

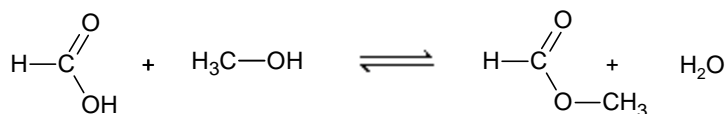


Ermittlung der Stoffmengenkonzentrationen der Reaktionspartner im Gleichgewicht

Für Berechnungen mit dem Massenwirkungsgesetz benötigt man die Gleichgewichtskonzentrationen der an einer chemischen Reaktion beteiligten Edukte und Produkte. Mithilfe der folgenden Aufgaben können Sie an den Beispielen Ester-Synthese und Wasserstoffiodid-Synthese nachvollziehen, wie die Stoffmengenkonzentrationen der Reaktionspartner im Gleichgewicht ermittelt werden. Wenden Sie anschließend Ihre Kenntnisse auf die Beispiele Distickstoffpentaoxid- und Ammoniak-Synthese an.

Estersynthese

Zu Beginn einer Estersynthese lagen in einem Gefäß mit einem Volumen von $V = 1 \text{ l}$ folgende Ausgangskonzentrationen vor: $c(\text{Methansäure}) = 2 \text{ mol/l}$ und $c(\text{Methanol}) = 5 \text{ mol/l}$. Im Gleichgewicht beträgt die Konzentration des Esters $c_{\text{GG}}(\text{Ester}) = 1,7 \text{ mol/l}$.



Start	2 mol/l	5 mol/l	--	--
GG	0,3 mol/l	3,3 mol/l	1,7 mol/l	1,7 mol/l

Berechnen Sie die Gleichgewichts-Konzentrationen der anderen Stoffe.

Lösungsweg

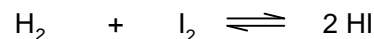
- Ausgangspunkt für die Überlegungen ist stets das Stoffmengenverhältnis der Edukte oder Produkte, das sich aus der Reaktionsgleichung ergibt. Falls die Reaktionsgleichung nicht angegeben ist, muss diese zuerst aufgestellt werden.
- Aus der Reaktionsgleichung ergibt sich, dass der Ester und das Wasser im Stoffmengenverhältnis 1:1 vorliegen: $n(\text{Ester}) = n(\text{H}_2\text{O})$, d. h. gemeinsam mit jedem Molekül Ester ist ein Molekül Wasser entstanden. Es wurden also 1,7 mol Ester und damit 1,7 mol Wasser gebildet. Die Gleichgewichtskon-

zentration ($c_{\text{GG}} = n_{\text{GG}}/V$) von Wasser entspricht daher der des Esters: $c_{\text{GG}}(\text{Wasser}) = c_{\text{GG}}(\text{Ester}) = 1,7 \text{ mol/l}$.

- Da zur Bildung jedes Moleküls Ester ein Molekül Methansäure reagiert, muss sich die Stoffmenge $n(\text{Methansäure})$ um den Betrag von $n(\text{Ester})$ reduziert haben: $2 \text{ mol} - 1,7 \text{ mol} = 0,3 \text{ mol}$: $c_{\text{GG}}(\text{Methansäure}) = 0,3 \text{ mol/l}$.
- Da zur Bildung jedes Moleküls Ester ein Molekül Methanol reagiert, muss sich die Stoffmenge $n(\text{Methanol})$ um den Betrag von $n(\text{Ester})$ reduziert haben: $5 \text{ mol} - 1,7 \text{ mol} = 3,3 \text{ mol}$: $c_{\text{GG}}(\text{Methanol}) = 3,3 \text{ mol/l}$.

Synthese von Wasserstoffiodid

Zu Beginn der Synthese lagen in einem Gefäß mit einem Volumen von $V = 1 \text{ l}$ folgende Ausgangskonzentrationen vor: $c(\text{H}_2) = 1 \text{ mol/l}$ und $c(\text{I}_2) = 1 \text{ mol/l}$. Im Gleichgewicht beträgt die Konzentration des Wasserstoffs $c_{\text{GG}}(\text{H}_2) = 0,22 \text{ mol/l}$.



Start	1 mol/l	1 mol/l	-
GG	0,22 mol/l	0,22 mol/l	1,56 mol/l

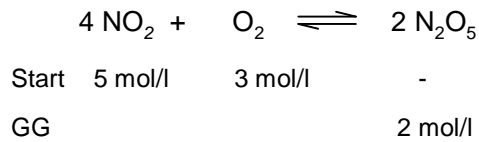
Berechnen Sie die Gleichgewichts-Konzentrationen der anderen Stoffe.

Lösungsweg:

- Aus der Reaktionsgleichung ergibt sich, dass Wasserstoff und Iod im Stoffmengenverhältnis 1:1 vorliegen ($n(\text{H}_2) = n(\text{I}_2)$). Zur Bildung von Wasserstoffiodid wurden gleich große Mengen an Wasserstoff und Iod verbraucht. Die Gleichgewichtskonzentration von Iod entspricht daher der des Wasserstoffs: $c_{\text{GG}}(\text{H}_2) = c_{\text{GG}}(\text{I}_2) = 0,22 \text{ mol/l}$.
- Aus der Reaktionsgleichung ergibt sich, dass Wasserstoffiodid und Wasserstoff bzw. Iod im Stoffmengenverhältnis 2:1 vorliegen, d. h. aus $x \text{ mol}$ Wasserstoff werden $2x \text{ mol}$ Wasserstoffiodid: Zu Beginn wurden 1 mol Wasserstoff eingesetzt, im Gleichgewicht liegen noch 0,22 mol vor. Bis zum Erreichen des Gleichgewichts haben 0,78 mol Wasserstoff reagiert ($1 \text{ mol} - 0,22 \text{ mol} = 0,78 \text{ mol}$). Aus 0,78 mol Wasserstoff entstehen 1,56 mol Wasserstoffiodid. Daraus ergibt sich $c_{\text{GG}}(\text{HI}) = 1,56 \text{ mol/l}$.

**Distickstoffpentaoxid-Synthese**

Zu Beginn der Synthese lagen in einem Gefäß mit einem Volumen von $V = 1 \text{ l}$ folgende Ausgangskonzentrationen vor: $c(\text{NO}_2) = 5 \text{ mol/l}$ und $c(\text{O}_2) = 3 \text{ mol/l}$. Im Gleichgewicht beträgt die Konzentration des Distickstoffpentaoxids $c(\text{N}_2\text{O}_5) = 2 \text{ mol/l}$.



Berechnen Sie die Gleichgewichts-Konzentrationen der anderen Stoffe.

Lösung: Zur Bildung von 2 mol N_2O_5 werden 4 mol NO_2 und 1 mol O_2 verbraucht.
à $c_{\text{GG}}(\text{NO}_2) = 1 \text{ mol/l}$, $c_{\text{GG}}(\text{O}_2) = 2 \text{ mol/l}$.

Ammoniaksynthese

Zu Beginn der Synthese lagen in einem Gefäß mit einem Volumen von $V = 1 \text{ l}$ folgende Ausgangskonzentrationen vor: $c(\text{H}_2) = 6 \text{ mol/l}$ und $c(\text{N}_2) = 2 \text{ mol/l}$. Im Gleichgewicht beträgt die Konzentration des Ammoniaks $c(\text{NH}_3) = 1 \text{ mol/l}$.

Berechnen Sie die Gleichgewichts-Konzentrationen der anderen Stoffe.

Lösung: $c_{\text{GG}}(\text{N}_2) = 1,5 \text{ mol/l}$, $c_{\text{GG}}(\text{H}_2) = 4,5 \text{ mol/l}$