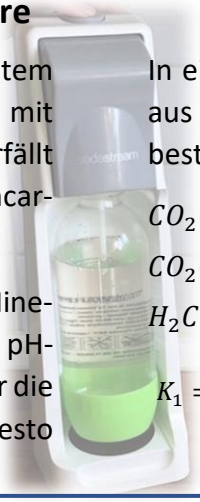
Mineralwasser mal still mal sprudelnd – Teil 1

Der Einfluss der Temperatur auf die Einstellung eines Gleichgewichts

M1 - Informationen zur Kohlensäure



In Mineralwasser bildet sich aus gelöstem Kohlenstoffdioxid (CO_2) durch Reaktion mit Wasser Kohlensäure (H_2CO_3). Diese zerfällt wieder oder reagiert weiter zu Hydrogencarbonat (HCO_3^-) und Oxonium (H_3O^+).

Als Konsequenz daraus messen wir bei Mineralwasser (pH 5 bis 6) einen niedrigeren pH-Wert als bei Wasser (pH 7), denn je größer die Konzentration an Oxonium-Ionen ist, desto kleiner ist der pH-Wert.

In einer geschlossenen Flasche stellt sich ein aus mehreren gekoppelten Gleichgewichten bestehendes Gesamtgleichgewicht ein:

$$CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq) \;|exotherm$$

$$CO_2(aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq)$$

$$H_2CO_3(aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

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

Aufgaben zu M1 und V1 - hat die Temperatur einen Einfluss auf die Löslichkeit?

1. **Stellen** Sie eine begründete Hypothese **auf**, ob die Temperatur des Wassers einen Einfluss auf die Menge an maximal gelöstem Kohlenstoffdioxid in der Lösung hat.
2. **Führen** Sie V1 wie beschrieben **durch** und **notieren** Sie Ihre Beobachtungen.
3. **Werten** Sie den Versuch hinsichtlich der Fragestellung **aus** (z. B. *Die Untersuchung zeigt, dass …, die Hypothese … konnte damit …*).
4. **Nehmen** Sie **vergleichend Rückbezug** auf die Herstellung von Active O_2 und **erläutern** Sie die dort dargestellten Maßnahmen des Herstellers.

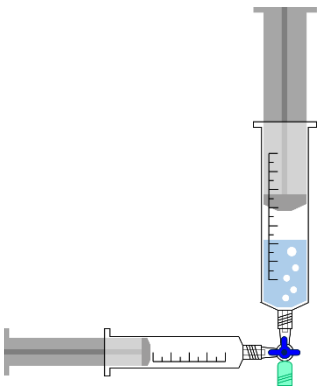
V1 - Untersuchung der Temperaturabhängigkeit der Wasserlöslichkeit von CO_2

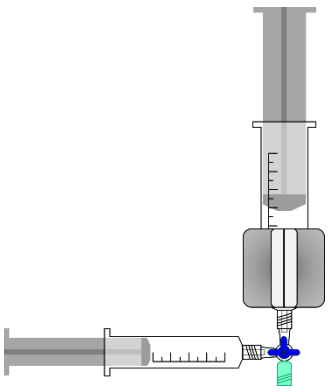
Material

- Schutzbrille
- 2 Spritzen (30, 50 mL)
- 1 Dreiwegehahn
- Schaumstoffisolierung

Chemikalien

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





Video zum Experiment

Eine Spritze wird mit 25 mL Wasser (Raumtemperatur) befüllt, die andere mit 30 mL Kohlenstoffdioxid. Über den Dreiwegehahn wird das Gas immer wieder durch das Wasser gedrückt, bis sich das Gesamtvolumen nicht mehr ändert. Das Gasvolumen über der Flüssigkeit wird abgelesen.

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

Entsorgung: Über den Abguss.

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.

Aufgaben zu M2 - Erklärung des Einflusses der Temperatur auf die Löslichkeit

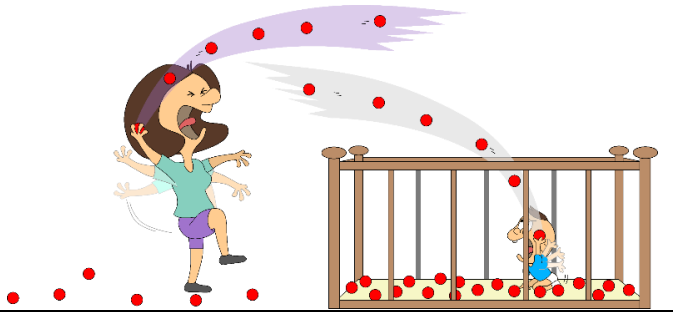
5. **Berechnen** Sie für die Abb. (3) und (4) in M2 die Bruttogeschwindigkeiten von Mutter und Baby nach der Erhöhung der Temperatur und symbolisieren Sie, ob es sich um einen Gleichgewichtszustand oder den Prozess einer Gleichgewichtseinstellung handelt (⇄, ⇄, ⇌).
6. **Stellen Sie** einen Zusammenhang zwischen den modellhaften Abbildungen in M2 und dem realen Versuch her (z. B. … *zeigt, … bildet ab, … entspricht … , stellt dar, ...)*.
7. **Erläutern Sie** unter Berücksichtigung ihrer Ergebnisse aus V1, der Verwendung von Reaktionsgleichungen aus M1, ggf. neuen Symbolen *(⇄, ⇄, ⇌)* und Fachbegriffen *(u. a. Störung des Gleichgewichts, Einstellung des Gleichgewichts)* wie sich eine Temperaturerhöhung auf eine Kohlenstoffdioxidlösung im Gleichgewicht auswirkt.
8. **Für Experten: Erklären** Sie **allgemein** die Auswirkungen einer Temperaturerhöhung auf ein sich im Gleichgewicht befindliches System mit Boltzmannverteilung und Enthalpiediagramm.

M2 – Die Bälleschlacht als Analogie zur Temperaturerhöhung

(1) Ein Gleichgewicht herrscht ⇌

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

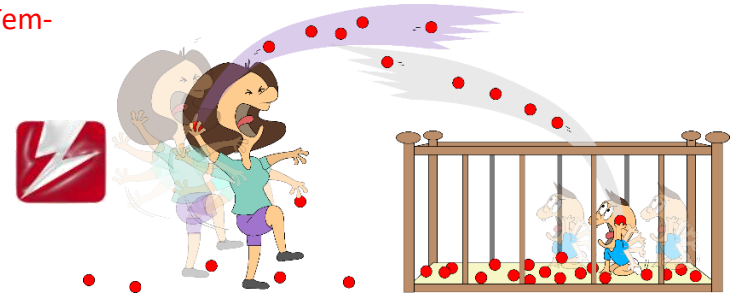
$$v_B = 1\frac{m^3}{s} \cdot \frac{24\ Bälle}{4\ m^3} = 6\frac{Bälle}{s}$$



(2) Störung des Gleichgewichts durch Temperaturerhöhung

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

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

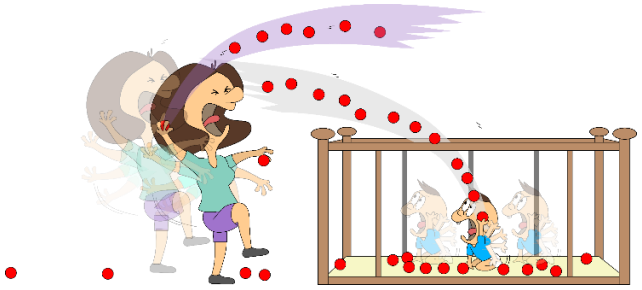


(3) direkt nach der Temperaturerhöhung

…

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

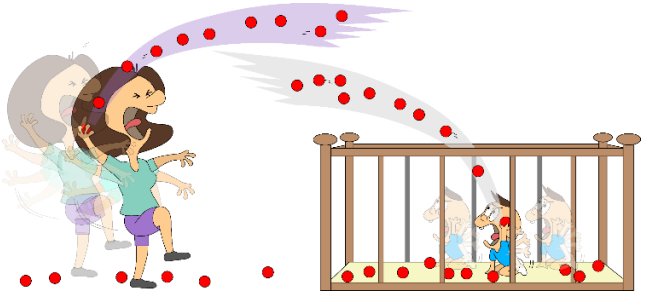
$$v_B = 2\frac{m^3}{s} \cdot \frac{24\ Bälle}{4\ m^3} =$$



(4) Kurze Zeit später

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

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



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.