

3

## Chemie und Energie

Chemische  
Thermodynamik

```
graph TD; A[Chemische Thermodynamik] --> B[Energieumsatz bei chemischen Reaktionen]; A --> C[Triebkräfte für chemische Reaktionen]; B <--> C;
```

The diagram illustrates the relationship between chemical thermodynamics and its applications. At the top, a box labeled 'Chemische Thermodynamik' has two arrows pointing downwards to 'Energieumsatz bei chemischen Reaktionen' (left) and 'Triebkräfte für chemische Reaktionen' (right). A double-headed arrow connects the two bottom boxes, indicating their interdependence.

Energieumsatz bei  
chemischen Reaktionen

Triebkräfte für chemische  
Reaktionen

### 3.1 Energieumsatz bei chemischen Reaktionen

Jeder Stoff hat in sich Energie gespeichert. Diese **innere Energie U** besteht aus folgenden Anteilen:

Wärmeenergie	Translation Schwingung Rotation
Chemische Energie	<b>Bindungsenergie</b>
Kernenergie	nicht relevant im Bereich der Chemie

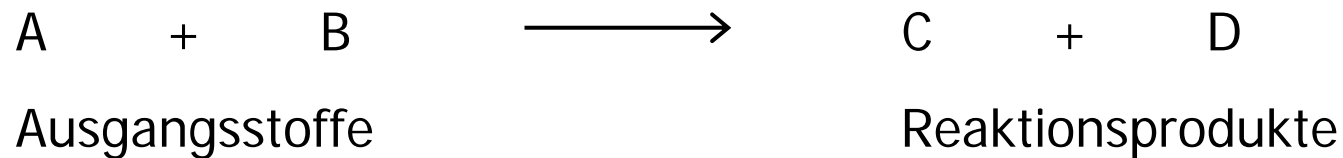
**1. Hauptsatz der Thermodynamik** (Hermann von Helmholtz, 1847)

**Gesetz der Erhaltung der Energie:**

Energie kann von einer Form in eine andere umgewandelt werden, sie kann aber weder erzeugt noch vernichtet werden.

- Reaktionsenergie  $\Delta U$

Energieumsatz einer chemischen Reaktion



$$\Delta U = U_2 - U_1$$

$$\Delta U = \text{Reaktionsenergie} \quad (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$$

$$U_1 = \text{Innere Energie der Ausgangsstoffe} \quad (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$$

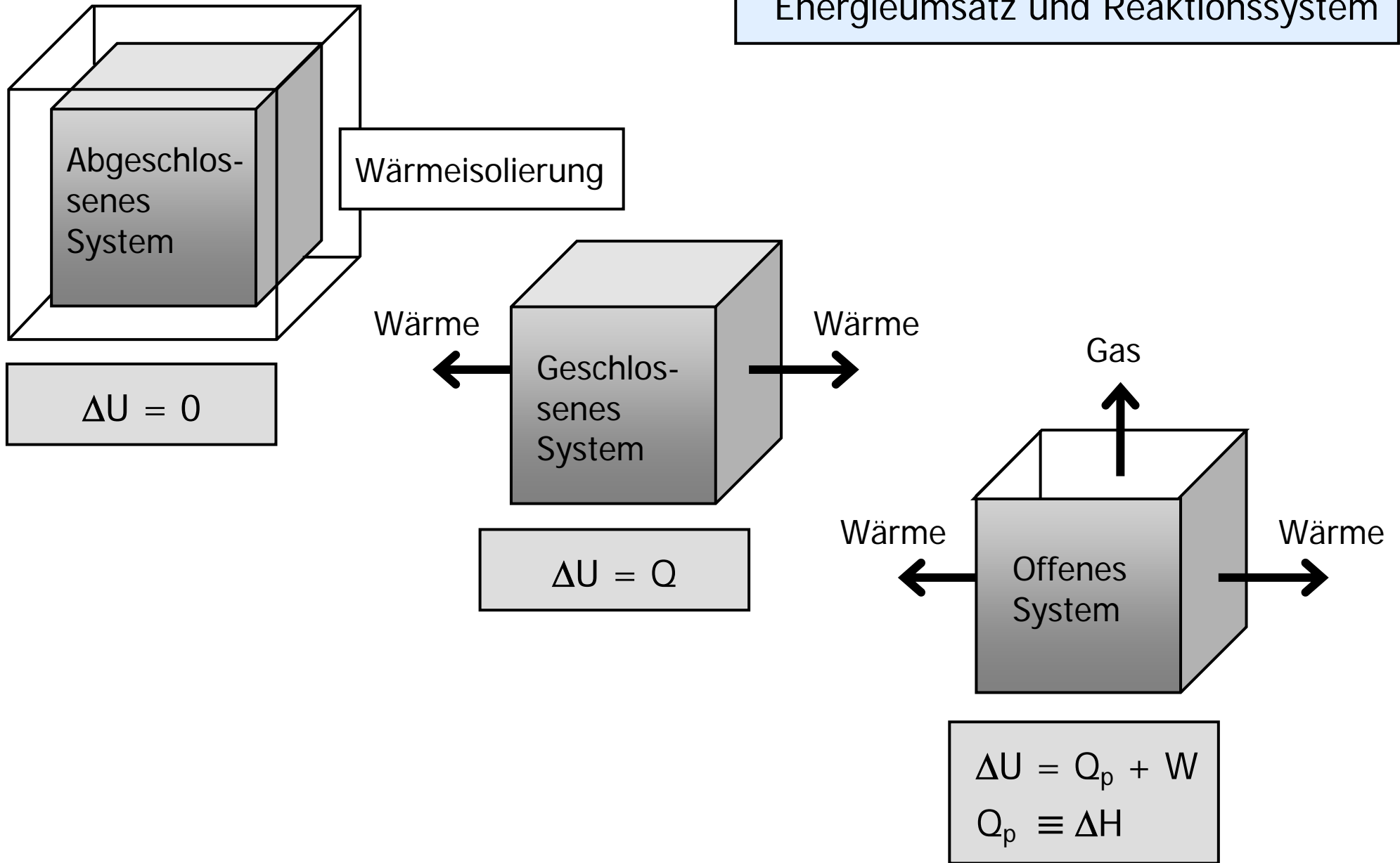
$$U_2 = \text{Innere Energie der Reaktionsprodukte} \quad (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$$

- 1.)  $U_1 > U_2, \Delta U < 0 \rightarrow$  Energie wird an die Umgebung abgegeben
- 2.)  $U_1 < U_2, \Delta U > 0 \rightarrow$  Energie wird aus der Umgebung aufgenommen

## Energieumsatz bei chemischen Reaktionen

Reaktion	Umsetzung von
Thermochemische Reaktion	Wärmeenergie
Photochemische Reaktionen	Licht
Elektrochemische Reaktionen	elektrischer Energie

# Energieumsatz und Reaktionssystem

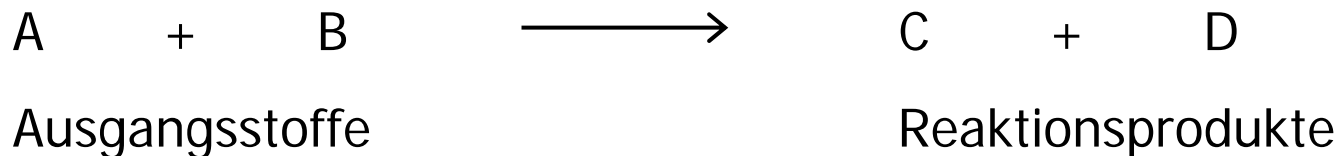


- Reaktionsenthalpie  $\Delta H$

Bei konstantem Druck  $p$  wird nur ein Teil der inneren Energie  $U$  als Wärme  $Q_p$  abgegeben (Reaktionsenthalpie  $\Delta H$ ). Der Rest wird für die notwendige Volumenarbeit aufgewendet ( $\rightarrow$  Änderung des Aggregatzustandes).

Bei Reaktionen in flüssiger oder fester Phase ist die Volumenänderung sehr klein und somit  $\Delta U = \Delta H$ .

Reaktionsenthalpie einer chemischen Reaktion



$$\begin{array}{l}
 \Delta H = H_2 - H_1 \\
 \Delta U = \Delta H + W
 \end{array}$$

$\Delta H$  = Reaktionsenthalpie (griech. en thalpos, darin Wärme) (kJ · mol<sup>-1</sup>)

$H_1$  = Enthalpie der Ausgangsstoffe (kJ · mol<sup>-1</sup>)

$H_2$  = Enthalpie der Reaktionsprodukte (kJ · mol<sup>-1</sup>)

$W$  = Volumenarbeit (Reaktionen mit Gasen) (Nm · mol<sup>-1</sup>, kJ · mol<sup>-1</sup>)

1.)  $H_1 > H_2$ ,  $\Delta H < 0 \rightarrow$  Wärme wird abgegeben, **exotherme Reaktion**

2.)  $H_1 < H_2$ ,  $\Delta H > 0 \rightarrow$  Wärme wird aufgenommen, **endotherme Reaktion**

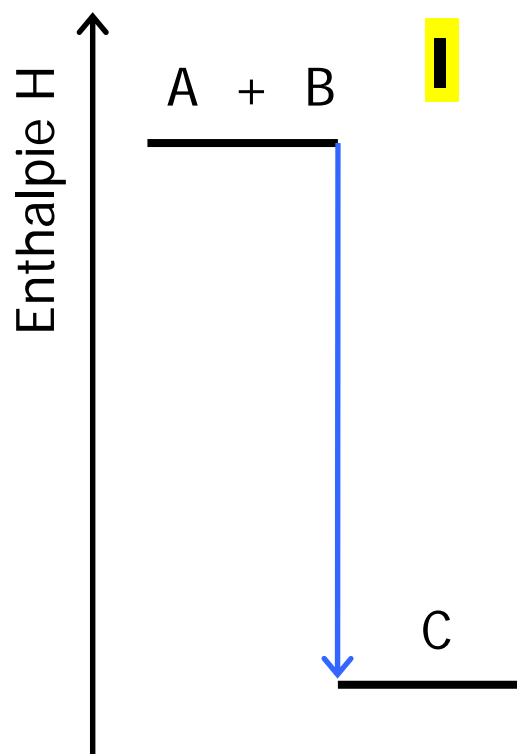
## Standard-Reaktionsenthalpie

Die **Standard-Reaktionsenthalpie**  $\Delta H^0$  ist der  $\Delta H$ -Wert für

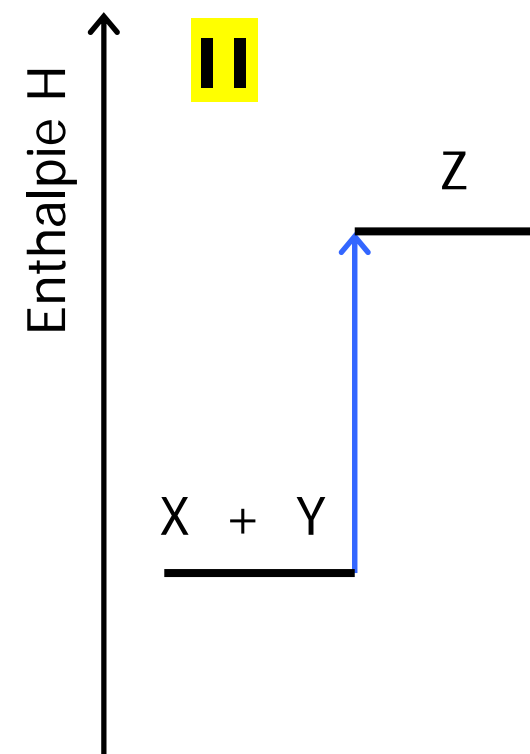
... die gegebene Reaktionsgleichung entsprechend Stöchiometrie und Aggregatzustand.

... die Standard-Temperatur von 25 °C.

... den Norm-Atmosphärendruck von 101 325 Pa



$\Delta H = - n \text{ kJ/mol}$   
exotherme Reaktion

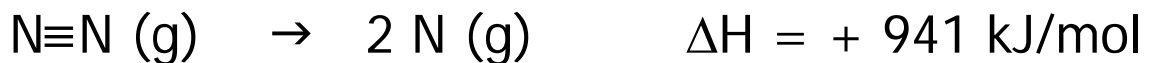


$\Delta H = + m \text{ kJ/mol}$   
endotherme Reaktion

## Bindungsenergie

Die Reaktionsenthalpie  $\Delta H$  einer chemischen Reaktion kann durch Bruch der Bindungen der Ausgangsstoffe (Zufuhr von Energie) und Knüpfung der neuen Bindungen der Reaktionsprodukte (Freiwerden von Energie) beschrieben werden.

### Dissoziationsenergie zweiatomiger Moleküle



Für mehratomige Moleküle werden **mittlere Bindungsenergien** angegeben:





Berechnung der Standard-Reaktionsenthalpie chemischer Reaktionen aus Bindungsenergien

- Aufbrechen aller Bindungen
- Knüpfung der neuen Bindungen

## Reaktionsenthalpie und Standard-Reaktionsenthalpie

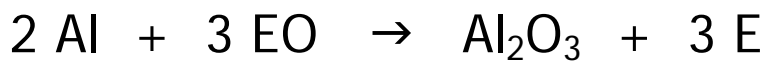


Verdampfungsenthalpie  $\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{g})$  wird  
infolge Kondensation zusätzlich frei

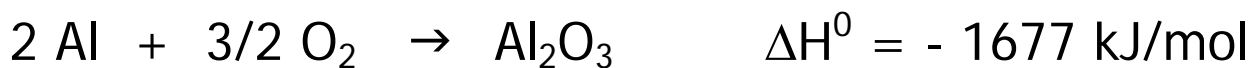
Wie viel Kondensationswärme wird frei, wenn 1 L  
Wasser durch Kondensation aus Wasserdampf  
gebildet wird?

## Aluminothermie

Verfahren zur Herstellung metallischer Elemente E aus den entsprechenden Oxiden EO durch die Umsetzung mit elementarem Aluminium



Grundlage ist die hohe Affinität von Sauerstoff zu Aluminium



Wie viel Reaktionswärme wird freigesetzt, wenn 36,0 g Aluminium mit überschüssigem Eisen(III)-oxid reagieren (aluminothermisches Schweißen)?