^- zur 3. Potenz
- Änderung der Konzentration der Thiocyanationen hat stärkere Auswirkungen als Änderung der Konzentration der Eisenionen

das MWG gilt nicht nur für Reaktionen in wässriger Lösung!

Prinzip des kleinsten Zwanges

- auch: Prinzip von Le Chatelier und Braun
- ein System (eine Reaktion) weicht einem äußeren Zwang aus, weil K gleich bleiben muss
- Welche „Zwänge“ gibt es?
 - Konzentration: Die Änderung der Konzentration einer Komponente führt zur Reaktion in die Richtung, in der diese Komponente reagiert.
 - Druck: Wenn sich bei einer Reaktion das Volumen ändert, führt eine Druckerhöhung zu einer Verschiebung in die Richtung, in der das Volumen abnimmt.
 - Energie: Wenn bei einer Reaktion Energie frei wird, führt eine Temperaturerhöhung zu einer Verschiebung in die Richtung, in der Energie aufgenommen wird.

Einige komplexere Größen

- Stoffmengenanteil x : x_a ist die Stoffmenge der Komponente a , geteilt durch die Summe aller Stoffmengen einer Mischung, x ist einheitenfrei
 - Partialdruck p_a : Druck, der von der Komponente a einer Gasmischung mit einem Gesamtdruck p ausgeübt wird, Einheit Pa (N/m²)
- (Der Gasdruck ist die Kraft, die pro Fläche von den Gasteilchen auf Gegenstände ausgeübt wird)

$$x_a = \frac{n_a}{n_{\text{gesamt}}} \quad \underbrace{\left(= \frac{n_a}{\sum_{i=1}^j n_i} \right)}_{\text{exakte Formulierung}}$$

$$p_a = x_a \cdot p$$

Animation:
[Gas im Kasten](#)

Gleichgewichtsreaktionen in der Gasphase

- Reaktion: $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3$
- MWG dazu:
$$K_p = \frac{p_{\text{SO}_3}^2}{p_{\text{SO}_2}^2 \cdot p_{\text{O}_2}}$$
- was kann man erkennen?
 - aus 3 Molekülen auf der linken Seite entstehen 2 Moleküle auf der rechten Seite
 - der Druck sinkt, je weiter die Reaktion abläuft (Druck ist proportional zur Anzahl der Gasmoleküle)
 - bei steigendem Druck wächst der Nenner schneller als der Zähler

