

Lösungen zum Übungsblatt 8

Aufgabe 1

a) Es handelt sich hier im Endeffekt um ein Oszillieren der Reaktionsgeschwindigkeiten sowohl für den Abbau von A als auch für das Entstehen von B. Zunächst liegt nur A vor, das dann mit X zu 2 X reagiert, so dass die Menge an X zunimmt. Das Ganze ist also ein autokatalytischer Vorgang. X kann aber statt mit A auch mit Y reagieren, wodurch X verbraucht wird und die Neubildung von X nach der ersten Reaktion unterdrückt bzw. verlangsamt wird. Das nun mehr und mehr gebildete Zwischenprodukt Y reagiert dann weiter zum Endprodukt B. In diesem Stadium wird kaum A verbraucht aber viel B produziert, wohingegen anfangs nur A verbraucht wurde und praktisch kein B gebildet wurde. Irgendwann ist dann alles Y verbraucht und der Zyklus beginnt von vorne, in dem wieder A mit X zu 2 X reagiert.

b) Im stationären Zustand gilt:

$$\frac{d[X]}{dt}=0$$

$$\frac{d[Y]}{dt}=0$$

Die entsprechenden Geschwindigkeitsgesetze lauten:

$$\frac{d[X]}{dt}=k_1[A][X]-k_2[X][Y]=[X](k_1[A]-k_2[Y])=0$$

$$\frac{d[Y]}{dt}=k_2[X][Y]-k_3[Y]=[Y](k_2[X]-k_3)=0$$

Die Gleichungen können nun nach X und Y umgestellt werden. Somit ergeben sich:

$$[Y]=\frac{k_1}{k_2}[A]$$

$$[X]=\frac{k_3}{k_2}$$

Aufgabe 2

Das Geschwindigkeitsgesetz lautet:

$$v = k [\text{Cl}][\text{O}_3]$$

Die Geschwindigkeitskonstante ist folgendermaßen definiert:

$$k = 1,7 \cdot 10^{10} \frac{\text{l}}{\text{mol} \cdot \text{s}} \cdot e^{-\frac{260\text{K}}{T}}$$

a) In 15 km Höhe beträgt die Reaktionsgeschwindigkeit:

$$v = 2,07 \cdot 10^{-15} \frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}}$$

b) In 50 km Höhe entsprechend:

$$v = 1,61 \cdot 10^{-15} \frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}}$$

Aufgabe 3

Das Geschwindigkeitsgesetz zur Bildung von Bromwasserstoff lautet:

$$\begin{aligned} \frac{d[\text{HBr}]}{dt} &= k_2[\text{H}_2][\text{Br}] + k_3[\text{H}][\text{Br}_2] - k_4[\text{H}][\text{HBr}] \\ &= k_2[\text{H}_2][\text{Br}] + [\text{H}](k_3[\text{Br}_2] - k_4[\text{HBr}]) \end{aligned}$$

Die Reaktionen 1 und 5 bilden ein Gleichgewicht:

$$K = \frac{k_1}{k_5} = \frac{[\text{Br}]^2}{[\text{Br}_2]} \quad \rightarrow \quad [\text{Br}] = \sqrt{K \cdot [\text{Br}_2]}$$

Weiterhin wird angenommen, dass sich die Konzentration des atomaren Wasserstoffs quasistationär verhält:

$$\frac{d[\text{H}]}{dt} = k_2[\text{H}_2][\text{Br}] - k_3[\text{H}][\text{Br}_2] - k_4[\text{H}][\text{HBr}] = 0$$

Umgestellt nach der Konzentration des atomaren Wasserstoffs, lautet die Gleichung:

$$[\text{H}] = \frac{k_2[\text{H}_2][\text{Br}]}{k_3[\text{Br}_2] + k_4[\text{HBr}]}$$

Eingesetzt in die Geschwindigkeitsgleichung für die Bromwasserstoffbildung ergibt es:

$$\begin{aligned} \frac{d[\text{HBr}]}{dt} &= k_2[\text{H}_2][\text{Br}] + \frac{k_2[\text{H}_2][\text{Br}]}{k_3[\text{Br}_2] + k_4[\text{HBr}]} (k_3[\text{Br}_2] - k_4[\text{HBr}]) \\ &= k_2[\text{H}_2][\text{Br}] \left(1 + \frac{k_3[\text{Br}_2] - k_4[\text{HBr}]}{k_3[\text{Br}_2] + k_4[\text{HBr}]} \right) \\ &= k_2[\text{H}_2][\text{Br}] \left(\frac{k_3[\text{Br}_2] + k_4[\text{HBr}]}{k_3[\text{Br}_2] + k_4[\text{HBr}]} + \frac{k_3[\text{Br}_2] - k_4[\text{HBr}]}{k_3[\text{Br}_2] + k_4[\text{HBr}]} \right) \\ &= k_2[\text{H}_2][\text{Br}] \cdot \frac{2k_3[\text{Br}_2]}{k_3[\text{Br}_2] + k_4[\text{HBr}]} \end{aligned}$$

Die Konzentration des atomaren Broms kann, wie oben bereits gezeigt, über das chemische Gleichgewicht beschrieben werden. Eingesetzt ergibt sich:

$$\begin{aligned} \frac{d[\text{HBr}]}{dt} &= k_2[\text{H}_2] \cdot \sqrt{K \cdot [\text{Br}_2]} \cdot \frac{2k_3[\text{Br}_2]}{k_3[\text{Br}_2] + k_4[\text{HBr}]} \\ &= \frac{2k_2[\text{H}_2] \cdot \sqrt{K \cdot [\text{Br}_2]}}{1 + \frac{k_4[\text{HBr}]}{k_3[\text{Br}_2]}} \\ &= 2k_2[\text{H}_2] \cdot \sqrt{K \cdot [\text{Br}_2]} \cdot \left(1 + \frac{k_4[\text{HBr}]}{k_3[\text{Br}_2]} \right)^{-1} \end{aligned}$$