



# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*Das Einstellen und Beeinflussen von  
Gleichgewichtsreaktionen nach Le Chatelier*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)



## II.F.21

Energetik – chemisches Gleichgewicht – Kinetik

# Das Einstellen und Beeinflussen von Gleichgewichtsreaktionen nach Le Chatelier

Ein Beitrag von David Keller



© RAABE 2020

© Brauns/iStock/Getty Images Plus

Chemische Reaktionen laufen meistens unvollständig ab, da sich ein Gleichgewicht zwischen Edukten und Produkten einstellt. Durch die Änderung von Reaktionsbedingungen können sie verschoben werden, was in großtechnischen Synthesen wie dem Deacon-Verfahren (Herstellung von Chlor) oder dem Kontaktverfahren (Herstellung von Schwefelsäure) ausgenutzt wird. Chemische Gleichgewichte sind auch in der Natur allgegenwärtig. Beispielsweise kann die Verwitterung und Bildung von Kalkstein beobachtet werden.

---

### KOMPETENZPROFIL

<b>Klassenstufe:</b>	11–13
<b>Dauer:</b>	6 Unterrichtsstunden (3 Doppelstunden)
<b>Kompetenzen:</b>	1. Merkmale eines chemischen Gleichgewichtes; 2. Experimentelles Erkunden der Abhängigkeiten von chemischen Gleichgewichten und deren Anwendung; 3. Anwenden des Massenwirkungsgesetzes und Berechnen der Gleichgewichtskonstanten
<b>Thematische Bereiche:</b>	Chemisches Gleichgewicht, Gleichgewichtsreaktionen, Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtskonstanten
<b>Medien:</b>	Texte, Experimente, Arbeitsblätter, Spiel

---

## Hintergrundinformationen

Da chemische Reaktionen meistens unvollständig ablaufen, ist eine Betrachtung dieser als **chemische Gleichgewichte** angebracht. Durch die Änderung von Reaktionsbedingungen wie Druck, Temperatur, Konzentration oder pH-Wert können sie verschoben werden, sodass höhere Ausbeuten erreicht werden. Jedoch kann auch der umgekehrte Fall eintreten. Es ist daher wichtig, sich mit den theoretischen Grundlagen auszukennen, um eine effiziente Herstellung und eine möglichst unkomplizierte Aufarbeitung der Reaktionsprodukte zu ermöglichen. Die Kenntnis des **Prinzips des kleinsten Zwanges nach Le Chatelier** und die Anwendung des **Massenwirkungsgesetzes** sind dafür unerlässlich. Chemische Gleichgewichte sind nicht nur in der Industrie von Bedeutung, sondern lassen sich auch in der Natur finden. Das **Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht** stellt ein bekanntes Beispiel dar. Kalkstein kann durch den Einfluss von Kohlenstoffdioxid und Wasser verwittern. Dies stellt ein Problem dar, da durch die Übersäuerung der Ozeane Kalkschalen von Muscheln oder Korallen aufgelöst werden. Viele marine Ökosysteme sind gefährdet. Die Bildung von Kalkstein kann in Tropfsteinhöhlen bewundert werden. Kesselstein ist ein Beispiel für ungewollte Kalkablagerungen im Haushalt. Durch die Betrachtung von **chemischen Reaktionen als Gleichgewichte** gelangen die Schülerinnen und Schüler (im Folgenden abgekürzt durch *SuS*) auch zu der Einsicht, dass chemische Reaktionen unter der Veränderung von Reaktionsbedingungen **umkehrbar** sind. Gerade in der organischen Chemie ist das bedeutsam. Man denke an die Estersynthese. Durch Wasser kann der gebildete Ester wieder zerfallen.

## Hinweise zur Didaktik und Methodik

Die Unterrichtseinheit besteht aus insgesamt 6 Unterrichtsstunden (3 Doppelstunden). In den ersten beiden Unterrichtsstunden wird das **Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht** behandelt. Weiterhin werden anhand des **Stechheber-Modellexperimentes** die Merkmale eines chemischen Gleichgewichtes abgeleitet sowie Diagramme zum Volumen und der Nummer der Messungen erstellt. In der dritten und in der vierten Unterrichtsstunde werden Schülerversuche zum chemischen Gleichgewicht durchgeführt. Die SuS sollen ableiten, dass ein chemisches Gleichgewicht vom **Druck**, von der **Temperatur**, von der **Konzentration** oder dem **pH-Wert** abhängig sein kann. In der fünften und sechsten Unterrichtsstunde wird das **Massenwirkungsgesetz** eingeführt. An Beispielreaktionen wird dessen Aufstellen geübt und die **Gleichgewichtskonstanten** berechnet. Anschließend wird das Wissen spielerisch getestet und vertieft.

## Gruppenpuzzle

Bei einem Gruppenpuzzle handelt es sich um eine Form der Gruppenarbeit. Sie teilt sich in drei Phasen. In der ersten Phase wird eine Stammgruppe gebildet. In dieser wird aufgeteilt, welche SuS welches Thema näher bearbeiten. In Phase zwei finden sich alle SuS mit dem gleichen Thema zusammen und bearbeiten dieses gemeinsam. Es wird eine sog. Expertengruppe gebildet. In Phase drei finden sich alle Mitglieder der ursprünglich gebildeten Stammgruppe wieder zusammen und tauschen sich über ihre in den Expertengruppen bearbeiteten Themen aus.

## Fotoprotokoll

Ist wie ein normales Protokoll aufgebaut (Chemikalien und Geräte, Durchführung, Ergebnisse sowie Auswertung). Die Teile Chemikalien und Geräte sowie Durchführung und Ergebnisse werden mithilfe von Fotos dokumentiert. Nur der Teil Auswertung wird schriftlich dargestellt.

## Durchführung

### 1./2. Stunde (Erste Doppelstunde)

Es soll ein Lückentext **M 1** zum Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht bearbeitet werden. Es geht um die Verwitterung sowie Bildung von Kalkstein in der Natur und im Haushalt. Hierdurch soll ein Lebensweltbezug hergestellt werden. Anhand des Stechheber-Modellexperimentes **M 2** leiten die SuS die Merkmale eines chemischen Gleichgewichtes ab. Diese werden im Arbeitsblatt **M 3** notiert. Die Klasse kann in zwei Gruppen aufgeteilt werden, da zwei Ansätze mit verschiedenen Reaktionsgeschwindigkeiten simuliert werden. Die grafische Auswertung kann mithilfe eines Grafik-Programmes, wie z. B. Excel, erfolgen. Die Diagramme werden ausgedruckt und an die entsprechenden Stellen im **M 3** eingeklebt.

### 3./4. Stunde (Zweite Doppelstunde)

In der dritten und vierten Unterrichtsstunde werden Schülerversuche zum chemischen Gleichgewicht durchgeführt (**M 4**). Es wird die Abhängigkeit von der Temperatur, dem Druck, der Konzentration sowie dem pH-Wert untersucht. Das Experimentieren kann als Gruppenpuzzle oder als Stationsarbeit gestaltet werden. Wird das Experimentieren als Gruppenpuzzle gestaltet, so ist von den Expertengruppen ein Fotoprotokoll zu gestalten, um den anderen SuS die Ergebnisse anschaulich präsentieren zu können. Für eine Stationsarbeit wurde das Arbeitsblatt **M 5** entwickelt.

### 5./6. Stunde (Dritte Doppelstunde)

Es werden die Materialien **M 6**, **M 7** und **M 8** bearbeitet. Der Infotext **M 6** gibt den SuS die notwendigen Informationen zum Massenwirkungsgesetz, wie es aufgestellt wird und wie die Gleichgewichtskonstanten berechnet werden können. **M 7** ist als Arbeitsblatt gestaltet. Es enthält Aufgaben zum Aufstellen und Anwenden eines Massenwirkungsgesetzes sowie zur Berechnung der Gleichgewichtskonstanten. Die SuS können die Aufgaben anhand von gestuften Hilfen bearbeiten. In **M 8** können die SuS ihr Wissen zum chemischen Gleichgewicht und zum Prinzip des kleinsten Zwanges spielerisch testen. Das Material **M 8** dient als Zusammenfassung des Themas.

## Literatur

- ▶ **Arnold, K., et al.** (2013). *Chemie Oberstufe – Gesamtband: Allgemeine Chemie, Physikalische Chemie, Organische Chemie*. 1. Auflage, 3. Druck. Volk und Wissen: Berlin.
- ▶ **Binnewies, M., Jäckel, M., Willner, H., Rayner-Canham, G.** (2010). *Allgemeine und Anorganische Chemie*. 2. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg.
- ▶ **Gulyas, A.** (2013) *Schulversuchspraktikum*. Erhältlich unter: <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-106.pdf> (letzter Zugriff: 09.09.2020).
- ▶ **Tittel, C., Kremer, M.** (2017). *Das chemische Gleichgewicht auf dem didaktischen Prüfstand*. Erhältlich unter: <https://www.mnu.de/fachbereiche/didaktischer-pruefstand/412-das-chemische-gleichgewicht-auf-dem-didaktischen-pruefstand> (letzter Zugriff: 09.09.2020).
- ▶ **Uni Göttingen** (2016). *V1-Stechheber-Modellversuch*. Erhältlich unter: <http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-535.pdf> (letzter Zugriff: 09.09.2020).
- ▶ **Weninger, D.** (2019). *Das Thiocyanat-Gleichgewicht – Einfluss der Konzentration auf das chemische Gleichgewicht*. Erhältlich unter: <https://www.lncu.de/index.php?cmd=courseManager&mod=contentText&action=attempt&courseId=104&unitId=337&contentId=1136#contentheadline> (letzter Zugriff: 09.09.2020).

## Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, Sp = Spiel, Sv = Schülerversuch, Tx = Text

---

### 1./2. Stunde

**Thema:** Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, die Merkmale eines chemischen Gleichgewichts und das Stechheber-Modellexperiment

**M 1 (Ab)** Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht – seine Auswirkungen in der Natur und im Haushalt (Lückentext und Aufgaben)

**M 2 (Sv)** Das Stechheber-Modellexperiment



#### Sv 1: Das Stechheber-Modellexperiment

**Dauer:** Vorbereitung: 10 min Durchführung: 25 min

**Chemikalien:**  Wasser  
 Lebensmittelfarbe

**Geräte:**  2 Messzylinder 50 mL (niedrige Form)  
 Glasröhrchen (ø 5 mm, ca. 20 cm lang)  
 Glasröhrchen (ø 4 mm, ca. 20 cm lang)  
 Pasteurpipette  
 Becherglas 10 mL  
 Schutzbrille  
 Kittel

**M 3 (Ab)** Auswertung des Stechheber-Modellexperimentes

---

### 3./4. Stunde

**Thema:** Chemische Gleichgewichte können durch eine Änderung der Temperatur, des Drucks, der Konzentration oder des pH-Wertes beeinflusst werden

**M 4 (Sv)** Die Verschiebung des chemischen Gleichgewichts – das Prinzip des kleinsten Zwanges nach Le Chatelier (Material als Gruppenpuzzle oder Stationsarbeit)

**Beeinflussung von chemischen Gleichgewichten****Sv 2: Künstliches Blut****Dauer:** Vorbereitung: 5 min Durchführung: 15 min

- Chemikalien:**
- Eisen(III)-chlorid-Lösung 
  - Ammoniumthiocyanat-Lösung
  - Wasser
  - Eiswürfel
  - Natriumchlorid
- Geräte:**
- 3 Reagenzgläser
  - 2 skalierte Pasteurpipetten 2 mL
  - Reagenzglasständer
  - Reagenzglashalter
  - 2 Bechergläser 400 mL
  - Gasbrenner
  - Drahtnetz
  - Streichhölzer oder Gasanzünder
  - Spatel
  - Schutzbrille
  - Kittel



Die GBUs finden Sie auf der CD.

**Sv 3 a: Intensivierung der Farbe von künstlichem Blut****Dauer:** Vorbereitung: 5 min Durchführung: 10 min

- Chemikalien:**
- Eisen(III)-chlorid-Lösung 
  - Ammoniumthiocyanat-Lösung
  - Eisen(III)-chlorid  
  - Ammoniumthiocyanat  
- Geräte:**
- 3 Reagenzgläser
  - 2 skalierte Pasteurpipetten 2 mL
  - Reagenzglasständer
  - 2 Spatel
  - 2 Glasstäbe
  - Schutzbrille
  - Kittel



Die GBUs finden Sie auf der CD.

**Sv 3 b: Entfärbung von künstlichem Blut****Dauer:** Vorbereitung: 5 min Durchführung: 10 min

- Chemikalien:**
- Eisen(III)-chlorid-Lösung 
  - Ammoniumthiocyanat-Lösung
  - Natriumfluorid-Lösung
- Geräte:**
- 2 Reagenzgläser
  - 3 skalierte Pasteurpipetten 2 mL
  - Reagenzglasständer
  - Schutzbrille
  - Kittel



Die GBUs finden Sie auf der CD.



Die GBUs finden Sie auf der CD.

#### Sv 4: Sprudelwasser

**Dauer:** Vorbereitung: 5 min Durchführung: 20 min

- Chemikalien:**
- Spritziges Mineralwasser
  - Universalindikator-Lösung
- Geräte:**
- Erlenmeyerkolben 250 mL
  - Tropfpipette
  - Rührfisch (flache Form)
  - Magnetrührer
  - Schutzbrille
  - Kittel



Die GBUs finden Sie auf der CD.

#### Sv 5: „Zauberei“ mit Aluminium-Ionen

**Dauer:** Vorbereitung: 5 min Durchführung: 15 min

- Chemikalien:**
- Aluminiumnitrat-Lösung 
  - Natronlauge 
  - Salzsäure 
  - pH-Papier
- Geräte:**
- Reagenzglas
  - Reagenzglasständer
  - Glasstab
  - 3 skalierte Pasteurpipetten 2 mL
  - Schutzbrille
  - Kittel

**M 5** (Ab) Arbeitsblatt zu den Schülerversuchen zum chemischen Gleichgewicht

### 5./6. Stunde

**Thema:** Aufstellen und Anwenden des Massenwirkungsgesetzes, Berechnungen der Gleichgewichtskonstanten

**M 6** (Tx) Das Massenwirkungsgesetz und die Berechnung der Gleichgewichtskonstanten

**M 7** (Ab) Aufgaben zum Massenwirkungsgesetz und die Berechnung der Gleichgewichtskonstanten (mit Hilfekarten)

**M 8** (Sp) Text-Memory zum chemischen Gleichgewicht und dem Prinzip des kleinsten Zwanges



	Finden Sie dieses Symbol in den Lehrerhinweisen, so findet Differenzierung statt. Es gibt drei Niveaustufen, wobei nicht jede Niveaustufe extra ausgewiesen wird.	
		
grundlegendes Niveau	mittleres Niveau	erweitertes Niveau

# Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht – seine Auswirkungen in der Natur und im Haushalt

M 1



©frontpoint/istock/Getty Images Plus

Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht wirkt sich nicht nur in der Natur durch die Formung ganzer Landschaften, sondern auch im Haushalt aus. Hartes Wasser stellt dort eine Herausforderung dar. Durch das Ausfüllen des Lückentextes werden Sie erfahren, weshalb die Verwitterung und Bildung von Kalkstein ein natürliches Gleichgewicht darstellt sowie die resultierenden Auswirkungen.

Mithilfe des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts lässt sich die Verwitterung und die Bildung von Kalkstein unter dem Einfluss von \_\_\_\_\_ erklären. Beide Prozesse tragen maßgeblich zur Formung von Kalksteinlandschaften bei. Es entstehen sogenannte \_\_\_\_\_. Die Schwäbische Alb und die Fränkischen Alb sind wohl die bekanntesten Beispiele solcher Landschaften in Deutschland. Gesteine, wie z. B. \_\_\_\_\_ ( $\text{CaCO}_3$ ), Dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), Gips (\_\_\_\_\_) sowie Barium- bzw. Strontiumsulfate verwittern unter dem Einfluss von Kohlensäure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

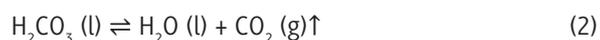
Die Kohlensäure ist eine schwache \_\_\_\_\_ Säure. Die Instabilität kann mithilfe der \_\_\_\_\_ begründet werden. Sie besagt, dass Verbindungen, die Kohlenstoffatome enthalten, an die mehr als zwei Heteroatome gebunden sind, häufig Wasser abspalten. Kohlensäure entsteht, wenn \_\_\_\_\_ ( $\text{CO}_2$ ) in Wasser gelöst wird. Nur etwa \_\_\_\_\_ des gelösten Kohlenstoffdioxids liegt als Kohlensäure vor. Der Rest ist \_\_\_\_\_ gelöst, d. h. er liegt als hydratisiertes Molekül vor. Kohlenstoffdioxid ist in Wasser relativ gut löslich (verglichen mit Sauerstoff). Pro Liter Wasser lösen sich etwa 3,4 g  $\text{CO}_2$  bei \_\_\_\_\_. Die Löslichkeit ist temperaturabhängig. Bei 25 °C lösen sich nur noch 1,5 g Kohlenstoffdioxid.  $\text{CO}_2$  ist in der Atmosphäre enthalten, wird aber auch durch die Stoffwechselaktivität von Organismen oder durch \_\_\_\_\_ freigesetzt.

Da die Kohlensäure eine zweiprotonige Säure ist, gibt es \_\_\_\_\_ Dissoziationsstufen. In der ersten Stufe werden \_\_\_\_\_ ( $\text{HCO}_3^-$ ) und Oxonium-Ionen gebildet. Der \_\_\_\_\_ für die erste Dissoziationsstufe liegt bei 6,2. Die Hydrogencarbonat-Ionen können wiederum zu \_\_\_\_\_ ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) deprotoniert werden. Der pKa-Wert für die zweite Dissoziationsstufe beträgt 10.

Bei der Verwitterung von Kalkstein durch Kohlensäure findet eine \_\_\_\_\_ statt. Es werden lösliche Hydrogencarbonat- sowie \_\_\_\_\_ gebildet (siehe Formel 1).



Die Reaktion kann durch Temperaturerhöhung \_\_\_\_\_ werden. Es entstehen dann aus Calcium- sowie Hydrogencarbonat-Ionen Kalk (Calciumcarbonat) und Kohlensäure. Diese ist instabil und zerfällt zu Kohlenstoffdioxid und Wasser (siehe Formel 2).





# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*Das Einstellen und Beeinflussen von  
Gleichgewichtsreaktionen nach Le Chatelier*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)

