

## Übungen zum Massenwirkungsgesetz (MWG)

### Chemisches Gleichgewicht und Konzentration

#### Lösungsskizzen

1) Das Gleichgewicht verschiebt sich nach links.  $c(\text{H}_2)_{(\text{g})}$  und  $c(\text{I}_2)_{(\text{g})}$  werden über ihrem anfänglichen Wert liegen. Sie werden aus dem zusätzlichen  $\text{HI}_{(\text{g})}$  gebildet.

2) Wir entziehen der Reaktion fortwährend das Produkt P. Um die Gleichgewichtslage wieder zu erhalten, reagieren A und B miteinander zu zusätzlichem P. Analoges finden Sie im Experiment  $\text{Fe}^{3+}$  und  $\text{SCN}^-$ . Dort wird  $\text{Fe}^{3+}$  dem System entzogen.

3) Das Gleichgewicht verschiebt sich nach rechts. Es bildet sich also auch mehr  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ , das ausfällt. Dies ist die Ursache dafür, dass in hartem Wasser mit viel  $\text{HCO}_3^-$ -Ionen Kalkablagerungen entstehen.

Die Kalkablagerung entsteht in heissem Wasser viel schneller als in kaltem.

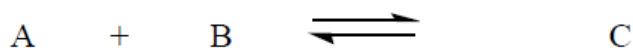
4) K ändert sich bei konstanter Temperatur nicht. Kurz nach der Zugabe von  $\text{H}_2(\text{g})$  ändert sich nur der Quotient des Massenwirkungsgesetzes. Das Gleichgewicht verschiebt sich nach einiger Zeit nach rechts. Die HI-Konzentration wird über ihrem anfänglichen Wert liegen, die  $\text{I}_2$ -Konzentration wird im Vergleich zu ihrem Anfangswert abgenommen haben, und die  $\text{H}_2$ -Konzentration wird niedriger sein als direkt nach ihrer Zugabe. Nun entspricht der Wert des Quotienten wieder dem Wert von K.

## Übungen zum Massenwirkungsgesetz (MWG)

### Chemisches Gleichgewicht und Temperatur

#### Lösungsskizzen

- 1) Die endotherme Reaktion ist eine Reaktion, bei der Wärme aus der Umgebung aufgenommen wird. Die exotherme Reaktion ist eine Reaktion, bei der Wärme an die Umgebung abgegeben wird.
- 2) Bei jeder endothermen Reaktion wird Wärme verbraucht. Eine Temperaturniedrigung begünstigt die endotherme Reaktion nicht. Das Gleichgewicht wird deshalb nach links verschoben.
- 3) Es handelt sich um eine exotherme Reaktion. Eine Temperaturerhöhung begünstigt die exotherme Reaktion weniger. Das Gleichgewicht wird also nach links verschoben.
- 4) Für die Reaktion



gilt das Massenwirkungsgesetz:

$$\frac{c(C)}{c(A) \cdot c(B)} = K$$

Eine Temperaturänderung verschiebt den Gleichgewichtszustand nach links oder rechts. Mit der Gleichgewichtsverschiebung haben wir andere Konzentrationen von A, B und C als ursprünglich. Dies wirkt sich auf K aus.

## Übungen zum Massenwirkungsgesetz (MWG)

### Chemisches Gleichgewicht und Druck

#### Lösungsskizzen

1)

$$\frac{p(\text{HI})^2}{p(\text{H}_2) \cdot p(\text{I}_2)} = K$$

Die Partialdrücke der Gase ersetzen die Konzentrationen im Massenwirkungsgesetz.

2) Wir erwarten keine wesentliche Verschiebung des Gleichgewichtes. Auf beiden Seiten der Reaktion hat es zwei Volumeneinheiten Gase. Eine Druckerhöhung hat auf beide Seiten den gleichen Einfluss.

3) Die Bildung von  $\text{C}_{(\text{g})}$  wird begünstigt. 2 mole Gas (A und B) besitzen mehr Teilchen als das mol Gas C. A und B üben den grösseren Druck aus als C. Bei einer Druckerhöhung wird die rechte Seite der Gleichung begünstigt.



Kohlendioxid und Wasser stehen im Gleichgewicht mit Kohlensäure. Ist die Flasche geschlossen, besteht ein Druck und das Gleichgewicht liegt auf der Seite der Kohlensäure. Öffnet man die Flasche, lässt der Druck nach und das Gleichgewicht kann sich nach links verschieben:  $\text{CO}_2$  wird gebildet und entweicht als Gasblasen.

## Übungen zum Massenwirkungsgesetz (MWG)

### Haber-Bosch-Verfahren

#### Lösungsskizzen

1) Hatten Sie Mühe drei Stickstoffverbindungen aufzuzählen? Dann lesen Sie nochmals den Anfang des Textes *"Ammoniakherstellung: Eine bedeutsame Synthese"*.



Grosstechnisch: Haber-Bosch-Verfahren.

Temperatur: Ca. 450°C, Druck: 230 bis 330 bar.

3) Das Stickstoff-Molekül ist sehr reaktionsträge. Das Haber-Bosch-Verfahren ist heute die einzige praktische Möglichkeit, diese Reaktionsträgheit zu überwinden.

4) Da das N<sub>2</sub>-Molekül reaktionsträge ist, werden Katalysatoren eingesetzt. Diese erlauben, für die Synthese des Ammoniaks eine tiefere Temperatur einzusetzen. Das N<sub>2</sub> würde nämlich ohne Katalysator erst bei höherer Temperatur reagieren.