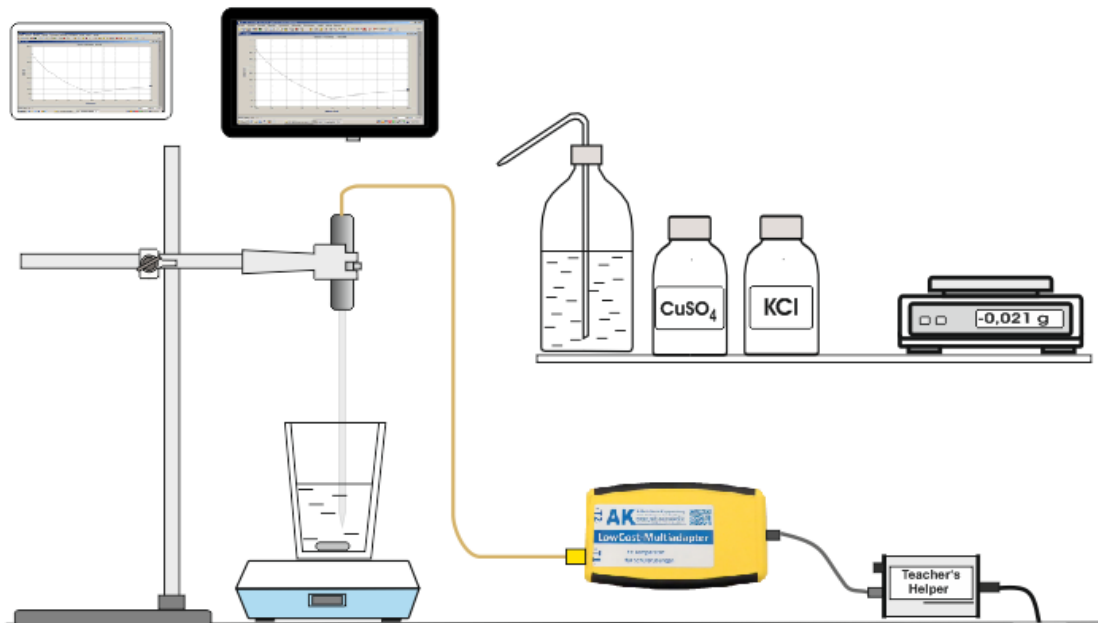




Prinzip

Eine Salzportion wird im Kalorimeter gelöst und die dabei entstehende Wärmemenge berechnet. Nimmt man wasserfreies Kupfersulfat und blaues Kupfersulfat, so lässt sich nach dem Satz von Hess die Hydratationswärme berechnen.

Aufbau  
und  
Vorbe-  
reitung



Benötigte Geräte

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> AK LowCost MultiAdapter T/T   | <input type="checkbox"/> Uhrglasschale              |
| <input type="checkbox"/> USB-Kabel / Netzteil          | <input type="checkbox"/> 1 Muffe                    |
| <input type="checkbox"/> Teacher's Helper /Netzteil    | <input type="checkbox"/> 1 Greifklemme, klein       |
| <input type="checkbox"/> Tablet/Laptop oder Smartphone | <input type="checkbox"/> 1 Magnetrührer             |
| <input type="checkbox"/> Temperaturfühler              | <input type="checkbox"/> 1 Rührmagnet (stark)       |
| <input type="checkbox"/> 1 Styroporbecher, 250 mL      | <input type="checkbox"/> 1 Waage (mind. 200g/0,01g) |
| <input type="checkbox"/> 1 Stativ                      |   |

Verwendete Chemikalien

- |   |
|---|
| <input type="checkbox"/> destilliertes Wasser                   |
| <input type="checkbox"/> CuSO <sub>4</sub>                      |
| <input type="checkbox"/> CuSO <sub>4</sub> · 5 H <sub>2</sub> O |
| <input type="checkbox"/> KCl                                    |

Vorbereitung des Versuchs

- ▶ Geräte entsprechend der Zeichnung bereitstellen und aufbauen.
- ▶ Den Styroporbecher auf die Waage stellen, den Rührmagnet zugeben und austarieren.
- ▶ Ca. 180 g Wasser von Raumtemperatur in den Becher füllen und die Masse ( $m_W$ ) notieren.
- ▶ Den Becher auf den Magnetrührer stellen und den Temperaturfühler (T1) eintauchen.

Vorbereitung an den Tablets / Laptops (Clients)

- ▶ Am Tablet / Laptop / Smartphone Einstellungen oder mit **WLAN** eine Verbindung herstellen: **ak.net** anwählen und warten bis die Verbindung eingebucht ist.
- ▶ Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile/URL-Zeile (nicht in die Google-Suchzeile!) **http://labor.ak** eingeben. Es erscheinen 4 Bildschirme...
- ▶ **AK MiniAnalytik** wählen. Im erscheinenden Bild können die Menüicons neben- oder (bei kleinen Bildschirmen) untereinander angeordnet sein.
- ▶ Icon 'Messen' (2. Von links) und **Mit Messgerät verbinden** auswählen.
- ▶ **Messgrößen-Auswahl:**  **Temp. 1 (T1)**
- ▶ **Konfiguration-Methode:** Y-Achse T1 Min **10,00** °C und T1 Max **30,00** °C  
T1 Nachkomma **2** und Linien  **ja**
- ▶  **X-Achse: Zeit**
- ▶ X-Achse Zeit Intervall **2,0** s und Zeit Max **100,0** s  
Zeit Nachkomma **1** und

Der Messbildschirm wird aufgebaut und Werte angezeigt.



## Durchführung

- ▶ Mit **Aufzeichnung starten** die Messwertspeicherung starten.
- ▶ Uhrglas auf die Waage stellen, ca. 5 g Salz (z.B.: KCl - Raumtemperatur) zugeben und austarieren
- ▶ Salz in den Styroporbecher geben, das Uhrglas zurückwiegen und die Masse des zugegebenen Salzes ( $m_S$ ) notieren (Vorzeichen nicht beachten).
- ▶ Nach ca. 100 s **Stoppen** drücken.

Masse (Wasser) $m_W$		g
Masse (Salz) $m_S$ :		g

## Speichern

- ▶ Icon oben links und **Speichern unter** wählen
- ▶ Unter ‚Projekt Speichern‘ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) **G02 User** und **OK**

## Excel-Export

- ▶ Icon oben links und **Datenreihen exportieren** wählen
- ▶ Unter ‚Datenreihen Speichern‘ Projekt  **G02 User** auswählen und **Speichern**
- ▶ Je nach Gerät mit ‚Speichern unter‘ noch Pfad aussuchen und bestätigen

## Öffnen bei Bedarf

- ▶ Ist der Teacher's Helper nicht mehr zu erreichen: Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der Google-Suchzeile! **http://labor.ak** eingeben. -
- ▶ Icon oben links und **Laden** "Projekt Laden" **G02 User** direkt auswählen und → anklicken

## Bestimmung der Temperaturdifferenz

Für das Lösen des Salzes wird eine bestimmte Wärmemenge verbraucht oder frei.

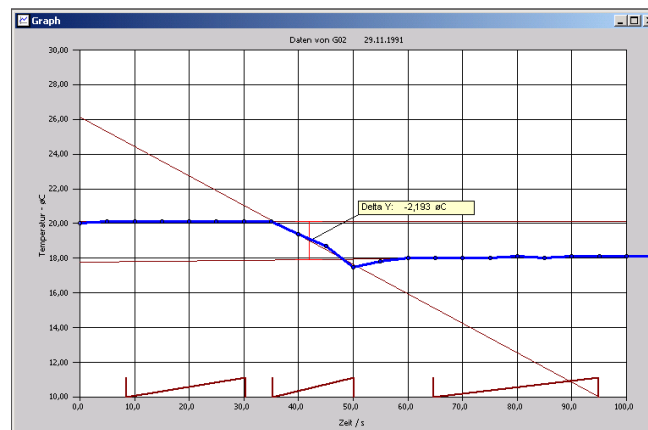
$$Q = Q_W + Q_{Kal}$$

$$Q = (c_W \cdot m_W + W_{Kal}) \cdot \Delta T_1$$

Man geht davon aus, dass Wasser und Salz die gleiche Ausgangstemperatur haben, und dass die Lösung (Wasser und Salz) die gleiche Wärmekapazität wie Wasser besitzt. Hier erfolgt die Bestimmung der Temperaturdifferenz nach der Drei-Geraden-Methode.

## Auswertung

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) **Drei-Geraden-Methode**
- ▶ Folgen Sie den Anweisungen (mit 'Abhaken') **1.** für die **Vorperiode**, **2. Hauptperiode** und **3. Nachperiode**
- ▶ Dann auf **Berechnen** tippen. Die Temperaturdifferenz wird als Delta angegeben.
- ▶ Evtl. die Position des Ergebniskästchens ändern.





Berechnung der Lösungswärme:

$$Q = (c_W \cdot m_W + W_{Kal}) \cdot \Delta T_1$$

Für die Beispielrechnung werden folgende Werte verwendet:

Spezifische Wärmekapazität von Wasser:	$c_W$	4.185 J/g·K
Masse des Wassers:	$m_W$	175.5 g
Masse des Salzes (KCl):	$m_S$	6.15 g
Wasserwert:	$W_{Kal}$	25.5 J/K

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Werte umrechnen** und **bel. Funktion** **OK**
- ▶ **Nur Rechner** Termeingabe: **4.187\*175.5+25.5)\*2.13** **=**

Als Ergebnis liefert der Rechner pro 6,15 g Kaliumchlorid:  $Q = 1615 \text{ J}$

Die Umrechnung auf molare Bedingungen:  $M(\text{KCl}) = 74.6 \text{ g/mol}$

$$\Delta H^0 = \Delta H \cdot \frac{M}{m}$$

Auswertung

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Werte umrechnen** und **bel. Funktion** **OK**
- ▶ **Nur Rechner** Termeingabe: **1615/6.15\*74.6** **=**

Als Ergebnis liefert der Rechner:  $\Delta H = 19.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Literaturwert:  $\text{KCl}_{(s)} \rightarrow \text{KCl}_{(aq)}$   $\Delta H(\text{KCl}_{(s)}) = 18.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  1)  
 $\Delta H(\text{KCl}_{(aq)}) = 14 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  2)

Zur Bestimmung der Hydratationswärme von wasserfreiem Kupfersulfat subtrahiert man nach dem Satz von Hess nur die Lösungswärmen der beiden Kupfersalze von einander.

Literaturwerte:	$\text{CuSO}_4(s)$	$\rightarrow \text{CuSO}_4(aq)$	$\Delta H^0 = -67 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(s)$	$\rightarrow \text{CuSO}_4(aq)$	$\Delta H^0 = 11 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
	$\text{CuSO}_4(s) + 5\text{H}_2\text{O}(l)$	$\rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(s)$	$\Delta H^0 = -78 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Beachten:



Entsorgung

entfällt

Literatur

Frei nach Praktikumsunterlagen des Chem. Instituts Dr. Flad Stuttgart 1988  
 F. Kappenberg, Computer im Chemieunterricht 1988, S. 151, Verlag Dr. Flad, Stuttgart  
 1) G. I. Schelinski, Energetik chemischer Reaktionen, Aulis Verlag Köln, 1981  
 2) K. Dehnert et al., Allgemeine Chemie, Schroedel Verlag, Hannover, 1987