Die Idee dahinter: Mineralwasser mal still mal sprudelnd

Teil 1: Der Einfluss der Temperatur auf die (Neu)einstellung eines Gleichgewichts

Grundlegende Hinweise

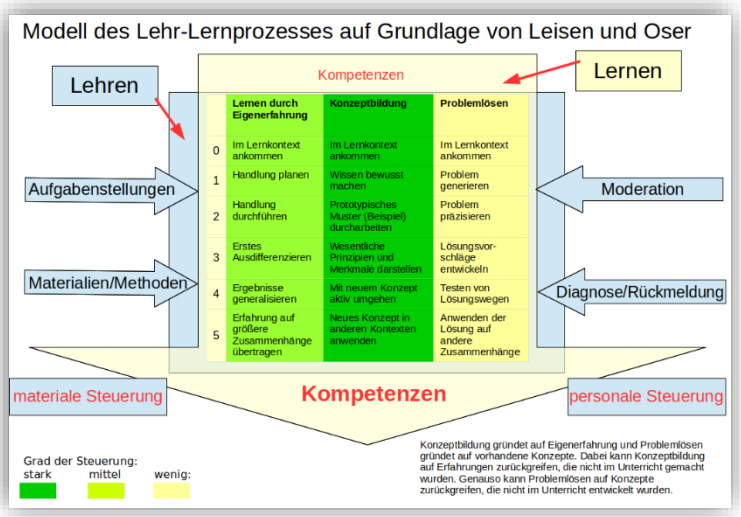


Abb. 1, Sven Theis et. al., 2020 CC-SA-BY 4.0 aus [1]

Die gesamte Sequenz bis hin zur Einführung des Prinzips von Le Chatelier ordnen wir dem Basismodell „Konzeptbilden“ nach Oser zu. Während das „Lehr-Lern-Modell von Leisen die Unterscheidung zwischen materialer und personaler Steuerung gut darstellt, differenziert das Basismodell von Oser nach kognitiven Prozessen bzw. den intendierten Zielen einer Lernsituation“ [1]. Beide können miteinander vernetzt genutzt werden (Abb. 1).

Als materiale Grundlage haben wir Lernaufgaben erstellt, mit deren Hilfe die Lernenden anfänglich den Einfluss einer Temperatur- und einer Druckveränderung auf die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid untersuchen und dann erläutern. Im Kontext Sprudelwasser benötigt man keine toxische Verbindungen wie Stickoxide und Experimente mit dem gut wasserlöslichen Gas Kohlenstoffdioxid ermöglichen aussagekräftige Beobachtungen, selbst wenn man die Versuche im kleinen Maßstab durchführt [2, 3]. Die Tatsache, dass es sich um gekoppelte Gleichgewichte handelt, hat sich im Unterricht nicht als störend erwiesen. Es bedarf aber bei der Erläuterung einer Vernetzung aller Betrachtungsebenen (hier u. a. Versuch, Bälleschlacht, Reaktionsgleichungen).

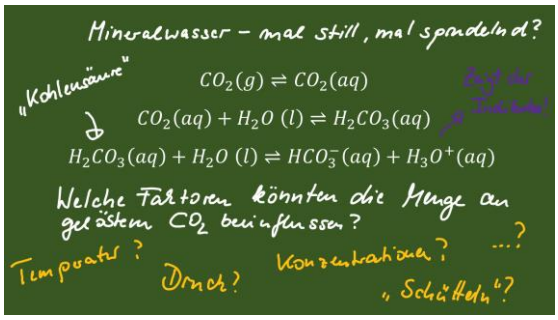
Der zu durchlaufende Lernprozess lässt sich in verschiedene Handlungsschritte gliedern:

- Die Untersuchung des Parameters Temperatur beinhaltet für sich bereits das Durcharbeiten eines prototypischen Gedankengangs.
- Die anschließenden Untersuchungen zum Einfluss des Drucks und der Konzentrationen erlauben den aktiven Umgang mit dem Konzept der Störung von Gleichgewichten.
- Alle folgenden Materialien ermöglichen eine Anwendung dieses Konzepts in anderen Kontexten und trainieren das Verbalisieren von Kausalzusammenhängen. [4]

Wir empfehlen, zunächst alle exemplarisch betrachteten Einzelfälle für sich auszuwerten und zu erläutern, bevor man die Erkenntnisse im „Prinzip von Le Chatelier“ verallgemeinert.

Möglicher Ablauf

1. Im Lernkontext ankommen, Bewusstmachung des Vorwissens



Ausgehend von verschieden stark carbonatisierten Wässern (still, medium, classic) oder mit einem Sodastreamer wird die Frage aufgeworfen, wie Mineralwasser hergestellt wird. Ist geklärt, welche gekoppelten Gleichgewichte sich bei Zugabe von Kohlenstoffdioxid einstellen, so folgt basierend darauf die Frage nach möglichen Parametern, die beeinflussen welche Mengen an Kohlenstoffdioxid man in Wasser lösen kann.

Hypothesen beruhend auf den Untersuchungen von Active O_2, Alltagserfahrungen Vorwissen oder Vorkenntnissen bezüglich der einflussnehmenden Faktoren werden gesammelt und fixiert.

G. von Borstel und A. Böhm 2021 nach Andreas Böhm, Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

Teil 1: Der Einfluss der Temperatur auf die (Neu)einstellung eines Gleichgewichts

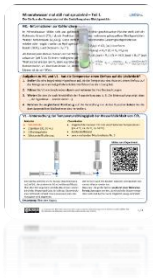
Die Lehrperson kann erklären, dass man die Fragestellung auch am Beispiel Sauerstoff/Active O_2 hätte untersuchen können. Der Vorteil beim Experimentieren mit Kohlenstoffdioxid liegt aber neben seiner deutlich besseren Wasserlöslichkeit (Veränderungen wären also besser zu beobachten) vor allem in der Möglichkeit der Verwendung eines Indikators, der indirekt die Menge an gelöstem Kohlenstoffdioxid anzeigt. Wir empfehlen Mischindikator Nr. 5 bzw. Tashiro-Indikator. Deren Farbumschlag bei pH 5 zeigt deutlich den Übergang zwischen einer gesättigten und ungesättigten Kohlenstoffdioxid-Lösung (s. Abb. 2).



Abb. 2: Mineralwässer mit Mischindikator 5, links: stilles Wasser, rechts: kohlensäurehaltiges Wasser. Gregor von Borstel unter CC-BY-SA 4.0.

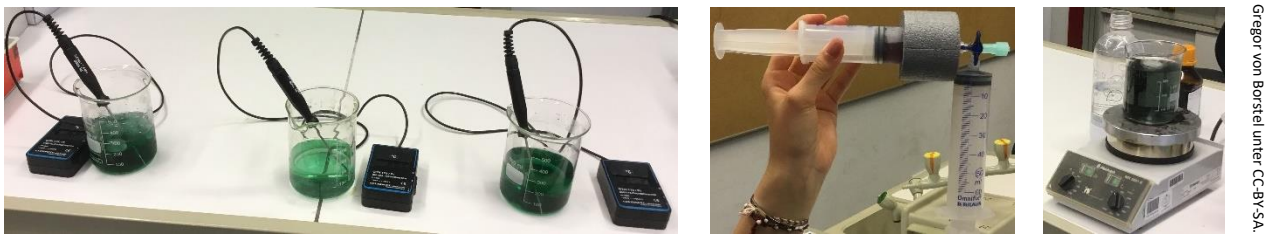
Es ergibt sich der zentrale Arbeitsauftrag, den Einfluss der diversen möglichen Faktoren nacheinander zu prüfen. Die Lehrperson legt die Reihenfolge der Untersuchungen fest: Als besonders praktikabel hat sich herausgestellt, experimentell **zunächst den Einfluss der Temperatur** zu untersuchen und zu erläutern! Hier lässt sich parallel schon der Indikator einführen, der zur Untersuchung des **Druckeinflusses** in jedem Fall benötigt wird. Nachfolgend sind die Lernenden oft in der Lage, **Experimente zu Konzentrationsveränderungen** selbst zu planen.

2. Durcharbeiten eines Prototyps



Die Frage nach der Temperaturabhängigkeit wird zunächst angeleitet untersucht: **M1** fasst dafür das bisherige zusammen, die Aufgaben **A1** (persönliche Hypothese muss sich nicht mit der anderer decken) **bis A3** leiten durch den Versuch, **A4** vernetzt abschließend die Ergebnisse mit bereits Bekanntem.

Die Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit kann man unabhängig voneinander mit verschieden warmem Lösemittel belegen. Aufgrund der Verbrühungsgefahr nutzen wir maximal 50 °C warmes Wasser. Isolierungen über den Spritzen sind sinnvoll (s. **V1** und Abb. 3). Daneben kann man ebenso gut zeigen, dass sich ein bereits bestehendes Gleichgewicht nach Temperaturerhöhung verändert. Dazu versetzt man z. B. eine gesättigte Lösung mit Indikator und erwärmt sie parallel zum Schülerversuch langsam auf einer Heizplatte.

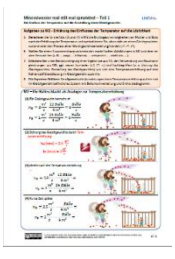


Gregor von Borstel unter CC-BY-SA.

Abb. 2: Experimentiersetting zur Untersuchung der Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit von CO_2

Es kann aber auch Raum gegeben werden für andere Ansätze wie die Faktoren Schütteln bzw. Rühren, die zu einer schnelleren Einstellung des Gleichgewichtes führen. Die Ergebnisse werden vorgestellt, die Beobachtungen hinsichtlich der Deutung diskutiert und mit den Hypothesen abgeglichen. In einer Je …, desto … Aussage kann die Tendenz für diesen Versuch abschließend festgehalten.

3. Beschreibung der wichtigen Merkmale des Konzepts



Die Ergebnisse decken sich mit den Kenntnissen zur Löslichkeit von Sauerstoff. Noch vor wenigen Jahren wären wir an dieser Stelle direkt zu einer Erklärung mit Hilfe der gekoppelten Gleichgewichte, die noch vom Anfang präsent sind, übergegangen.

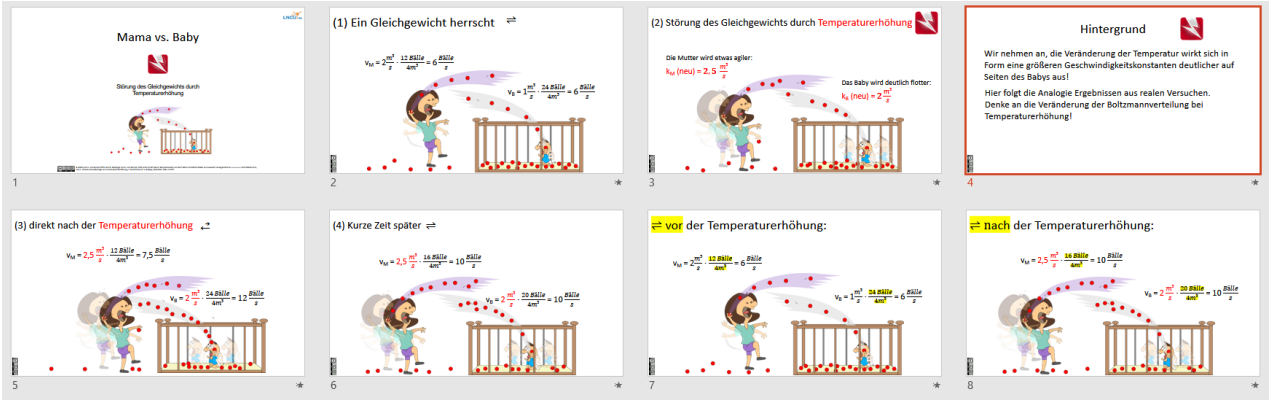
Als hilfreich für den Lernprozess erwies es sich aber, zunächst erneut auf die Analogie der Bälleschlacht (**M2, A5/A6; A7** und **A8** binnendifferenzierend) zurückzugreifen. Die

G. von Borstel und A. Böhm 2021 nach Andreas Böhm, Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

Die Idee dahinter: Mineralwasser mal still mal sprudelnd

Teil 1: Der Einfluss der Temperatur auf die (Neu)einstellung eines Gleichgewichts

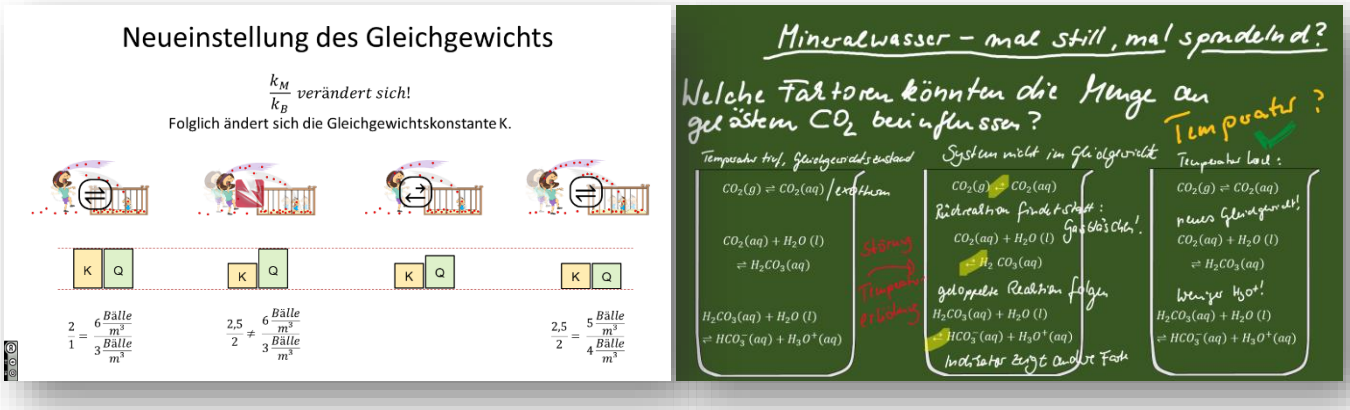
Lernenden erarbeiten sich hieran die Erläuterung eigenständig materialgeleitet (-> Diskontinuum), bevor eine Diskussion und Verhandlung der Ergebnissemit Hilfe der Folien im Plenum erfolgt.



4. Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept

Jetzt bietet es sich an, die Argumentation zu Auswirkungen von Temperaturveränderungen auf die Gleichgewichtskonstanten K oder den Massenwirkungsquotienten Q zu führen.

Dies kann man mit M1 konkretisieren: Welche Folgen hätte das jeweils für den Massenwirkungsquotienten des nächsten Gleichgewichts?



Es erfolgt eine Rückführung auf das Kohlenstoffdioxid/Kohlensäure/Hydrogencarbonat Gleichgewicht: im Tafelbild kann die exotherme Teilreaktion als solche vom Lehrenden gekennzeichnet werden. Die Störung der gekoppelten Gleichgewichte durch eine Temperaturerhöhung ausgehend von Gleichgewicht 1 wird daran diskutiert, in dem man in der Diskussion mit den Lernenden sukzessive die Pfeile ersetzt und somit auf den Prozess aufmerksam macht, der zu einer Neueinstellung des Gleichgewichts führt.

Eine vertiefende Betrachtung (A7, A8) von Enthalpiediagrammen und Boltzmannverteilung wäre in leistungsstarken Kursen denkbar.

5. Anwenden des neuen Konzepts in anderen Kontexten

Es folgen die noch offenen Untersuchungen und Erläuterungen bzgl. Druck und Konzentrationen mit ähnlich strukturierten Materialien und Herangehensweisen.

G. von Borstel und A. Böhm 2021 nach Andreas Böhm, Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

Literatur und Onlinequellen

[1] Horst Kraus, Helmut Möhlenkamp, Sven Theis, Rainer Wackermann (2020). Mit Lernaufgaben und Lernplänen Unterricht strukturieren. In: SINUS.NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung QUA-LiS NRW (Hg.); Roß, Joachim (Hg.) 2020, S. 67 - 81. Online verfügbar unter CC-SA-BY 4.0 https://www.wbv.de/artikel/6004814w (letzter Zugriff 10.01.2021)

[2] von Borstel, G. & Böhm, A., 2006. Le Chatelier einmal anders, Gleichgewichtsverschiebungen am Kontext Sprudelwasser. Naturwissenschaft im Unterricht Chemie, 6 (96), 34 – 37.

[3] Gregor von Borstel, Andreas Böhm und Manfred Eusterholz, 2017. Reaktionen von Gasen genauer untersuchen. NiU Chemie 28 (157), 17-22.

[4] Bindl, A., Böhm, A., von Borstel, G., Eusterholz, M., Weninger, D. (2020). Lernaufgaben für einen kompetenzorientierten Chemieunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In: SINUS.NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung QUA-LiS NRW (Hg.); Roß, Joachim (Hg.) 2020, S. 135 - 152. Online verfügbar unter CC-SA-BY 4.0 https://www.wbv.de/artikel/6004814w (letzter Zugriff 10.01.2021)

G. von Borstel und A. Böhm 2021 nach Andreas Böhm, Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.