

## M.1.16

### Energetik und Kinetik – Energetik chemischer Reaktionen

## Rund um den Kalk – Experimente und Aufgaben

Nach einer Idee von Hubert Giar



© RAABE 2025

© Dawid Kalisinski Photography/iStock/Getty Images Plus

In diesen Materialien werden grundlegende Unterrichtsthemen wie qualitative und quantitative Analyse, Kinetik, Energetik, chemisches Gleichgewicht und angewandte Chemie unter dem übergeordneten Thema Kalk behandelt. Die Schülerinnen und Schüler werden hier mit der Komplexität chemischer Vorgänge konfrontiert. Sie sollen dabei auch lernen, alltägliche Vorgänge und Produkte aus chemischer Sicht zu beurteilen und zu bewerten.

---

## KOMPETENZPROFIL

<b>Klassenstufe:</b>	11/12/13
<b>Dauer:</b>	8 Unterrichtsstunden
<b>Kompetenzen:</b>	1. Fachkompetenz; 2. Kommunikationskompetenz; 3. Bewertungskompetenz
<b>Inhalt:</b>	Chemische Reaktion, Energiekonzept, Gleichgewichtskonzept, Protonenübergänge, Erkennen und Anwenden von Gesetzen, Struktur-Eigenschafts-Konzept, Donator-Akzeptor-Konzept

---

## Fachliche Hinweise

In dieser Einheit werden grundlegende Unterrichtsthemen wie qualitative und quantitative Analyse, Kinetik, Energetik, chemisches Gleichgewicht und angewandte Chemie unter dem übergeordneten Thema Kalk behandelt. Die Schülerinnen und Schüler werden hier mit der Komplexität chemischer Vorgänge konfrontiert. Sie sollen dabei auch lernen, alltägliche Vorgänge und Produkte aus chemischer Sicht zu beurteilen und zu bewerten.

## Didaktisch-methodische Hinweise

Im Mittelpunkt eines jeden Arbeitsblattes stehen ein oder mehrere Experimente. In den meisten Fällen sind die Versuche nach den angegebenen Versuchsanleitungen durchzuführen. Für besonders aufwendige Versuche sind die Versuchsergebnisse angegeben. Die Versuche sind so ausgewählt, dass sie grundsätzlich in jedem Chemiefachraum durchgeführt werden können und nur wenige Gefahrstoffe eingesetzt werden müssen. Jedes Arbeitsblatt hat einen Aufgabenteil. Darin werden die Beschreibungen, Auswertungen oder Interpretationen der Versuche strukturiert. In bestimmten Fällen sind noch zusätzliche Informationen zu den chemischen Gesetzmäßigkeiten angegeben. In der Regel sollten die Aufgaben mit den Angaben, den ermittelten Messwerten und natürlich mit der Unterrichtsbasis zum jeweiligen Thema ohne weitere Recherche möglich sein.

Die Bearbeitung aller Arbeitsblätter in der angegebenen Reihenfolge ist gut geeignet, um zentrale Themen der Qualifikationsphase in komplexen Zusammenhängen zu wiederholen. Einzelne Arbeitsblätter können auch jeweils unabhängig bei einzelnen Unterrichtsthemen wie Reaktionskinetik, Analysen oder Kunststoffe eingesetzt werden.

## Auf einen Blick



### Vorbemerkung

Die GBU zu den verschiedenen Versuchen finden Sie als Download im Zusatzmaterial.

### Materialübersicht

M 1	Technischer Kalkkreislauf
M 2	Wie hart ist unser Trinkwasser?
M 3	Kinetik
M 4	Energetik
M 5	Tropfsteinhöhlen
M 6	Bunte Steine
M 7	Kalk im Badezimmer
M 8	Kalk in Kunststoffen

### Erklärung zu den Symbolen

	Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau.				
	leichtes Niveau		mittleres Niveau		schwieriges Niveau

## Technischer Kalkkreislauf

Kalkstein ist in der Erdkruste weit verbreitet. In Deutschland kommt Kalk in oberflächennahen Schichten in den nördlichen Kalkalpen von Oberstdorf bis Berchtesgaden, in der schwäbischen Alb, in der Fränkischen Alb und im südwestdeutschen Schichtstufenland vor. Auch der Kreidefelsen auf der Insel Rügen besteht aus Kalk. Geologisch sind diese Gesteinsformationen dem Mesozoikum (Erdmittelalter) zuzuordnen. Die entsprechenden Materialien wurden auf dem Boden des mesozoischen Meeres abgelagert (sedimentiert). Nach Austrocknung abgetrennter Randmeere und anschließender Auffaltung wurde der Kalk Bestandteil der festen Gesteinshülle der Erde (Lithosphäre). Kalkstein ist damit ein Sedimentgestein. Sein chemischer Name ist Calciumcarbonat.

### Schülerversuch: Kalk brennen

Vorbereitung: 5 min, Durchführung: 15 min

#### Chemikalien

- Calciumcarbonat (pulverförmig)
- gebrannter Kalk (optional) 
- Salzsäure verd. 

#### Geräte

- Muffelofen
- Porzellantiegel
- 3 Reagenzgläser
- Becherglas (50 ml)
- Tropfpipette
- Schutzbrille pro Person

**Entsorgung:** saure und alkalische Lösungen neutralisieren und in den Ausguss geben, Feststoffe in den Hausmüll geben.

**Achtung:** Gebrannter Kalk kann mit Wasser sehr heftig reagieren. Oft tritt die heftige und manchmal explosionsartige Reaktion mit zeitlicher Verzögerung auf. 

#### Versuchsdurchführung

##### 1. Kalk brennen

Ein Porzellantiegel wird zu einem Drittel mit Calciumcarbonat gefüllt und anschließend in einem Muffelofen über Nacht bei 1100 °C erhitzt.

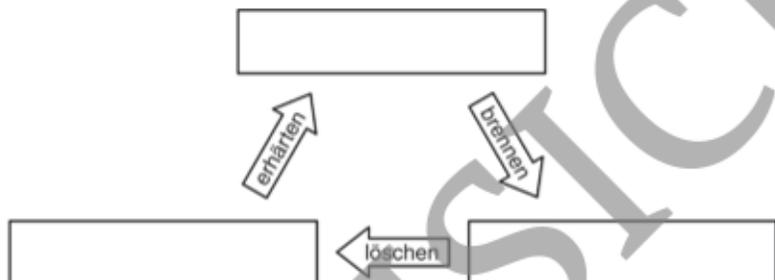
Eine Spatelspitze des abgekühlten Reaktionsproduktes aus dem Muffelofen kommt in ein Reagenzglas und wird mit einigen Tropfen Salzsäure versetzt. In einem weiteren Reagenzglas wird zu einer Spatelspitze Calciumcarbonat ebenfalls etwas Salzsäure zugegeben.

##### 2. Kalk löschen

In einem Becherglas wird in wenig Wasser vorsichtig (!) etwas gebrannter Kalk eingerührt. Es soll eine Masse von breiartiger Konsistenz entstehen. Diese Masse wird in dem Becherglas offen aufbewahrt, bis sie erhärtet ist. Dann wird davon eine kleine Probe entnommen und in einem Reagenzglas ebenfalls tropfenweise mit Salzsäure versetzt.

### Aufgaben

- Beobachten Sie die chemischen Veränderungen während der Versuche und stellen Sie die zugrunde liegenden Reaktionsgleichungen auf.
  - Beschreiben** Sie, was Sie im Verlauf der beiden Versuche beobachten.
  - Formulieren** Sie die Reaktionsgleichungen zu den Reaktionen, die hier ablaufen.
- Der technische Kalkkreislauf beschreibt die chemischen Umwandlungen von Kalk, beginnend mit der Gewinnung von Calciumcarbonat über die Branntkalkherstellung bis hin zur Rückführung in den natürlichen Kreislauf.
  - Ergänzen** Sie im Schema des technischen Kalkkreislaufes die „chemischen Namen“ der Produkte:



Grafik: Dr. Wolfgang Zettlmeier

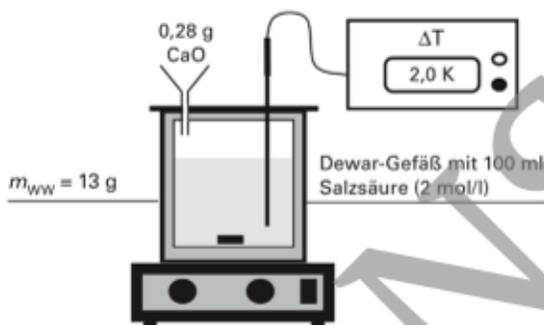
- Erläutern** Sie, was mit dem Begriff „technischer Kalkkreislauf“ gemeint ist.
- Das Kohlenstoffdioxid, das bei der Reaktion von Calciumcarbonat mit Salzsäure entsteht, kann mit Barytwasser (Bariumhydroxid-Lösung) nachgewiesen werden. Dazu erhält das Reagenzglas einen Gäraufsatz mit dem Barytwasser. **Erklären** Sie diese Nachweisreaktion. **Formulieren** Sie die Reaktionsgleichung zu der Reaktion in dem Gäraufsatz.
  - Wird Calciumcarbonat anstelle von verdünnter Salzsäure mit verdünnter Schwefelsäure versetzt, ist kaum eine Gasentwicklung festzustellen. **Erklären** Sie dieses Phänomen.
  - Schulkreide wird heute aus Calciumcarbonat, Calciumsulfat (Gips) oder Magnesiumoxid hergestellt. **Planen** Sie Experimente zur Überprüfung, aus welchem der genannten Stoffe die Kreide Ihrer Schule besteht.

## M 4 Energetik

Bei bestimmten Bedingungen zerfällt das Calciumcarbonat in Calciumoxid und Kohlenstoffdioxid. Bei anderen Bedingungen wird es aus den Zerfallsprodukten wieder gebildet. Gesteuert wird dies letztlich von thermodynamischen Größen, der Enthalpie  $H$  und der Entropie  $S$ . Hier werden in Versuchen die Reaktionsenthalpien der Reaktionen von Calciumoxid und Calciumcarbonat mit Salzsäure experimentell bestimmt, um daraus mit dem Satz von Hess die Reaktionsenthalpie der Zerfallsreaktion von Calciumcarbonat zu berechnen. Nach der experimentellen Bestimmung der Temperatur in der Gleichgewichtssituation ( $\Delta G = 0$ ) wird mit der Gibbs-Helmholtz-Gleichung die Reaktionsentropie berechnet.

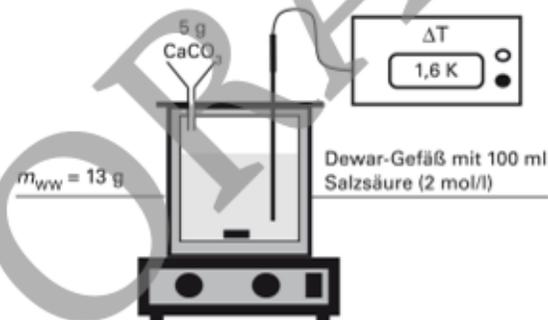
### Versuche mit Ergebnissen

#### Versuch 1A: Calciumoxid und Salzsäure im Dewar-Gefäß



Grafik: Hubert Giar

#### Versuch 1B: Calciumcarbonat und Salzsäure im Dewar-Gefäß



Grafik: Hubert Giar

### Aufgaben

1. Mit der Reaktionsenthalpie beschreibt man die während einer chemischen Reaktion aufgenommene oder abgegebene Energie. Sie kann mithilfe des Satzes von Hess aus mehreren Teilreaktionen berechnet werden.
  - a) **Berechnen** Sie mit den Ergebnissen der Versuche 1A und 1B die Reaktionsenthalpien für die Reaktionen von Calciumoxid und Calciumcarbonat mit Salzsäure.
  - b) **Berechnen** Sie daraus die Reaktionsenthalpie für die Zerfallsreaktion von Calciumcarbonat in Calciumoxid und Kohlenstoffdioxid. Wenden Sie dabei den Satz von Hess an.
2. **Berechnen** Sie aus der Reaktionsenthalpie und mit den Ergebnissen aus Versuch 2 die Reaktionsentropie für die Zerfallsreaktion von Calciumcarbonat.
3. **Bewerten** Sie die errechneten Werte für  $\Delta H$  und  $\Delta S$  in Hinblick auf den Zerfall und die Synthese des Calciumcarbonats.
4. Für die Zerfallsreaktion von Silbercarbonat in Silberoxid und Kohlenstoffdioxid werden für die Reaktionsenthalpie und die Reaktionsentropie die Werte  $82 \text{ kJ/mol}$  bzw.  $168 \text{ J/(mol K)}$  ermittelt.
  - a) Bei welcher Temperatur führt der Zerfall des Silbercarbonats zu einem Partialdruck des Kohlenstoffdioxids von  $1013 \text{ hPa}$ ? **Berechnen** Sie.
  - b) **Berechnen** Sie auch die Temperatur, bei der unter atmosphärischen Bedingungen, also bei dem Partialdruck  $0,35 \text{ hPa}$ , der Zerfall des Silbercarbonats einsetzt

## Tropfsteinhöhlen

M 5

Das Wasser eines plätschernden Gebirgsbaches ist reich an gelöstem Kohlenstoffdioxid aus der Luft und kann Kalkstein auflösen. So entstehen Landschaften mit tiefen Rillen, Furchen, unterirdischen Hohlräumen und Trichtern. Bei geänderten Bedingungen wird der Kalk an anderer Stelle wieder abgegeben, teilweise in bizarren Formen. Bei einem hohen  $\text{CO}_2$ -Gehalt im Wasser wird Kalk gelöst. Sinkt der  $\text{CO}_2$ -Gehalt des Wassers, wird Kalk ausgeschieden. Der  $\text{CO}_2$ -Gehalt im Wasser wiederum ist von der Temperatur abhängig. Diese Prozesse sollen mit den folgenden Versuchen simuliert werden.

### Schülerversuch: Calciumhydrogencarbonat aus Calciumcarbonat

Vorbereitung: 15 min, Durchführung: 20 min

#### Chemikalien

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Calciumcarbonat (feinkörnig)                   | <input type="checkbox"/> Lösung aus Ethylendiamin-tetraacetat-Dinatrium (EDTA) (0,01 mol/l)                                  |
| <input type="checkbox"/> $\text{CO}_2$ -Patrone mit Regler und Schlauch | <input type="checkbox"/> Ammoniumpuffer (100 ml Lösung aus 15 ml 25%iger Ammoniak-Lösung und 10 g Ammoniumchlorid in Wasser) |
| <input type="checkbox"/> Methylorange-Lösung                            |  |
| <input type="checkbox"/> Eriochromschwarz-T-Lsg.                        |  |

#### Geräte

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Wasserbad mit Thermometer                 | <input type="checkbox"/> Bürette                                   |
| <input type="checkbox"/> Erlenmeyerkolben (4 x 250 ml, 4 x 100 ml) | <input type="checkbox"/> Messzylinder (50 ml)                      |
| <input type="checkbox"/> 2 Trichter und 4 Filterpapiere            | <input type="checkbox"/> Pipetten (25 ml, 1 ml) mit Pipettierhilfe |
|  | <input type="checkbox"/> Schutzbrille pro Person                   |

**Entsorgung:** Lösungen verdünnen und in den Ausguss geben, saure und alkalische Lösungen neutralisieren und in den Ausguss geben, Feststoffe in den Hausmüll geben.

**Achtung:** Arbeiten mit  $\text{CO}_2$ -Patrone oder Gasflasche sollen von der Lehrkraft durchgeführt werden.

#### Versuchsdurchführung

In zwei Erlenmeyerkolben mit je 100 ml Wasser werden bei Raumtemperatur jeweils 2 g Calciumcarbonat eingerührt. In einem Erlenmeyerkolben bleibt die Probe unverändert (Probe A bei etwa 20 °C, also Probe A 20), in die andere Probe wird anschließend von Ihrer Lehrkraft (!) noch einige Minuten Kohlenstoffdioxid eingeleitet (Probe B 20). Dann werden beide Proben filtriert.

- a) Jeweils 25 ml des Filtrats der Proben A 20 und B 20 werden in Erlenmeyerkölbchen gegeben, mit 2 Tropfen Eriochromschwarz-T-Lösung, 2 Tropfen Methylorange-Lösung und 1 ml Ammoniumpuffer versetzt und anschließend mit EDTA titriert.