# Mineralwasser mal still mal sprudelnd – Teil 1

**Der Einfluss der Temperatur auf die Lage eines Gleichgewichts**

## M1 | Informationen zur Kohlensäure

Natürliches Mineralwasser enthält ebenso wie „selbstgemachtes“ Sprudelwasser Kohlensäure ($H_2CO_{3\,(aq)}$), die ihrerseits durch Lösen von Kohlenstoffdioxid ($CO_2$) in Wasser gemäß folgender Reaktionsgleichungen entsteht:

$$CO_{2(g)} \overset{H_2O}{\leftrightarrows} CO_{2(aq)} \,|exotherm$$

$$CO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrows H_2CO_{3(aq)}$$

$$H_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrows HCO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

$$K_1 = \frac{c(CO_2)_{aq}}{c(CO_2)_g} \quad K_2 = \frac{c(H_2CO_3)_{aq}}{c(CO_2)_{aq} \bullet c(H_2O)} \quad K_3 = \frac{c(HCO_3^-)_{aq} \bullet c(H_3O^+)_{aq}}{c(H_2CO_3)_{aq} \bullet c(H_2O)}$$



Bild frei verfügbar unter Wikimedia Commons.

Im Folgenden soll untersucht werden, ob die Temperatur einen Einfluss auf die Menge an gelöstem Kohlenstoffdioxid und somit auch auf die Kohlensäuremenge in der Lösung haben.

1. **Führen** Sie V1 wie beschrieben **durch**, notieren Sie Ihre Beobachtung und Messergebnisse.
2. **Werten** Sie den Versuch jeweils hinsichtlich der Versuchsüberschrift **aus**. (*Die Untersuchung zeigt, dass …, die Hypothese … konnte damit …, verallgemeinernd lässt sich festhaltend: je …, desto …*)
3. **Nehmen** Sie auch hier noch einmal **vergleichend Rückbezug** auf die Herstellung von Active $O_2$ und **erläutern** Sie die dort dargestellten Maßnahmen des Herstellers.

## V1 | Untersuchung der Temperaturabhängigkeit der Wasserlöslichkeit von $CO_2$

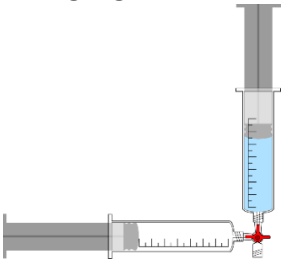
**Material**

- Schutzbrille
- 2 Spritzen (50 mL)
- 1 Dreiwegehahn
- Schaumstoffisolierung

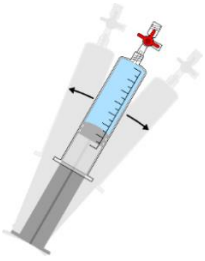
**Chemikalien**

- Abgekochtes Wasser mit drei verschiedenen Temperaturen (ca. 4°C, ca. 25 °C, ca. 50 °C)
- Kohlenstoffdioxid
- Ggf. Mischindikator Nr. 5

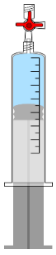
**Entsorgung:** Über den Abguss.



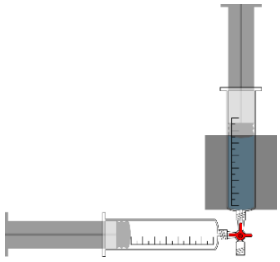
Eine Spritze wird mit 25 mL Wasser (Raum-temperatur) befüllt, die andere mit 30 mL Kohlenstoffdioxid. Über den Dreiwegehahn wird das Gas zum Wasser gegeben. Der Hahn wird verschlossen und die leere Spritze wird abgeschraubt.



Durch vorsichtiges Schütteln wird das Gas nach und nach im Wasser gelöst.



Zum Ablesen des restlichen Gasvolumens wird die Spritze immer auf ihren Stempel gestellt. Bleibt das Gasvolumen unverändert, wird ermittelt, wie viel Milliliter $CO_2$ sich in 25 mL Wasser gelöst haben.



Der Versuch wird einmal mit deutlich kälterem oder deutlich wärmerem Wasser wiederholt. Dazu wird die Spritze **vorab mit einer Wärmeisolierung** überzogen, damit sich die Wassertemperatur während des Versuchs möglichst wenig verändert.

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.

# Mineralwasser mal still mal sprudelnd – Teil 1

**Der Einfluss der Temperatur auf die Lage eines Gleichgewichts**

1. **Beschriften** Sie die Abb. A) bis D) in M2 stichwortartig und berechnen Sie die zugehörigen Wurfgeschwindigkeiten von Mutter und Baby nach der Erhöhung der Temperatur.
2. **Vergleichen** Sie schriftlich die modellhaften Abbildungen in M2 mit den realen Versuchsergebnissen (*zeigt, bildet ab, entspricht, stellt analog dar, ...)* und **deuten** Sie die Aussage der Analogie unter Verwendung von Fachbegriffen *(u. a. Temperatur, Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz)*.
3. **Erklären** Sie die Auswirkungen einer Temperaturerhöhung auf ein sich im Gleichgewicht befindliches System auch unter Verwendung der Ihnen bekannten Boltzmannverteilung und eines Enthalpiediagramms.

## M2 | Temperaturerhöhung, eine Analogie zur Bälleschlacht

**A).** Ein Gleichgewicht besteht.

$$V_M = 2\frac{m^3}{s} \cdot \frac{12\ Bälle}{4\ m^3} = 6\frac{Bälle}{s}$$

$$V_B = 1\frac{m^3}{s} \cdot \frac{24\ Bälle}{4\ m^3} = 4\frac{Bälle}{s}$$

**B).** Die Temperatur wird erhöht.

Nun gilt neu:

$$k_M = 2{,}5\frac{m^3}{s}$$

$$k_B = 2\frac{m^3}{s}$$

**C).** Die Wurfgeschwindigkeiten sind direkt nach der Temperatur-erhöhung …

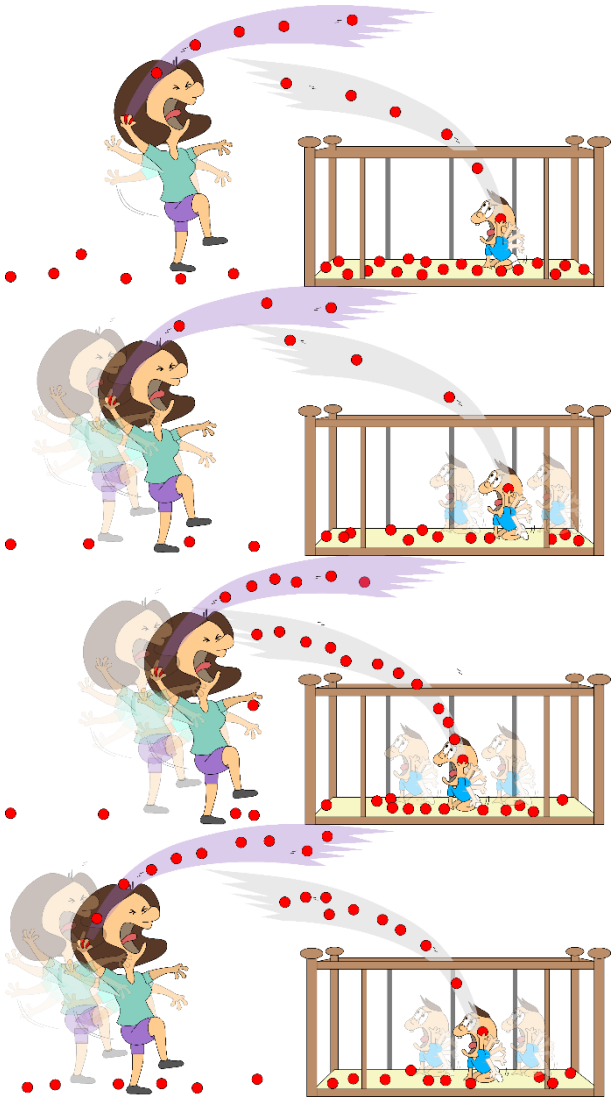
$$V_M = 2{,}5\frac{m^3}{s} \cdot \frac{12\ Bälle}{4\ m^3} =$$

$$V_B = 2\frac{m^3}{s} \cdot \frac{24\ Bälle}{4\ m^3} =$$

**D).** …

$$V_M = 2{,}5\frac{m^3}{s} \cdot \frac{Bälle}{4\ m^3} =$$

$$V_B = 2\frac{m^3}{s} \cdot \frac{Bälle}{4\ m^3} =$$



**Allgemein ausgedrückt:** Bei einer Temperaturerhöhung verändern sich sowohl $k_{hin}$ als auch $k_{rück}$ und damit auch K! Allerdings ist die Veränderung von $k_{rück}$ „wirksamer“ als von $k_{hin}$. Für die „endotherme“ Reaktion erhalten nun mehr zusätzliche Teilchen die notwenige Mindestenergie als für die „exotherme Reaktion“.

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.

# Mineralwasser mal still mal sprudelnd (LÖSUNG)

**Der Einfluss der Temperatur auf die Lage eines Gleichgewichts**

## Aufgaben

**1.** Führen Sie V1 wie beschrieben durch, notieren Sie Ihre Beobachtung und Messergebnisse.

**Versuch 1**

Durchführung mit Wasser bei Raumtemperatur

- Kohlenstoffdioxid löst sich gut in Wasser

Durchführung mit deutlich kälterem Wasser

- Es löst sich mehr Kohlenstoffdioxid in kälterem Wasser als in Wasser bei Raumtemperatur

Durchführung mit deutlich wärmerem Wasser

- Es löst sich weniger Kohlenstoffdioxid in wärmerem Wasser als in Wasser bei Raumtemperatur

**2.** Werten Sie die Versuche hinsichtlich der Versuchsüberschriften zu V1 und V2 aus.

$$CO_{2\,(g)} \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} CO_{2\,(aq)} \,|exotherm$$

$$CO_{2\,(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3\,(aq)}$$

$$H_2CO_{3\,(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

**Versuch 1**

Durch die Erniedrigung der Temperatur des Wassers wird ein äußerer Zwang auf das chemische Gleichgewicht ausgeübt. Das Gleichgewicht weicht diesem Zwang aus, indem durch einen verstärkten Ablauf der exothermen Reaktion weitere Wärme freigesetzt wird. Folglich löst sich mehr Kohlenstoffdioxid in kälterem Wasser. Der umgekehrte Fall liegt bei wärmerem Wasser vor: Es erfolgt eine Wiederherstellung des chemischen Gleichgewichts, indem die zugeführte Wärme durch den verstärkten Ablauf der endothermen Reaktion (hier die Rückreaktion) verbraucht wird.

$$CO_{2\,(g)} \overset{Abkühlen}{\underset{Erwärmen}{\rightleftharpoons}} CO_{2\,(aq)}$$

**3.** Nehmen Sie noch einmal vergleichend Rückbezug auf die Herstellung von Active $O_2$ und erläutern Sie die dort dargestellten Maßnahmen des Herstellers.

Bei der Herstellung von Active $O_2$ wird der hohe Sauerstoffgehalt im Wasser durch hohen Druck erzeugt. Bei Öffnen der Getränkeflasche wird der Druck verringert, der Innendruck der Flasche nimmt den Außendruck an. Auf diese Weise entweicht ein großer Teil des künstlich zugeführten Sauerstoffs in die Atmosphäre.

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.