

## 6) Chemisches Gleichgewicht

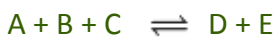
a) Was ist ein chemisches Gleichgewicht? Was ist die Gleichgewichtskonstante „K“?

Eine chemische Reaktion hat immer eine Hin- und Rückreaktion. Beide stehen ständig in einem dynamischen Gleichgewicht. Auch wenn die Konzentrationen sich scheinbar nach außen hin nicht mehr ändern laufen dennoch ständig Hin- und Rückreaktion ab. Dieses Gleichgewicht ist mit der Gleichgewichtskonstante „K“ beschreibbar. Diese Konstante (und damit auch das Gleichgewicht) ist von Druck und Temperatur abhängig. Die Konstante „K“ ist Bestandteil des Massenwirkungsgesetzes:

$$\text{MWG: } K = \frac{c(\text{C}) * c(\text{D}) \quad (\text{Pr} \text{oduk} \text{te } \text{o} \text{ben})}{c(\text{A}) * c(\text{B}) \quad (\text{Edu} \text{kte } \text{u} \text{nten})}$$

b) Formuliere das MWG für folgende Reaktionen:

$$! c(\text{A}) = [\text{A}] !$$

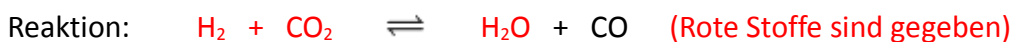


$$\text{MWG: } K = \frac{[\text{D}] * [\text{E}]}{[\text{A}] * [\text{B}] * [\text{C}]}$$



$$\text{MWG: } K = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}] * [\text{B}]^3}$$

c) In einem Gefäß (1 Liter) befinden sich 1 mol Wasserstoff und 1 mol Kohlendioxid. Bei 1073 K stellt sich ein Gleichgewicht ein, wo man 0,491 mol Wasserdampf messen kann. Erstelle die Reaktionsgleichung, das MWG und errechne die Gleichgewichtskonstante.



Vor dem Einstellen des Gleichgewichtes:

	Wasserstoff	Kohlendioxid	Wasser	Kohlenmonoxid
Konz.:	1 mol	1 mol	0 mol	0 mol

Nach dem Einstellen des Gleichgewichtes:

	Wasserstoff	Kohlendioxid	Wasser	Kohlenmonoxid
Konz.:	? mol	? mol	0,491 mol	? Mol

Nun muss man die Stoffmengen logisch herleiten:

CO: Immer wenn ein Sauerstoffatom von einem Kohlendioxid zu einem Wasserstoffmolekül wandert entsteht ein Wasserteilchen und ein Kohlenmonoxidteilchen. Daher müssen die Stoffmengen von Wasser und Kohlenmonoxid gleich sein

$$n_{\text{Wasser}} = 0,491 \text{ mol} \rightarrow n_{\text{CO}} = 0,491 \text{ mol}$$

H<sub>2</sub>: Ein Sauerstoffteilchen reagiert mit einem Wasserstoffteilchen zu Wasser. Die Stoffmenge an entstandenem Wasser muss als von der Ausgangsmenge des Wasserstoffes abgezogen werden, um die Stoffmenge des Wasserstoffes im Gleichgewicht zu bekommen

$$n_{\text{Wasserstoff}} = 1 \text{ mol} - 0,491 \text{ mol} = 0,509 \text{ mol}$$

CO<sub>2</sub>: Das muss die gleiche Stoffmenge wie Wasserstoff haben (s.o.)

$$n_{\text{Wasserstoff}} = 0,509 \text{ mol} \rightarrow n_{\text{Kohlendioxid}} = 0,509 \text{ mol}$$

$$\text{MWG: } K = \frac{[\text{CO}] * [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2] * [\text{H}_2]} = \frac{0,491 \text{ mol/l} * 0,491 \text{ mol/l}}{0,509 \text{ mol/l} * 0,509 \text{ mol/l}} = 0,93 = K$$

(Einheiten kürzen sich weg; da wir hier ein 1 Liter Gefäß haben ist es möglich die Stoffmenge gleich der Konzentration zu setzen)

d) Welche Aufgabe haben Enzyme? Welchen Einfluss haben sie auf das Gleichgewicht einer Reaktion?

Enzyme senken die Aktivierungsenergie und erhöhen die Reaktionsgeschwindigkeit. Sie haben jedoch keinen Einfluss auf das Gleichgewicht einer Reaktion!

## 7) Le Chatelier

a) Man hat in einem geschlossenem Gefäß 100 ml eines Gemisches aus NO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (leichte braune Färbung ist zu erkennen). NO<sub>2</sub> ist ein braunes Gas, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ist farblos. Bei schneller Volumenerniedrigung auf 60ml verfärbt sich das Gas stark braun. Nach kurzer Wartezeit entfärbt sich das Gasgemisch langsam und ist dann nahezu farblos.

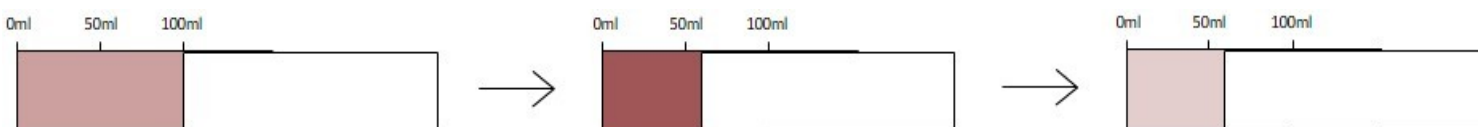
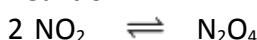
Erstelle die Reaktionsgleichung und erkläre die Entfärbung.

Zur Erinnerung:

Stickstoffdioxid ist ein Radikal, daher neigt es zu Dimer-bildung!



Reaktion:

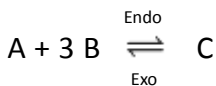


In den 100ml Volumen ist eine bestimmte Zahl an Teilchen Stickstoffdioxid, die im Gleichgewicht mit den Dimeren (Distickstofftetroxid) stehen. Das Gleichgewicht ist auf die momentanen äußeren Bedingungen wie Temperatur und Druck eingestellt.

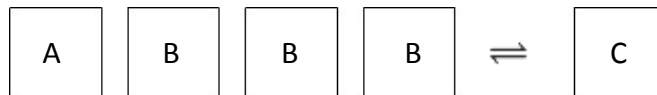
Erniedrigt man nun schlagartig das Volumen, so erhöht sich die Konzentration an Stickstoffdioxid (gleiche Stoffmenge mit weniger Volumen erhöht die Konzentration, siehe  $c = n/V$ ) und die Braunfärbung verdunkelt sich. Nach einiger Zeit stellt sich ein neues Gleichgewicht ein, denn man hat durch die Volumenerniedrigung den Druck erhöht! Nach Le Chatlier weicht das System nun auf die Seite aus, wo die Teilchen weniger Volumen einnehmen, welches die Seite des Dimeres ist. Die Lösung entfärbt sich langsam, weil das (braune) Stickstoffdioxid dimerisiert (Dimer = farblos).

b) 1 Mol des wertvollen Gases A reagiert in einer endothermen Gleichgewichtsreaktion ( $K = 0,5 \text{ L}^3 \text{ mol}^{-3}$ ) mit drei Mol des Gases B zu 1 Mol Produktgas C. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung und den Ausdruck des MWG. Auf welcher Seite liegt das Gleichgewicht? Nennen Sie Maßnahmen, den wertvollen Ausgangsstoff A möglichst quantitativ umzusetzen!

Reaktion:



Volumina:



MWG:

$$K = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}] \cdot [\text{B}]^3} = 0,5 \text{ l}^3/\text{mol}^3$$

Das Gleichgewicht liegt auf Seiten der Edukte, da „K“ kleiner als eins ist.

Gleichgewichtsänderungen, um das wertvolle Gas „A“ möglichen vollständig umzusetzen (nach Le Chatelier):

### 1. Temperatur

Da es sich hier um eine endotherme Reaktion handelt, ist es günstig die Temperatur zu erhöhen

### 2. Druck

Da die Seite der Produkte weniger Volumen einnehmen ist es sinnvoll den Druck zu erhöhen

### 3. Stoffmengenänderung

a) Wenn man die Stoffmenge „B“ erhöht, so weicht das Gleichgewicht auf Seiten des Produktes aus

b) Man kann das Produkt „C“ entfernen, so dass sich das erneute Einstellen des Gleichgewichts positiv auf den Umsatz von dem wertvollen Gas „A“ auswirkt