

Seiten 52/53

0. Einführungsversuche: Skizzieren Sie die folgenden Versuchsaufbauten und die Beobachtungen:

Lösen des Salzes NaOH

Lösen des Salzes CaCl<sub>2</sub>

Lösen des Salzes CaCl<sub>2</sub> \* H<sub>2</sub>O

Mischen von konz. Schwefelsäure mit Wasser:

Wärmesäcklein:

1. Lesen Sie Seiten 52 und 53 bis Ende erster Abschnitt S.53. Fassen Sie kurz zusammen, welches die wichtigsten Erkenntnisse waren von:

Mayer:

Lavoisier:

Joule:

2. Lesen Sie den mittleren Abschnitt und fassen Sie die Definitionen zusammen von:

System:

Offenes System:

geschlossenes System:

Isolierte Systeme:

3. Die chemische Energie: Wirkliche keine Änderung der kinetischen und der potentiellen Energie?

Lesen Sie den letzten Abschnitt. Wir diskutieren darüber.

Seite 54

Lesen Sie die Seite 54 einmal durch ohne Notizen oder Anmerkungen zu machen. Dann formulieren sie die unten angegebenen Beziehungen.

Notieren Sie hier die spezifische Wärmekapazität von Wasser bei konstantem Druck:

$C_p =$

Und die Beziehung zwischen der Wärmemenge  $Q$  (Enthalpie) und der Masse/Temperatur/Wärmekapazität:

$Q =$

Was ist die molare Reaktionsenthalpie und warum muss man dazu immer die Reaktionsgleichung angeben?

### **Molare Verbrennungsenthalpie von Ethanol**

Skizzieren Sie den Versuchsaufbau:

Volumen Wasser:

Temperaturerhöhung:

Massenverlust Ethanol:

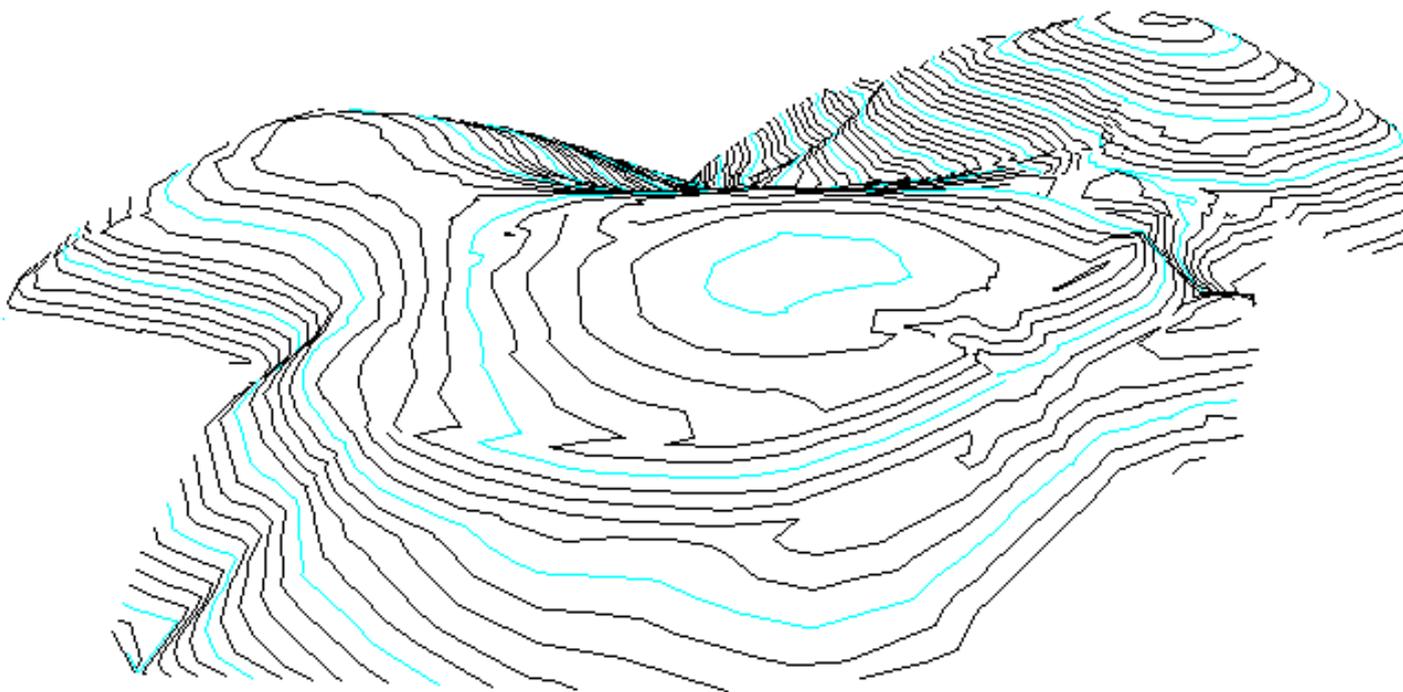
Berechnen Sie mit diesen Angaben die molare Verbrennungsenthalpie von Ethanol

Seite 54

Lösen Sie die folgenden Aufgaben:

Aufgabe:	Hinweise:
A2	$\Delta H$ berechnen mit Hilfe von $C_p$
A4	Bezogen auf 1 mol Aluminium
A5	

## Seite 56 Die Berechnung von Reaktionsenthalpien – Der Satz von Hess

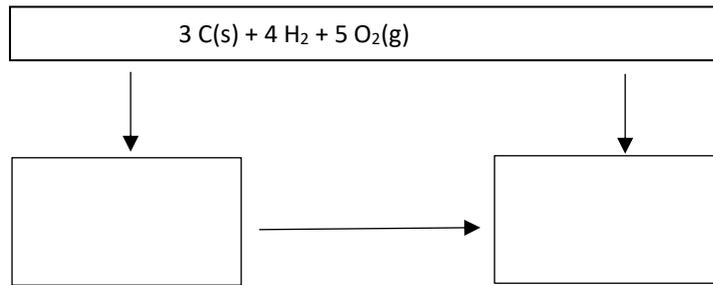


Formulieren Sie hier die Definition für die molare Standardbildungsenthalpie:

Warum haben die meisten Elementarstoffe eine  $\Delta_f H_m^0 = 0$ ?

<b>Aufgabe:</b>	<b>Hinweise:</b>
A2 Formulieren Sie zuerst die Gleichung, mit der man von Bildungsenthalpien zu Reaktionsenthalpien kommt:	Die Ausgangsstoffe (Edukte) haben ja alle den Wert 0. Also muss man aus der Tabelle nur noch die Werte der Produkte summieren. Die Differenz der Bildungsenthalpien entspricht dann der Reaktionsenthalpien und da die eine Summe = 0 ist, ist die Differenz einfach zu berechnen (gilt für $\Delta_R H_1^0$ und $\Delta_R H_2^0$ ). Jetzt ist nur noch mit dem Satz von Hess $\Delta_R H_3^0$ zu berechnen.

Für viele Verbindungen lässt sich die tabellierte Bildungsenthalpie nicht direkt bestimmen, es gelingt aber auf einem Umweg. Ergänzen sie das folgende Schema entsprechend der Aufgabe A2 Seite 56:



Rechnen Sie die Enthalpien nach und tragen Sie sie bei den Pfeilen entsprechend ein.

**Gitterenergie:**

Zeichnen Sie hier das mittlere Schema auf Seite 57 ab:

**Ionen in wässriger Lösung:**

Die Bildung von von einzelnen aquatisierten Ionen kann energetisch nicht erfasst werden, weil zugleich ein gegenteilig geladenes Ion auch aquatisiert wird. Der ionenspezifische Beitrag zur Gesamtlösungsenthalpie ist deshalb nicht bekannt. Man wählt deshalb das aquatisierte  $\text{H}^+$ -Ion  $\text{H}^+(\text{aq})$  als Referenz. Ihm wird die Bildungsenthalpie = 0 zugeschrieben. Zeigen Sie an einer Gleichung, warum das von Vorteil ist:

S. 58

Lesen Sie den Haupttext aufmerksam durch. Formulieren Sie danach mit eigenen Worten die Definition der molaren Bindungsdissoziationsenergie, in der Regel abgekürzt:

Bindungsenthalpie:

<b>Aufgabe:</b>	<b>Hinweise:</b>
<p>A1 Anstelle der Aufgabe mit H<sub>2</sub>S, für die die konkreten Werte für die Verdampfungsenthalpie von Schwefel fehlen, berechnen Sie die Bindungsenthalpie der O-H Bindung, analog zum Beispiel der C-H-Bindung.</p>	<p>Der Wert ist zwar in der Tabelle, kann aber aus ebenfalls in der Tabelle vorhandenen Werten berechnet werden.</p>
<p>A2</p>	<p>The diagram illustrates the reaction of ethene with bromine. At the top, the structural formula of ethene is shown: two carbon atoms are connected by a double bond, with two hydrogen atoms attached to each carbon. Below this is the structural formula of a bromine molecule, consisting of two bromine atoms connected by a single bond. A downward-pointing arrow indicates the reaction. At the bottom, the structural formula of 1,2-dibromoethane is shown: two carbon atoms are connected by a single bond, with two hydrogen atoms attached to each carbon, and one bromine atom attached to each carbon.</p>

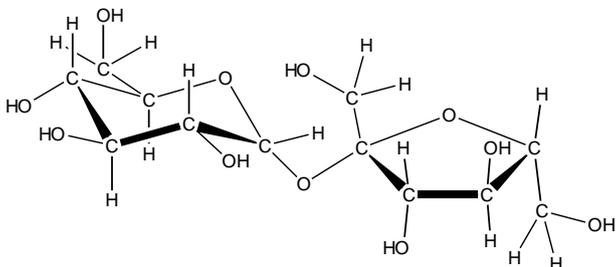
### Erdgas oder Erdöl

Wir wissen, dass kondensierte Phasen etwa 1000mal dichter sind als gasförmige. Also entspricht 1 m<sup>3</sup> (g) ungefähr 1 L (l), dann sind Erdgas und Heizöl ähnlich in der Heizleistung. Welche Rechnung liegt der Idee zu Grunde, dass Erdgas weniger CO<sub>2</sub> erzeugt?

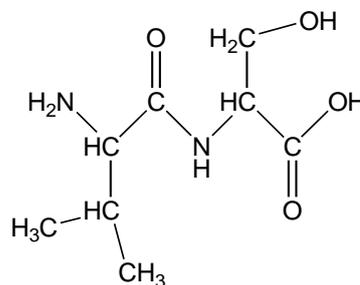
# Energie in Nahrungsmitteln

1 cal entspricht 4.18 Joule

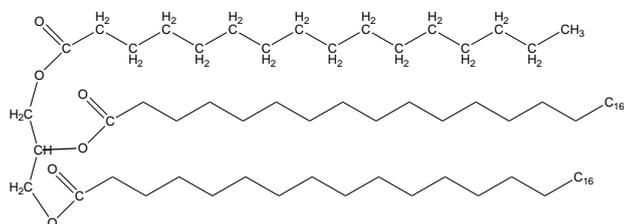
Berechnen Sie mittels Bindungsenthalpien die Reaktionsenthalpien von je 100 g Kohlenhydrate (Saccharose  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), Fett ( $C_{51}H_{98}O_6$ ) und einem Ausschnitt aus einem Eiweiss ( $C_8H_{16}O_4N_2$ ) in kcal und kJ.



Saccharose (Rübenzucker)



Ein Ausschnitt aus einem Eiweiss (wird zu Harnstoff  $[NH_2(CO)NH_2]$ ,  $CO_2$  und  $H_2O$  abgebaut.)



Ein Fett-Molekül  $C_{51}H_{98}O_6$   
C-C: 47 H-H: 98 C=O: 3 C-O: 6

Die Versorgung mit Energie eines lebenden Organismus' beruht hauptsächlich auf den drei Stoffklassen Kohlenhydrate (Zucker, Mehl, Teigwaren), Fette (Oele, Butter) und Eiweiss (=Protein, Fleisch, Fisch, Geflügel). Vitamine werden nur in Milligramm-Mengen eingenommen, Mineralstoffe besitzen keine nutzbare Energie.

Der Energiegehalt von je 100 g energiereicher Stoffe beträgt:

	kcal	kJoule
Kohlenhydrate		
Fett		
Eiweiss		

Meistens enthalten Nahrungsmittel diese drei Stoffe in unterschiedlicher Zusammensetzung und daneben einen Grossteil Wasser. Einige typische Vertreter haben pro 100 g Trockenmasse folgende Nährwerte:

	Gramm Kohlenhydrate	kJ	Gramm Fett	kJ	Gramm Eiweiss	kJ	Gramm Wasser/ Ballaststoffe	kJ pro 100 g
Schwein (fett)	-		28		14			
Geflügel	1		4		20			
Kartoffeln	19		-		2			
Teigwaren	76		1		11			
Karotten	9.1		0.2		1.1			

# Energie in Nahrungsmitteln II

Lesen Sie als erstes hinten im Skript das Arbeitsblatt: Energieumsatz beim Menschen durch.  
Lösen Sie dazu die Aufgabe 2

Rechnen Sie bei den folgenden Aufgaben mit den Energiewerten auf dem letzten Arbeitsblatt.

1. Ein Mensch isst 20 g Butter (2 Brotaufstriche, reines Fett). Wie hoch könnte er damit theoretisch steigen wenn sein Grundumsatz vernachlässigt wird?

2. Berechnen Sie Ihren Energiebedarf für mittlere körperliche Tätigkeit nach der Formel:  
Idealgewicht = (Körpergröße – 100 – 10%) \* 140 kJ

3. Der nächsten Rechnung liegen Mittelwerte zugrunde.  
Der Energiebedarf in kJoule für 30 min der folgenden Tätigkeit beträgt:

Velofahren:	628
Sitzen:	197
Gehen:	213
Treppensteigen	1926

Sie haben an einem Familienfest am Sonntagnachmittag praktisch das Doppelte gegessen als sonst. Ihre zusätzliche Energiezufuhr beträgt 5000 kJ. Wie lange müssten Sie die Tätigkeiten unter 4. ausüben um diese Energie wieder zu verbrauchen?

---

S.60/61

# Entropie

Wir betrachten einen Eiskristall schwimmend im Wasser und es wird gerade auf  $-0.5^{\circ}\text{C}$  abgekühlt:

Nun wird wieder auf  $+0.5^{\circ}\text{C}$  erwärmt:

Wie sieht das aus aus der Sicht eines Mikrokristalles aus vier Teilchen in einer Mikrowelt mit sechs Positionierungsmöglichkeiten:

S. 62

Es gilt in diesem Fall folgende Beziehung:

Wie wird das angewendet auf eine Reaktion wie der Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser:

Wie wird die Entropie gemessen?

⇒ Lesen Sie die Seiten 60-61 durch



Folgende Aufgaben sind zu lösen:

Seite 63, A1:

Seite 64:

Aufgabe 1 b mit **Bildungsenthalpien und Bindungsenthalpien**

Thermodynamische Daten

anorganische Verbindungen	Zustand	$\Delta_f H^\circ_m$	$\Delta_f G^\circ_m$	$S^\circ_m$
		$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	
Ag	s	0	0	43
Ag <sup>+</sup>	aq	106	77	73
AgCl	s	-127	-110	96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	s	-1676		
Br <sub>2</sub>	g	31	3	245
Br <sub>2</sub>	l	0	0	152
Br	aq	-122		
C	g	717	671	158
C (Graphit)	S	0	0	6
C (Diamant)	s	2	3	2
CO	g	-111	-137	197
CO <sub>2</sub>	g	-393	-394	213
Ca <sup>2+</sup>	aq	-543	-554	-53
CaCO <sub>3</sub>	s	-1207	-1129	93
CaCl <sub>2</sub> · 6 H <sub>2</sub> O	s	-2607		
CaO	s	-635	-604	40
CaSO <sub>4</sub>	s	-1434	-1322	107
CaSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O	s	-2033	-1797	194
Cl <sub>2</sub>	g	0	0	223

Berechnen der Reaktionsenthalpie mit Bildungsenthalpien:  
Reaktionsgleichung aufstellen

Bildungsenthalpien vorher/nachher unter Reaktionsgleichung schreiben  
gemäss Tabelle links

Zunahme = positive Reaktionsenthalpie  
Abnahme = negative Reaktionsenthalpie

Bindungsenthalpien in kJ/mol-Bindungen

Einfachbindungen				
	C	H	O	N
C	347	415	357	293
H	415	437	465	392
O	357	465	152	201
N	293	392	201	163
F	462	567	193	279
Cl	336	432	208	192
Br	290	365	234	
I	231	298	234	
P	294	323	335	
S	272	367		
Si	285	318	451	

Berechnen der Reaktionsenthalpie mit Bindungsenthalpien  
Reaktionsgleichung aufstellen und Moleküle zeichnen

Bindungsenthalpien gemäss Tabelle links für alle Bindungen  
zusammenzählen und unter Moleküle schreiben. Summe der Spaltungen  
berechnen und mit pos. Vorzeichen versehen. Summe der Bildungen  
Berechnen und mit neg. Vorzeichen versehen. Differenz der Beträge  
nehmen und mit dem Vorzeichenunter des grösseren Betrages versehen.

Thermodynamische Daten

anorganische Verbindungen	Zustand	$\Delta_f H^\circ_m$	$\Delta_f G^\circ_m$	$S^\circ_m$
		$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$
Ag	s	0	0	43
Ag <sup>+</sup>	aq	106	77	73
AgCl	s	-127	-110	96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	s	-1676		
Br <sub>2</sub>	g	31	3	245
Br <sub>2</sub>	l	0	0	152
Br	aq	-122		
C	g	717	671	158
C (Graphit)	S	0	0	6
C (Diamant)	s	2	3	2
CO	g	-111	-137	197
CO <sub>2</sub>	g	-393	-394	213
Ca <sup>2+</sup>	aq	-543	-554	-53
CaCO <sub>3</sub>	s	-1207	-1129	93
CaCl <sub>2</sub> · 6 H <sub>2</sub> O	s	-2607		
CaO	s	-635	-604	40
CaSO <sub>4</sub>	s	-1434	-1322	107
CaSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O	s	-2033	-1797	194
Cl <sub>2</sub>	g	0	0	223

Berechnen der Reaktionsentropie

Entropien aus der Tabelle links herausschreiben und unter die Moleküle  
in der Reaktionsgleichung schreiben. Summen links und rechts bilden.  
Zunahme gibt eine positive Reaktionsentropie, Abnahme eine negative.  
nehmen und mit dem Vorzeichenunter des grösseren Betrages versehen.

Zunahme = positive Reaktionsenthalpie  
Abnahme = negative Reaktionsenthalpie

Berechnen der freien Enthalpie

Einsetzen der berechneten Reaktionenthalpie und Reaktionsetropie  
(/1000 teilen, da nur Joule und nicht kJ) In Gibbs-Helmholtzgleichung.

Aufgabe 1 e mit **Bildungsenthalpien**:

Aufgabe 2, mit **Bindungsenthalpien**

Aufgabe 3: