

Entsprechend den „Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht“ (RiSU) vom 26.02.2016 ist für jedes im Unterricht durchgeführte Experiment eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen.

Experiment	Bestimmung der Reaktionsenthalpie einer komplexchemischen Reaktion																																																																																	
<b>Chemikalien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat</li> <li>• Ammoniaklösung (halbkonzentriert)</li> <li>• Wasser</li> </ul>																																																																																	
<b>Geräte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalorimetergefäß</li> <li>• Glasstab</li> <li>• Spatel</li> <li>• Waage</li> <li>• Messzylinder (25 ml)</li> <li>• Thermometer</li> </ul>																																																																																	
<b>Durchführung</b>	Es werden 2,5 g Kupfersulfat-5-hydrat in 20 ml Wasser gelöst. Im Kalorimeter wird zu dieser Lösung 20 ml halbkonzentrierte Ammoniaklösung gegeben und der Temperaturverlauf über 2 Minuten gemessen.																																																																																	
<b>Beobachtungen</b>	Nach zwischenzeitlicher Entstehung eines hellblauen Niederschlags entsteht eine tiefblau gefärbte Lösung. Die Lösung erwärmt sich.																																																																																	
<b>Erklärungen</b>	$\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ $\text{Cu}^{2+} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$ $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + 4 \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 6 \text{H}_2\text{O}$ $\Delta_R H = - m_{\text{Lös.}} \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) : m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ $= - 42,5 \text{ g} \cdot 4,19 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \Delta T \cdot 249,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} : 2,5 \text{ g}$ <p>Mögliche Lösungen finden sich in der Tabelle in Abhängigkeit von der ermittelten Temperaturdifferenz:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td><math>\Delta T</math></td> <td>4,7</td> <td>4,8</td> <td>4,9</td> <td>5,0</td> <td>5,1</td> <td>5,2</td> <td>5,3</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta_R H_{(m=42,5\text{g})}</math></td> <td>83448</td> <td>85224</td> <td>86999</td> <td>88775</td> <td>90550</td> <td>92326</td> <td>94101</td> <td>J/mol</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta_R H_{(m=40\text{g})}</math></td> <td>78539</td> <td>80210</td> <td>81882</td> <td>83553</td> <td>85224</td> <td>86895</td> <td>88566</td> <td>J/mol</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta T</math></td> <td>5,4</td> <td>5,5</td> <td>5,6</td> <td>5,7</td> <td>5,8</td> <td>5,9</td> <td>6,0</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta_R H_{(m=42,5\text{g})}</math></td> <td>95877</td> <td>97652</td> <td>99428</td> <td>101203</td> <td>102979</td> <td>104754</td> <td>106530</td> <td>J/mol</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta_R H_{(m=40\text{g})}</math></td> <td>90237</td> <td>91908</td> <td>93579</td> <td>95250</td> <td>96921</td> <td>98592</td> <td>100263</td> <td>J/mol</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta T</math></td> <td>6,1</td> <td>6,2</td> <td>6,3</td> <td>6,4</td> <td>6,5</td> <td>6,6</td> <td>6,7</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta_R H_{(m=42,5\text{g})}</math></td> <td>108305</td> <td>110080</td> <td>111856</td> <td>113631</td> <td>115407</td> <td>117182</td> <td>118958</td> <td>J/mol</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta_R H_{(m=40\text{g})}</math></td> <td>101934</td> <td>103605</td> <td>105276</td> <td>106947</td> <td>108618</td> <td>110289</td> <td>111960</td> <td>J/mol</td> </tr> </tbody> </table>	$\Delta T$	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	K	$\Delta_R H_{(m=42,5\text{g})}$	83448	85224	86999	88775	90550	92326	94101	J/mol	$\Delta_R H_{(m=40\text{g})}$	78539	80210	81882	83553	85224	86895	88566	J/mol	$\Delta T$	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	K	$\Delta_R H_{(m=42,5\text{g})}$	95877	97652	99428	101203	102979	104754	106530	J/mol	$\Delta_R H_{(m=40\text{g})}$	90237	91908	93579	95250	96921	98592	100263	J/mol	$\Delta T$	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	K	$\Delta_R H_{(m=42,5\text{g})}$	108305	110080	111856	113631	115407	117182	118958	J/mol	$\Delta_R H_{(m=40\text{g})}$	101934	103605	105276	106947	108618	110289	111960	J/mol
$\Delta T$	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	K																																																																										
$\Delta_R H_{(m=42,5\text{g})}$	83448	85224	86999	88775	90550	92326	94101	J/mol																																																																										
$\Delta_R H_{(m=40\text{g})}$	78539	80210	81882	83553	85224	86895	88566	J/mol																																																																										
$\Delta T$	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	K																																																																										
$\Delta_R H_{(m=42,5\text{g})}$	95877	97652	99428	101203	102979	104754	106530	J/mol																																																																										
$\Delta_R H_{(m=40\text{g})}$	90237	91908	93579	95250	96921	98592	100263	J/mol																																																																										
$\Delta T$	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	K																																																																										
$\Delta_R H_{(m=42,5\text{g})}$	108305	110080	111856	113631	115407	117182	118958	J/mol																																																																										
$\Delta_R H_{(m=40\text{g})}$	101934	103605	105276	106947	108618	110289	111960	J/mol																																																																										
	In der Tabelle ist die Berechnung mit 40 g Lösung (20 g Wasser + 20 g Ammoniak-Lösung) sowie 42,5 g Lösung (20 g Wasser + 20 g Ammoniak-Lösung + 2,5 g Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat) angegeben. Die Ergebnisse sind mit negativem Vorzeichen zu versehen.																																																																																	

