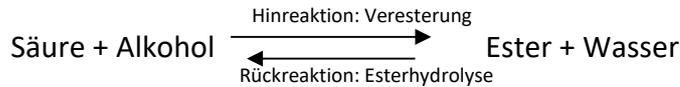


Chemie-GK EF Teil 1

Erkenntnis: Chemische Reaktionen (hier die Veresterung) sind umkehrbar

Die Umkehrung der Veresterung heißt Hydrolyse



Aufgabe: Lesen Sie S. 35!

Merksatz:

Im geschlossenen System, d.h. in einem System, in dem weder Stoffe hinzukommen noch entweichen, laufen weder Hin- noch Rückreaktion vollständig ab. Das System erreicht nach einiger Zeit einen Zustand, in dem Edukte und Produkte in zeitlich konstanten Anteilen vorliegen. Diesen Zustand bezeichnet man als **chemisches Gleichgewicht (GG)**.

Dann lesen S. 36 V1 (mit B1) mit folgender Aufgabe:

Stellen Sie die Reaktionsgleichungen den zugehörigen Versuchen auf und erklären Sie die Versuchsbeobachtungen anhand des Graphen und des AB 01

Ethansäure + Ethanol \rightarrow Ethansäureethylester + Wasser

Dazu **AB_01_Fragen zum GG und Übungen zum MWG** bearbeiten

- Warum nimmt bei der Veresterung die Ethansäuremenge erst schnell dann langsamer ab?
- Warum sinkt die Ethansäuremenge bei der Veresterung nicht auf null?
- Warum steigt bei der Esterhydrolyse die Ethansäuremenge erst schnell dann langsamer?
- Warum steigt die Ethansäuremenge bei der Esterhydrolyse nicht weiter?

Lösungen:

Zu a) Warum nimmt bei der Veresterung die Ethansäuremenge erst schnell dann langsamer ab?

\rightarrow Am Anfang ist die Wahrscheinlichkeit, dass Ethansäure und Ethanol zusammenstoßen und zum Ester reagieren hoch (hohe Konzentrationen) \rightarrow die Ethansäuremenge nimmt ab

\rightarrow Je mehr Teilchen reagiert haben, desto seltener werden aber erfolgreiche Zusammenstöße

zu b) Warum sinkt die Ethansäuremenge bei der Veresterung nicht auf null?

Zwar stoßen immer noch gelegentlich Ethansäure- und Ethanol-Teilchen zusammen, andererseits reagieren aber auch Ester-Teilchen mit Wasser zurück!

Zu c) Warum steigt bei der Esterhydrolyse die Ethansäuremenge erst schnell dann langsamer?

\rightarrow Am Anfang ist die Wahrscheinlichkeit, dass Ester und Wasser zusammenstoßen und zu Ethansäure und Ethanol reagieren hoch (hohe Konzentrationen) \rightarrow die Ethansäuremenge nimmt ab

\rightarrow Je mehr Teilchen reagiert haben, desto seltener werden aber erfolgreiche Zusammenstöße

zu d) Warum steigt die Ethansäuremenge bei der Esterhydrolyse nicht weiter?

Zwar stoßen immer noch gelegentlich Ester-Teilchen mit Wasser-Teilchen zusammen, andererseits reagieren aber auch Ethansäure- und Ethanol-Teilchen zurück!

Am Ende stellt sich in beiden Ansätzen ein GG ein, bei dem gleich viele Teilchen in die eine wie in die andere Richtung reagieren!

AB mit Aufgaben e)-g) zu S. 37

Aufgaben:

Zu e)

- Im Gleichgewicht ändern sich die Konzentrationen von Produkten und Edukten nicht mehr
- Also ist die Reaktionsgeschwindigkeit $v_r = 0$
- Dies bedeutet aber keinen Stillstand der Reaktion sondern:
- Die Anzahl der Edukt-Teilchen, die pro Zeitintervall zu Produkten reagieren, ist genauso groß, wie die Reaktionsrate der Rückreaktion: $v_{r,hin} = v_{r,Rück}$

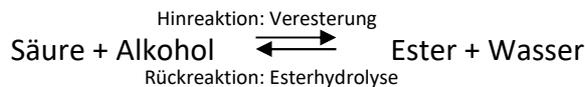
Zu f)

Für die Hinreaktion gilt: $v_{\rightarrow} = k_{\rightarrow} \cdot c(A) \cdot c(B)$ Für die Rückreaktion gilt: $v_{\leftarrow} = k_{\leftarrow} \cdot c(C) \cdot c(D)$ Im GG gilt: $v_{\rightarrow} = v_{\leftarrow}$ und damit auch: $k_{\rightarrow} \cdot c(A) \cdot c(B) = k_{\leftarrow} \cdot c(C) \cdot c(D)$

Daraus erhält man durch Umformung:

$$\frac{k_{\rightarrow}}{k_{\leftarrow}} = \frac{c(C) \cdot c(D)}{c(A) \cdot c(B)} \quad \text{oder mit } \frac{k_{\rightarrow}}{k_{\leftarrow}} = K \text{ schließlich das Massenwirkungsgesetz: } K = \frac{c(C) \cdot c(D)}{c(A) \cdot c(B)}$$

Für unsere Reaktion gilt also



$$\text{Zu g) } K = \frac{c(\text{Ester}) \cdot c(\text{Wasser})}{c(\text{Essigsäure}) \cdot c(\text{Ethanol})}$$

Zu h) Berechnen Sie K der Veresterung für Versuch 1

c (Ester) 2 mol/l, c (Wasser) = 2 mol/l, c (Ethansäure) = 1 mol/l
c (Ethanol) = 1 mol/l

$$\text{Versuch 1: } K = \frac{c(\text{Ester}) \cdot c(\text{Wasser})}{c(\text{Essigsäure}) \cdot c(\text{Ethanol})} = \frac{2 \text{ mol/l} \cdot 2 \text{ mol/l}}{1 \text{ mol/l} \cdot 1 \text{ mol/l}} = 4$$

Versuch 2:

c^{GG}(Ester) = 0,8 mol/l, c^{GG}(Wasser) = 0,8 mol/l, c^{GG}(Ethansäure) = 0,04 mol/l
c^{GG}(Ethanol) = 4 mol/l

$$K = \frac{0,8 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,8 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{0,04 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 4 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 4$$

Auch hier ergibt sich 4!

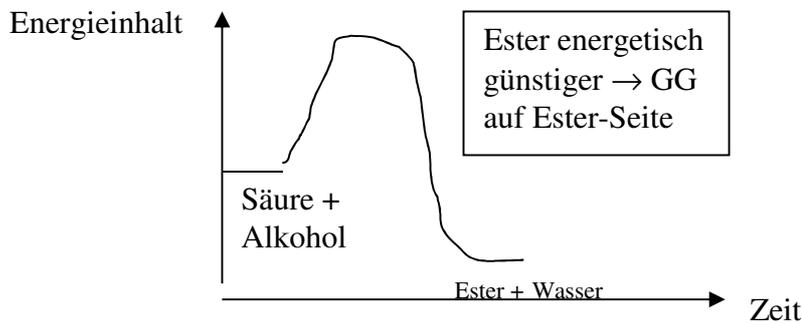
Ergebnis:

Der Wert für K ist bei einer Reaktion unter identischen äußeren Bedingungen (gleicher Druck, gleiche Temperatur) konstant, daher Massenwirkungskonstante!

Was bedeutet die erhaltene Zahl (ca. 4) eigentlich?

Das Verhältnis Produkt : Edukt = 4 : 1 oder auch: 80 : 20

→ GG liegt also klar auf der Seite des thermodynamisch stabileren Esters!



Dann AB_02_Das Massenwirkungsgesetz“ - Zunächst nur oberes Drittel lesen lassen!



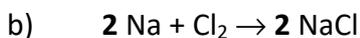
Dazu Übung: Richte die folgenden Reaktionsgleichungen ein und formuliere das zugehörige MWG:

- a) $\underline{\quad} \text{HCl} + \underline{\quad} \text{NaOH} \rightarrow \underline{\quad} \text{NaCl} + \underline{\quad} \text{H}_2\text{O}$
 b) $\underline{\quad} \text{Na} + \underline{\quad} \text{Cl}_2 \rightarrow \underline{\quad} \text{NaCl}$
 c) $\underline{\quad} \text{H}_2\text{SO}_4 + \underline{\quad} \text{Al} \rightarrow \underline{\quad} \text{H}_2 + \underline{\quad} \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Lösung:



$$K = \frac{(\text{NaCl}) \cdot (\text{H}_2\text{O})}{(\text{HCl}) \cdot c(\text{NaOH})}$$



$$\text{Massenwirkungsgesetz: } K = \frac{(\text{NaCl})^2}{c(\text{Na})^2 \cdot c(\text{Cl}_2)}$$



$$\text{Massenwirkungsgesetz: } K = \frac{c(\text{H}_2)^3 \cdot (\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)}{(\text{H}_2\text{SO}_4)^3 \cdot c(\text{Al})^2}$$

Dann weiter auf AB: Falsches durchstreichen lassen!! (Fett gedrucktes stimmt!)

Fall 1: $Q < K$ bedeutet:

- Zähler des MWG **kleiner**/größer als im GG-Zustand
- Nenner des MWG kleiner/**größer** als im GG-Zustand
- Konzentrationen der Edukte kleiner/**größer** als im GG-Zustand
- Es reagieren mehr **Edukte**/Produkte → **Hinreaktion**/Rückreaktion überwiegt

Anwendung: Ansatz A: Veresterung zum Zeitpunkt 0 (alles noch Edukt → $Q = 0$)

Fall 2: $Q > K$ bedeutet:

- Zähler des MWG kleiner/**größer** als im GG-Zustand
- des MWG **kleiner**/größer als im GG-Zustand
- Konzentrationen der Edukte **kleiner**/größer als im GG-Zustand
- Es reagieren mehr Edukte/**Produkte** → Hinreaktion/**Rückreaktion** überwiegt

Anwendung: Ansatz B: Esterhydrolyse zum Zeitpunkt 0 (alles schon Produkt → $Q = \text{unendlich}$)

Fall 3: $Q = K$ bedeutet: Reaktion ist im Gleichgewichtszustand

Tafel: Überlegungen

K = Gleichgewichtskonstante = Massenwirkungsquotient im Gleichgewichtszustand

Q = momentaner Wert Massenwirkungsquotienten einer Reaktion

Zusammenfassung: Was sagt mir K ?

Wenn $K = 1$ (absoluter Ausnahmefall) → Zähler und Nenner gleich: Edukt und Produkt liegen in gleichem Verhältnissen vor

Wenn $K > 1$ → Zähler größer: Es gibt mehr Produkte - Gleichgewicht liegt auf Produktseite

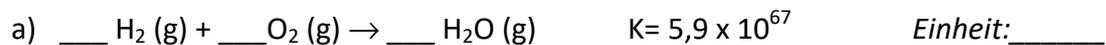
Wenn $K < 1$ → Nenner größer: Es gibt mehr Edukte - Gleichgewicht liegt auf Eduktseite

K hat je nach Reaktion eine andere Einheit!!!

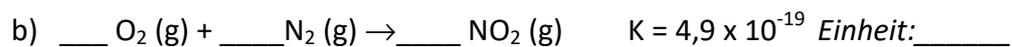
Aufgaben :

Betrachten Sie folgende Reaktionsgleichungen und...

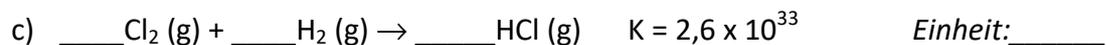
- Ergänzen Sie die Reaktionsgleichungen
- Stellen Sie das MWG auf!
- Wie lautet die Einheit von K?
- Wo liegt das Gleichgewicht (ergänzen Sie den Satz)



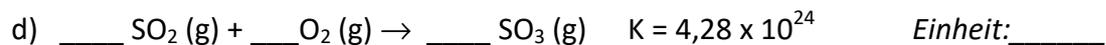
K ist _____ als _____, darum liegt das Gleichgewicht auf der Seite der _____



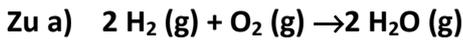
K ist _____ als _____, darum liegt das Gleichgewicht auf der Seite der _____



K ist _____ als _____, darum liegt das Gleichgewicht auf der Seite der _____



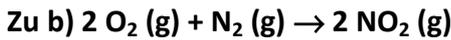
K ist _____ als _____, darum liegt das Gleichgewicht auf der Seite der _____

Lösung

$$\text{Massenwirkungsgesetz: } K = \frac{c(\text{H}_2\text{O})^2}{c(\text{H}_2)^2 \cdot c(\text{O}_2)}$$

K hat die Einheit $\frac{(\frac{\text{L}}{\text{mol}})^2}{(\frac{\text{L}}{\text{mol}})^2 \cdot (\frac{\text{L}}{\text{mol}})}$, das lässt sich kürzen zu $\frac{1}{(\frac{\text{L}}{\text{mol}})}$, bzw. umgeformt: $\frac{\text{L}}{\text{mol}}$

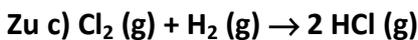
K ($5,9 \times 10^{67} \text{ L/mol}$) ist **größer** als **1**, darum liegt das Gleichgewicht auf der Seite der **Produkte**



$$\text{Massenwirkungsgesetz: } K = \frac{c(\text{NO}_2)^2}{c(\text{O}_2)^2 \cdot c(\text{N}_2)}$$

K hat die Einheit $\frac{(\frac{\text{L}}{\text{mol}})^2}{(\frac{\text{L}}{\text{mol}})^2 \cdot (\frac{\text{L}}{\text{mol}})}$, das lässt sich kürzen zu $\frac{1}{(\frac{\text{L}}{\text{mol}})}$, bzw. umgeformt: $\frac{\text{L}}{\text{mol}}$

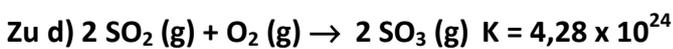
K ($4,9 \times 10^{-19} \text{ L/mol}$) ist **kleiner** als **1**, darum liegt das Gleichgewicht auf der Seite der **Edukte**



$$\text{Massenwirkungsgesetz: } K = \frac{c(\text{HCl})^2}{c(\text{Cl}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$$

K hat die Einheit $\frac{(\frac{\text{L}}{\text{mol}})^2}{(\frac{\text{L}}{\text{mol}}) \cdot (\frac{\text{L}}{\text{mol}})}$, das lässt sich vollständig wegekürzen, K hat hier keine Einheit

K ($2,6 \times 10^{33}$) ist **größer** als **1**, darum liegt das Gleichgewicht auf der Seite der **Produkte**



$$\text{Massenwirkungsgesetz: } K = \frac{c(\text{SO}_3)^2}{c(\text{SO}_2)^2 \cdot c(\text{O}_2)}$$

K hat die Einheit $\frac{(\frac{\text{L}}{\text{mol}})^2}{(\frac{\text{L}}{\text{mol}})^2 \cdot (\frac{\text{L}}{\text{mol}})}$, das lässt sich kürzen zu $\frac{1}{(\frac{\text{L}}{\text{mol}})}$, bzw. umgeformt: $\frac{\text{L}}{\text{mol}}$

K ($4,28 \times 10^{24} \text{ L/mol}$) ist **größer** als **1**, darum liegt das Gleichgewicht auf der Seite der **Produkte**