

## Zusammenfassung

- Chemische Reaktionen sind **Stoffumwandlungen**
- **Reaktionsgleichungen** liefern **qualitative** und **quantitative** Aussagen zur Reaktion
- Chemische Reaktionen sind mit **Energieveränderungen** (Wärme, Licht oder Arbeit) verbunden
- **Thermodynamik** beschreibt die **Energieveränderungen** bei einer chemischen Reaktion
- **Systeme** können **offen** (Materie- + Energieaustausch), **geschlossen** (nur Energieaustausch) oder **abgeschlossen** (weder Materie- noch Energieaustausch) sein
- **Reaktionsenthalpie** ist die **Wärmemenge** die bei chemischen Reaktionen unter konst. Druck auf- oder abgegeben wird:  $\Delta_R H < 0$ : **exotherm**,  $\Delta_R H > 0$ : **endotherm**
- **Entropie** ist ein Maß für die **Unordnung** eines Systems:  $\Delta_R S < 0$  (zunehmende Ordnung);  $\Delta_R S > 0$  (abnehmende Ordnung)
- **Gibbs Energie** ist ein Maß für die Triebkraft einer chemischen Reaktion:  $\Delta_R G < 0$ : **exergon**,  $\Delta_R G > 0$ : **endergon**

$$\Delta_R G = \Delta_R H - T \cdot \Delta_R S$$

- chemische Reaktionen laufen nie vollständig ab  $\rightarrow$  **chemisches Gleichgewicht** ( $\Delta_R G = 0$ ), welches durch das **Massenwirkungsgesetz** beschrieben wird

$$K_c(T) = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} = \frac{[Produkte]}{[Edukte]} = const.$$

- Lage des Gleichgewichts kann durch das **Prinzip von Le Châtelier** kontrolliert werden  
„Wird auf ein System im chemischen Gleichgewicht ein äußerer Zwang ausgeübt, verschiebt sich das Gleichgewicht so, dass dem Zwang entgegengewirkt wird.“

### Schlüsselbegriffe

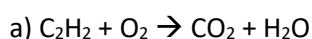
- |                             |                             |                            |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| ■ Thermodynamik             | ■ exotherm versus endotherm | ■ exergon versus endergon  |
| ■ Der Begriff des „Systems“ | ■ Entropie                  | ■ Massenwirkungsgesetz     |
| ■ Reaktionsenthalpie        | ■ Gibbs Energie             | ■ Prinzip von Le Châtelier |

### Aufgabe 5-1: Das thermodynamische System.

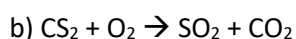
Was versteht man unter einem offenen, einem geschlossenen und einem abgeschlossenem System?

### Aufgabe 5-2: Reaktionsgleichung und Reaktionsenthalpie.

Vervollständigen Sie die Reaktionsgleichung und berechnen Sie die Reaktionsenthalpie:



$$\Delta_f H^0(C_2H_2) = 226 \text{ kJ mol}^{-1} \quad \Delta_f H^0(CO_2) = -394 \text{ kJ mol}^{-1} \quad \Delta_f H^0(H_2O) = -259 \text{ kJ mol}^{-1}$$



$$\Delta_f H^0(CS_2) = 89 \text{ kJ mol}^{-1} \quad \Delta_f H^0(CO_2) = -394 \text{ kJ mol}^{-1} \quad \Delta_f H^0(SO_2) = -297 \text{ kJ mol}^{-1}$$

## Aufgabe 5-3: Thermodynamik.

Beurteilen Sie ob die nachfolgenden Aussagen zum chemischen Gleichgewicht korrekt sind?

	<u>korrekt</u>	<u>falsch</u>
Bei einer exergonen Reaktion gilt: $\Delta_R G > 0$ .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soll eine Reaktion spontan ablaufen muss $\Delta_R G < 0$ .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei einer exergonen Reaktion ist $\Delta_R S$ stets $> 0$ .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei einer exergonen Reaktion ist $\Delta_R H$ stets $< 0$ .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei gekoppelten Reaktionen errechnet sich K für die Gesamtreaktion als Summe der Gleichgewichtskonstanten der einzelnen Reaktionen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K ist von der Temperatur abhängig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K ist direkt proportional zu $\Delta_R G$ .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Gleichgewicht hat K stets den Wert 0.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Aufgabe 5-4: Thermodynamische Berechnungen.

Bei hohen Temperaturen kann Stickstoff mit Sauerstoff zur Reaktion gebracht werden. (Gasphasenreaktion). Das zunächst gebildete Stickstoffmonoxid (NO) reagiert anschließend mit weiterem Sauerstoff zu Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>):



- Wie lautet die Reaktionsgleichung für die Gesamtreaktion?
- Berechnen Sie die Reaktionsenthalpie für die Gesamt-Reaktion.
- Formulieren Sie das Massenwirkungsgesetz (= Formel der Gleichgewichtskonstanten) für die Gesamtreaktion.
- Mit welcher Formel können Sie aus der Gleichgewichtskonstanten die *Gibbs' freie Energie* berechnen?
- Wie verschiebt sich das Gesamtgleichgewicht (nach links, nach rechts, gar nicht)
  - bei Temperaturerhöhung?
  - bei Druckerhöhung?
- Erwarten Sie für die Gesamtreaktion eine Zunahme oder eine Abnahme der Entropie? (kurze Begründung!)

## Aufgabe 5-5: Das chemische Gleichgewicht.

Eine Reaktion  $A+B \rightarrow C+D$  befindet sich im GGW. Welche Auswirkung hat die Zugabe von C (bei konstanter Temperatur und Druck) auf

- den Wert der Gleichgewichtskonstante
- die Konzentration von A und B

## Aufgabe 5-6: Fließgleichgewichte.

Welche Aussagen zum Fließgleichgewicht treffen zu?

	<u>korrekt</u>	<u>falsch</u>
Fließgleichgewichte können in geschlossenen Systemen auftreten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Systeme in Fließgleichgewichten können Arbeit leisten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fließgleichgewichte können nur unter Zufuhr von Energie aufrechterhalten werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Konzentration der am Fließgleichgewicht beteiligten Stoffe ist konstant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Fließgleichgewicht sind die Geschwindigkeiten der Teilreaktionen gleich groß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Multiple Choice Aufgaben

**Aufgabe 5-1:** Bei einer chemischen Reaktion ist der Gleichgewichtszustand erreicht, wenn...

- die Reaktionsgeschwindigkeiten der Hin- und Rückreaktion gleich groß sind.
- keine Umsetzung mehr stattfindet.
- die Konzentration mindestens einer Ausgangssubstanz gleich Null geworden ist.
- die Konzentrationen der Edukte und Produkte gleich groß geworden sind.
- die Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten der Hin- und Rückreaktion gleich groß sind.

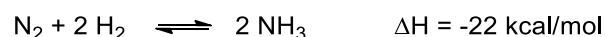
**Aufgabe 5-1:** Welche Aussage zur Thermodynamik ist korrekt?

- Bei niedriger Temperatur wird die Gleichgewichtslage durch die Enthalpie bestimmt.
- Für jede freiwillig ablaufende Reaktion gilt  $\Delta G < 0$ .
- Die Entropie ist ein Maß für die Reaktionswärme.
- Für eine exotherme Reaktion gilt  $\Delta H > 0$ .

**Aufgabe 5-1:** Welche der folgenden Aussagen über ein System im chemischen Gleichgewicht ist falsch?

- Das Gleichgewicht wird über das Massenwirkungsgesetz beschrieben.
- Hin- und Rückreaktion sind gleich schnell.
- Es reagieren ebenso viele Edukte zu Produkte wie umgekehrt.
- Die Gesamtreaktionsgeschwindigkeit ist gegeben durch  $\Delta_R G > 1$ .
- Die Gleichgewichtskonstante lässt sich aus der freien Reaktionsenthalpie berechnen.

**Aufgabe 5-1:** Das Ammoniak-Gleichgewicht für die gasförmigen Komponenten lautet:



Das Gleichgewicht wird auf die Produktseite verschoben wenn:

- Die Temperatur und der Druck erhöht werden.
- Die Temperatur verringert und der Druck erhöht wird.
- Die Temperatur erhöht und der Druck verringert wird.
- Die Temperatur und der Druck verringert werden.
- Die Gleichgewichtslage ist von Temperatur und Druck unabhängig.

**Aufgabe 5-1:** Die Temperaturabhängigkeit der Geschwindigkeitskonstanten  $k$  ist durch die Arrhenius-Gleichung [ $\ln(k) = \ln(A) - E_A/R T$ ]. Welche der folgenden Aussagen ist falsch?

- Aus der Steigung der Geraden lässt sich die Aktivierungsenergie ermitteln.
- Die Reaktionsgeschwindigkeit steigt bei kleiner werdender Aktivierungsenergie.
- Die Aktivierungsenergie ist immer größer oder gleich Null.
- Die Reaktionsgeschwindigkeit steigt mit der Temperatur.
- In einem Diagramm, in dem  $\ln(k)$  gegen  $1/T$  aufgetragen wird, ergibt sich eine Gerade mit positiver Steigung.