



Wiederholung der letzten Vorlesungsstunde:

Ionenbindung, Coulomb-Gesetz, Ionen- (Kristall-)strukturen, NaCl, CsCl, ZnS, Elementarzelle, 7 Kristallsysteme

Themen heute: Reaktionsgleichungen, chemische Gleichgewichte



Einige wichtige Begriffe in der Chemie und deren Definition

Mol

Ein Mol ist die Stoffmenge, die genauso viele Teilchen (Atome, Moleküle etc.) enthält, die in 12 g des Kohlenstoffisotops ^{12}C enthalten sind. Das sind **$6,02214 \cdot 10^{23}$** Teilchen (**Avogadro-Zahl**).

Oxidationszahl (elektrochemische Wertigkeit)

Bezeichnet die Ladung eines Atoms im Molekül unter der Annahme, daß das Molekül nur aus Ionen aufgebaut ist.

1. Elemente haben die Oxidationszahl Null.
2. Die Oxidationszahl einatomiger Ionen entspricht ihrer Ladung. Fluor hat als elektronegativstes Element in seinen Verb. die Oxidationszahl -1 . Metalle besitzen meist positive Oxidationszahlen.



3. Wasserstoff hat in seinen Verb. die Oxidationszahl +I oder –I
4. Sauerstoff hat in seinen Verbindungen meistens die Oxidationszahl –II. In Peroxoverbindungen – I.
5. Die maximale (positive) Oxidationszahl aller Elemente entspricht ihrer Stellung im PSE, d.h. ihrer Gruppen-Nr. bzw. ihrer Elektronenkonfiguration. Mögliche Werte: + I bis + VIII.
6. Die minimale (negative) Oxidationszahl aller Elemente entspricht ebenfalls ihrer Stellung im PSE, d.h. ihrer Elektronenkonfiguration oder der Zahl der zu eine „Achterschale“ fehlenden Elektronen. Mögliche Werte: – IV bis – I.



Verbindung	Lewisformel	fiktive Ionen	Oxidationszahlen
HCl	$\text{H}-\overset{\ominus}{\text{Cl}}$	H^+, Cl^-	+1 -1 H Cl
H ₂ O	$\text{H}-\overset{\ominus}{\text{O}}-\text{H}$	$2 \text{H}^+, \text{O}^{2-}$	+1 -2 H ₂ O
H ₂ O ₂	$\text{H}-\overset{\ominus}{\text{O}}-\overset{\ominus}{\text{O}}-\text{H}$	$2 \text{H}^+, 2 \text{O}^-$	+1 -1 H ₂ O ₂
SF ₆	$\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\ \quad \\ \text{F}-\text{S}-\text{F} \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array}$	$\text{S}^{6+}, 6 \text{F}^-$	+6 -1 S F ₆
HNO ₃	$\text{H}-\overset{\ominus}{\text{O}}-\overset{\oplus}{\text{N}} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{O}^- \end{array}$	$\text{H}^+, \text{N}^{5+}, 3 \text{O}^{2-}$	+1 +5 -2 H N O ₃
K ₂ SO ₄	$\overset{\oplus}{\text{K}} \begin{array}{c} \ominus \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{O}=\text{S}=\text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \ominus \end{array} \overset{\oplus}{\text{K}}$	$2 \text{K}^+, \text{S}^{6+}, 4 \text{O}^{2-}$	+1 +6 -2 K ₂ S O ₄



Reaktion(en)

Stoff

Struktur

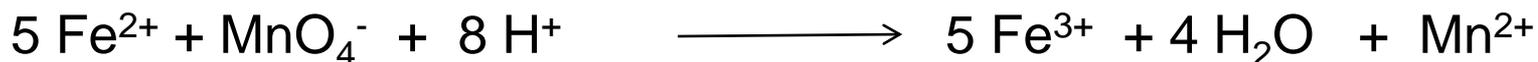
Eigenschaften



Chemische (Reaktions-)Gleichungen

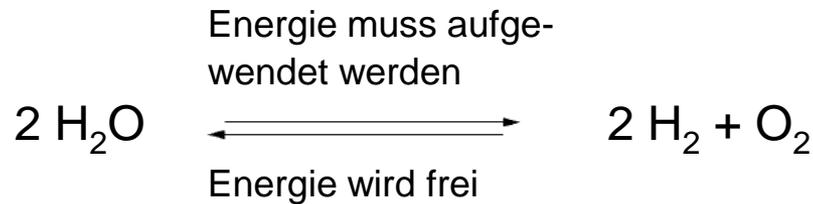


Die Anzahl der Atome links des Reaktionspfeils muss gleich der Anzahl rechts des Reaktionspfeils sein!

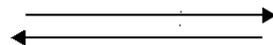




Chemische Reaktion - Das chemische Gleichgewicht

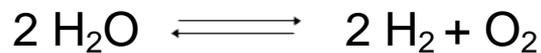


Die Synthese von Wasser aus den Elementen und die Zerlegung von Wasser in die Elemente gehören zu einer Reaktion, die in zwei Richtungen ablaufen kann. Dies gilt prinzipiell für alle chemischen Reaktionen. Durch geeignete Wahl der äußeren Bedingungen kann jede Reaktion in der Richtung ihres Ablaufs beeinflusst werden, man spricht vom **chemischen Gleichgewicht**, symbolisiert durch den Gleichgewichtspfeil

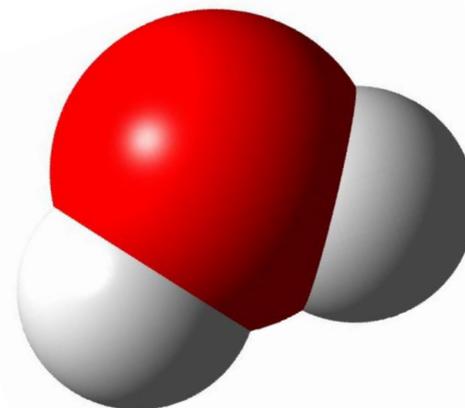




Wasser steht bei Temperaturen weit oberhalb der Raumtemperatur mit Knallgas im Gleichgewicht (oder anders ausgedrückt, es zerfällt bei hohen Temperaturen in die Elemente).

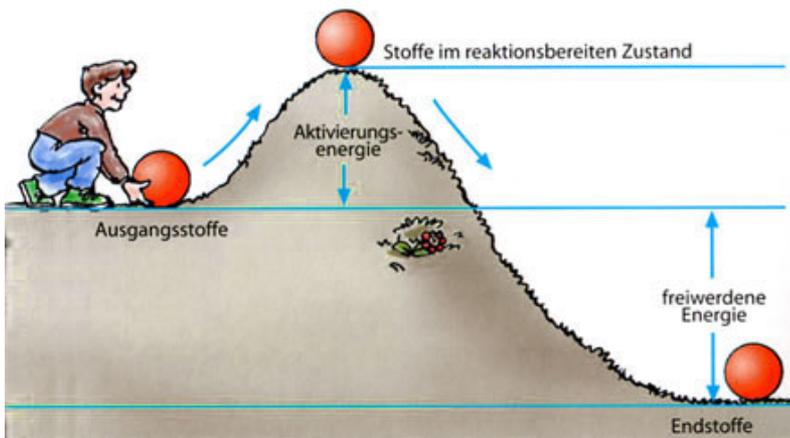
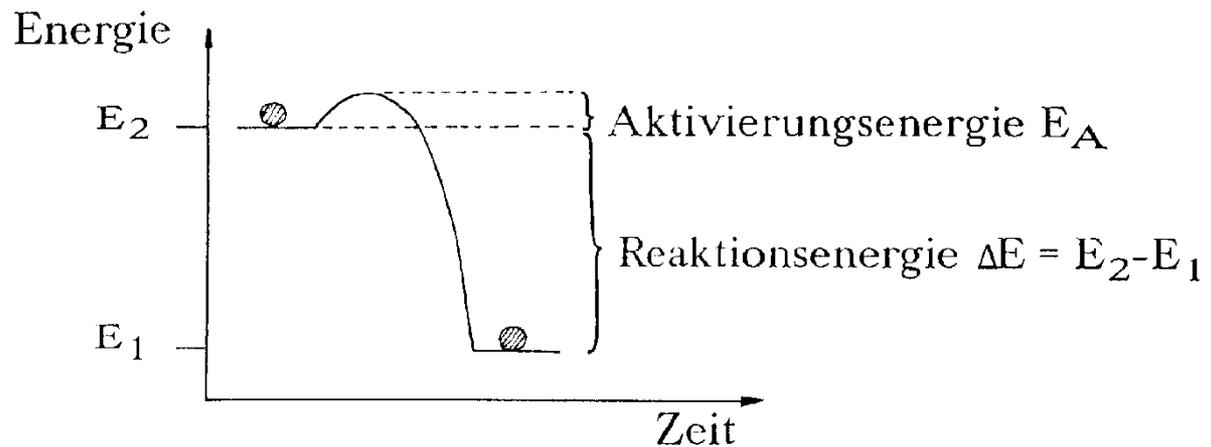


bei 1000°C sind	0,003% in $2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ zerfallen
bei 1500°C	0,5%
bei 2000°C	2%
bei 3000°C	10%
bei 5000°C	90%





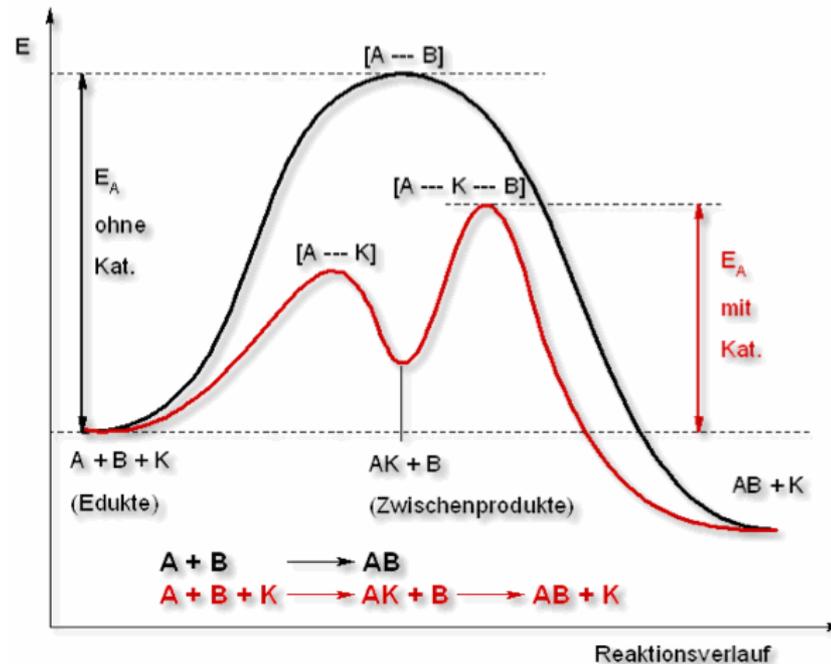
Für eine Reaktion, bei der Energie freigesetzt wird, läßt sich der Verlauf der Energieabgabe folgendermaßen graphisch darstellen:





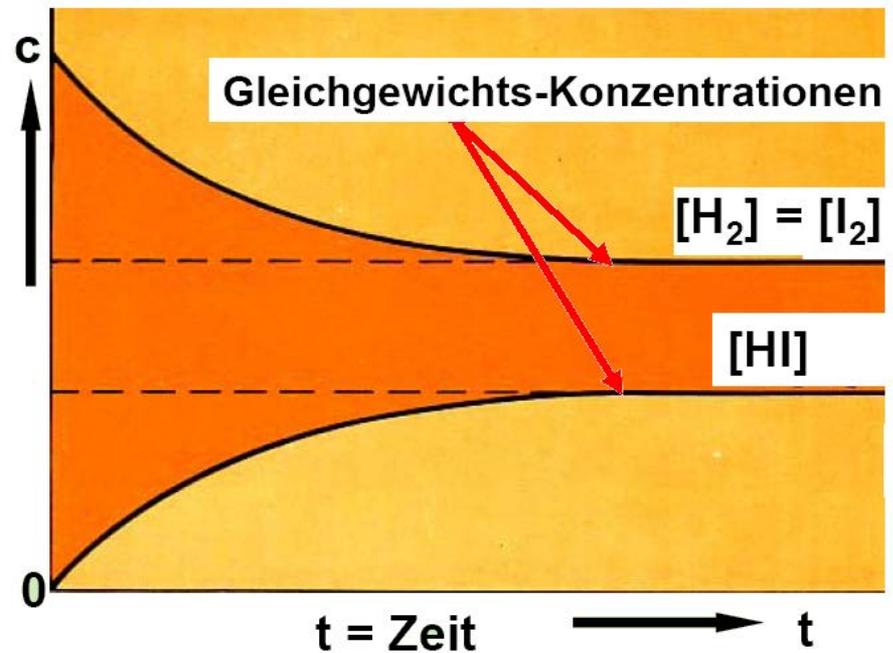
Oft muß, um die Reaktion in Gang zu setzen, **Aktivierungsenergie** aufgebracht werden.

Ein **Katalysator** ist ein Stoff, der in eine chemische Reaktion eingreift, ohne selbst verbraucht oder verändert zu werden. Eine katalysierte Reaktion verläuft auf einem anderen Weg, nach einem anderen Mechanismus als eine unkatalysierte Reaktion.



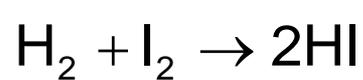


Das Massenwirkungsgesetz

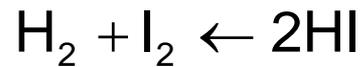




Das Massenwirkungsgesetz



$$\vec{v}_1 = \vec{k}_1 \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]$$



$$\vec{v}_2 = \vec{k}_2 \cdot [\text{HI}] \cdot [\text{HI}] = \vec{k}_2 \cdot [\text{HI}]^2$$

Gleichgewicht

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_2$$

$$\vec{k}_1 \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2] = \vec{k}_2 \cdot [\text{HI}]^2$$

$$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{\vec{k}_1}{\vec{k}_2} = K$$



Konzentrationen in mol/Liter



Massenwirkungsgesetz:

Für ein im Gleichgewicht befindliches System ist der Quotient aus dem Produkt der Konzentrationen der Endprodukte und dem der Ausgangsstoffe bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Druck eine Konstante (bezeichnet als K).

Die Lage des Gleichgewichtes (Ausbeute!!) wird durch die Gleichgewichtskonstante charakterisiert.



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



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

K sehr groß → Reaktion läuft nahezu vollständig ab

K ~ 1 → Ausgangs- und Endprodukte liegen in etwa gleichen Konzentrationen vor

K sehr klein → Reaktion läuft praktisch nicht ab

Beeinflussung der Lage eines chemischen Gleichgewichtes: **Prinzip des kleinsten Zwanges „LeChatelier“**: System versucht dem Zwang durch Verschiebung des Gleichgewichtes auszuweichen.

Beispiel: Ammoniaksynthese! (Haber-Bosch-Verfahren)

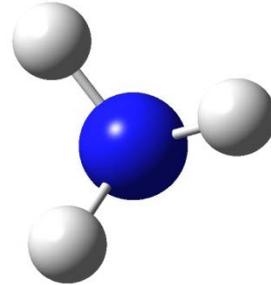




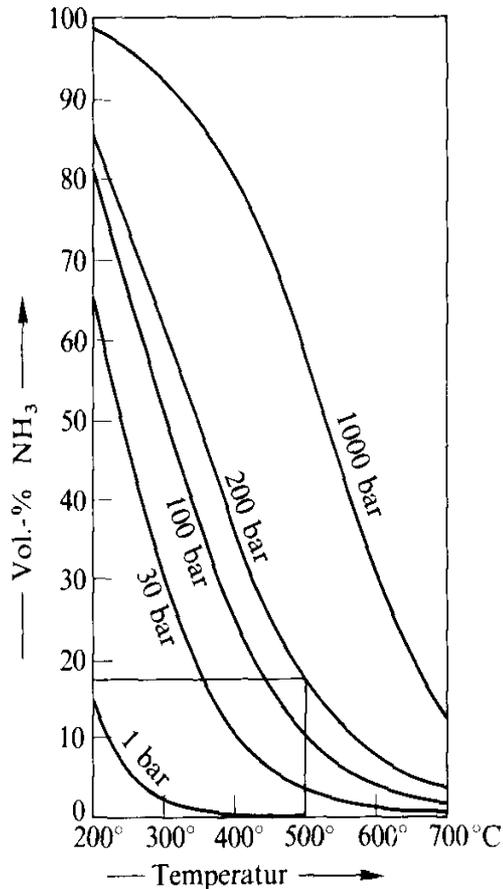
Haber-Bosch-Verfahren (erstmal 1913 bei der BASF/Ludwigshafen)



Carl Bosch



Fritz Haber



Technisch: 200 bar und 380 - 450°C

Eisen dient als Katalysator

Ausbeute: 15 % NH₃.

Rückführung der nicht umgesetzten Stoffe

Weltjahresproduktion 2007 125 Millionen to.
80% der NH₃-Produktion geht in die
Düngemittelproduktion



Die Zustandsvariablen, z.B. Druck und Temperatur, müssen genau definiert sein. Die „Massenwirkungskonstante“ K ist abhängig von Druck und Temperatur.

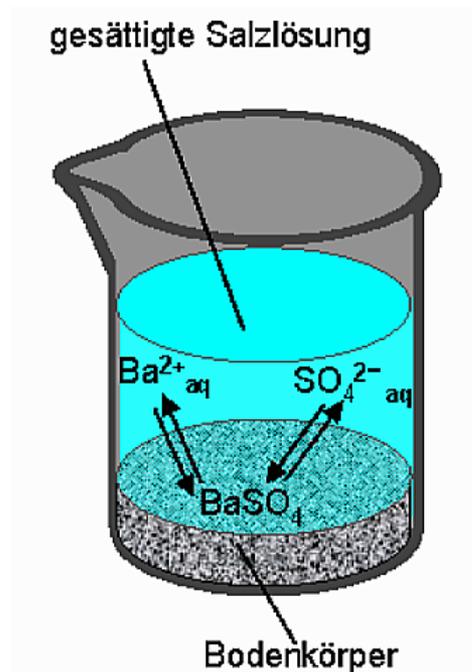
RGT-Regel: Die **Reaktions-Geschwindigkeit-Temperatur-Regel** besagt, dass eine Temperaturerhöhung von 10 °C etwa einer Verdopplung der Reaktionsgeschwindigkeit entspricht.

Mit Hilfe des Massenwirkungsgesetzes lassen sich viele (eigentlich alle) Arten chemischer quantitativ beschreiben, z.B.

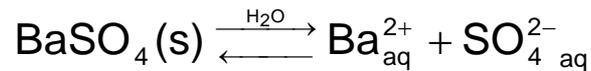
- das Ausmaß der Löslichkeit von Substanzen (**Löslichkeitsprodukt**)
- das Ausmaß der Acidität von Flüssigkeiten (**Säure-/Base-Stärken**)

Löslichkeit von Salzen - Löslichkeitsprodukt

Die Löslichkeit ist als Stoffeigenschaft durch das Löslichkeitsprodukt, abgeleitet durch das Massenwirkungsgesetz beschrieben:



Massenwirkungsgesetz für gesättigte Lösung im Gleichgewicht mit Bodenkörper:



$$\frac{[\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{BaSO}_4]} = K$$

Konzentration des Bodenkörpers $[\text{BaSO}_4]$ konstant :

$$[\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = K \cdot [\text{BaSO}_4] = L_p = 1 \cdot 10^{-10} \frac{\text{mol}^2}{\text{l}^2}$$

L_p = Löslichkeitsprodukt

bei reinem BaSO_4 :

$$[\text{Ba}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = 1 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

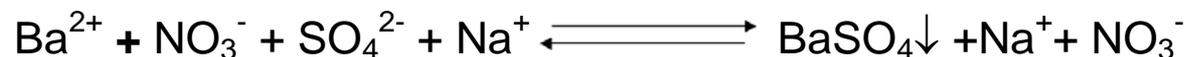


Fällungsreaktionen

Bariumnitrat und Natriumsulfat sind gut lösliche Salze



Beim Vereinigen der Lösungen fällt BaSO_4 aus, das nur ein äußerst geringes L von $1,5 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{l}^2$ besitzt:





Löslichkeitsprodukte einiger schwerlöslicher Salze:

PbCl_2	$2 \cdot 10^{-5}$
CaSO_4	$2 \cdot 10^{-5}$
PbSO_4	$1 \cdot 10^{-8}$
CaCO_3	$5 \cdot 10^{-9}$
BaCO_3	$2 \cdot 10^{-9}$
BaSO_4	$1 \cdot 10^{-9}$
AgCl	$2 \cdot 10^{-10}$
AgBr	$5 \cdot 10^{-13}$
AgI	$8 \cdot 10^{-17}$
CdS	$1 \cdot 10^{-28}$
CuS	$1 \cdot 10^{-36}$
HgS	$1 \cdot 10^{-54}$

} Nachweisreaktion für
Halogenide