Mineralwasser mal still mal sprudelnd – Teil 2

Der Einfluss des Drucks auf die Lage eines Gleichgewichtes

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:



Bild frei verfügbar unter Wikimedia Commons.

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

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

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

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

Im Folgenden soll untersucht werden, ob der Druck 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 **aus**.
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 Druckabhängigkeit der Wasserlöslichkeit von CO_2

Will man die Druckabhängigkeit untersuchen, empfiehlt es sich, die Menge an enthaltener Kohlensäure über einen Indikator sichtbar zu machen.

Je mehr Kohlensäure enthalten ist, desto geringer ist der pH-Wert der Lösung.

Der Mischindikator Nr. 5 ist gut geeignet, dies anzuzeigen (s. Abb. 1). Er wechselt bei einem pH-Wert von ca. 5 die Farbe.



Abb. 1: Mineralwässer mit Mischindikator 5. Links: Stilles Wasser. Rechts: kohlensäurehaltiges Wasser. Bild von Gregor von Borstel unter CC-BY-SA.

Da bereits unter Normaldruck eine gesättigte Lösung entsteht, stellen wir diese her und untersuchen, ob eine Druckverminderung einen Effekt auf die Wasserlöslichkeit hat.

Material

- Schutzbrille
- 2 Spritzen
- 1 Dreiwegehahn
- Ggf. Nagel

Chemikalien

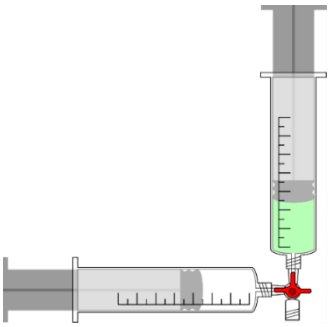
- Abgekochtes Wasser
- Mischindikator Nr. 5
- Kohlenstoffdioxid

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.

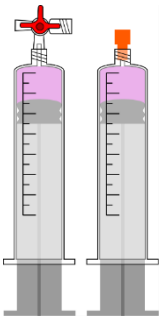
Mineralwasser mal still mal sprudelnd – Teil 2

Der Einfluss des Drucks auf die Lage eines Gleichgewichtes

Aufbau und Durchführung

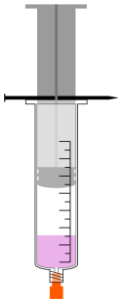


Eine Spritze füllt man ca. zu einem Viertel mit Indikator versetztem Wasser.
Aus einer weiteren Spritze lässt man durch die Lösung CO_2 sprudeln, bis die Farbe des Indikators nach lila umschlägt.



Die nun gesättigte Lösung wird so auf beide Spritzen verteilt, dass die beiden Spritzen ca. zu 1/8 gefüllt sind.

Den einen Teil der Lösung bewahrt man zum Farbvergleich auf.
Die andere Spritze wird verschlossen…



… und durch kräftiges Ziehen am Stempel ein Unterdruck erzeugt. Der Stempel kann bei großen Spritzen durch ein Loch mit einem Nagel fixiert werden.

Kräftig schütteln, Farben vergleichen!

TIPP: Bei Verwendung einer 10 mL Spritze lässt sich ein Unterdruck leichter ziehen!

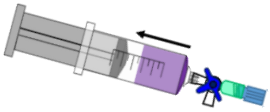
Entsorgung: Über den Abguss.

M2 | Druckerniedrigung, eine Analogie zur Bälleschlacht

A).



B).

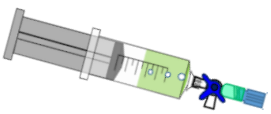


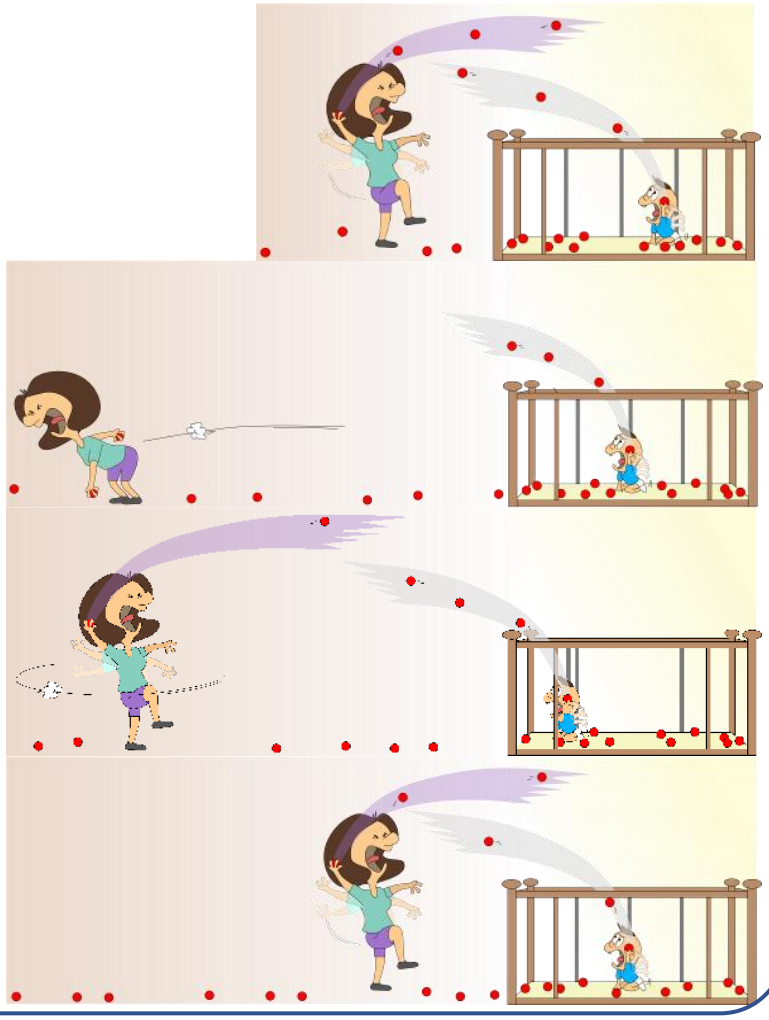
C).



Das Volumen der Gasphase wird vergrößert, der Druck vermindert und das Gleichgewicht wird gestört.

D).





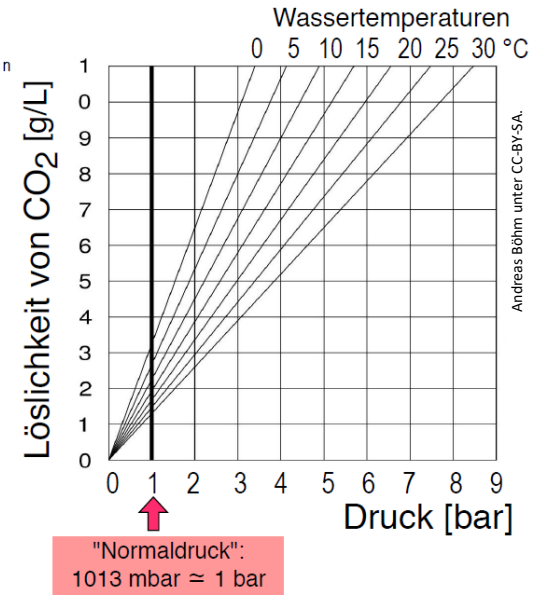
Andreas Böhm, Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA.

Weiterführende Aufgaben

1. **Beschriften** Sie die Abb. A) bis D) in M2 stichwortartig. **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. Druck, Gas, Flüssigkeit, Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz)* und M1.
2. **Leiten** Sie Gesetzmäßigkeiten aus dem Diagramm in M3 ab und **erläutern** Sie, inwiefern diese mit den Beobachtungen aus Ihren Versuchen übereinstimmen.
3. **Stellen** Sie begründete **Hypothesen auf**, ob eine **Konzentrationsänderung** von Stoffen außer CO_2 möglichweise zu einer Neueinstellung des Gleichgewichtes führen könnte und **planen Sie** ein Experiment, mit dessen Hilfe sich dies zeigen ließe.

M3 | Eine Komplexere Darstellung

Zur Ermittlung der Löslichkeit von CO_2 wurde in weiteren Experimenten mit Hilfe von reinem CO_2 getestet, wieviel Gramm Gas sich bei verschiedenen Drücken und Temperaturen in Wasser lösen lassen. Die Messergebnisse sind im nebenstehenden Diagramm graphisch dargestellt.



Weiterführende Aufgaben zum Diagramm

1. **Zeichnen** Sie mit Hilfe der Daten ein Diagramm, das die Löslichkeit von CO_2 in Abhängigkeit von der Temperatur für einen Druck von 3 bar darstellt.
2. **Stellen** Sie **begründete Vermutungen auf** zu möglichen Veränderungen in den Kurvenverläufen, wenn die zu Grunde liegenden Versuche nicht mit reinem CO_2 (also: CO_2-Gehalt 100%), sondern mit Luft (CO_2-Gehalt 0,04%) durchgeführt würden?

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 des Drucks auf die Lage eines Gleichgewichtes

Aufgaben

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

Versuch 1

- Wasser verfärbt sich bei Zugabe von Mischindikator 5 grün.
- Bei Zugabe von Kohlenstoffdioxid verfärbt sich die Lösung pink/violett.
- Wird anschließend der Stempel gezogen und ein Unterdruck erzeugt, nimmt die Lösung erneut den grünen Farbton an.

2. Werten Sie den Versuch aus.

Versuch 2

Mischindikator 5 besitzt bei einem pH-Wert über 5 eine grüne Farbe und unter 5 eine pink/violette Farbe. Bei Zugabe von Kohlenstoffdioxid in Wasser bildet sich Kohlensäure, wodurch sich der pH-Wert der Lösung erniedrigt und sich die Farbe der Lösung folglich pink/violett färbt.
Die Erhöhung des Druckes bei der oben genannten Reaktion (hier durch Drücken des Stempels in der Spritze) stellt einen äußeren Zwang auf das chemische Gleichgewicht dar, dem mit einer Drucksenkung durch die Bildung der Stoffe, die das geringere Volumen einnehmen, hier die Kohlensäure, entgegengewirkt wird. Der Indikator zeigt die vermehrte Bildung der Kohlensäure durch den Farbumschlag von grün nach pink/violett an. Das Ziehen am Stempel der Spritze erzeugt einen Unterdruck innerhalb der Spritze, wodurch eine Bildung der Stoffe, die ein größeres Volumen einnehmen und so zu einer Druckerhöhung führen (hier die Bildung von Kohlenstoffdioxid) gefördert wird. Der Indikator zeigt so die vermehrte Bildung des Kohlenstoffdioxidgases durch den Farbumschlag von pink/violett nach grün an.

$$CO_{2\,(g)} \underset{Druckerniedrigung}{\overset{Druckerhöhung}{\rightleftharpoons}} CO_{2\,(aq)}$$

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

ei 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.

Weitere Lösungen auf der nächsten Seite

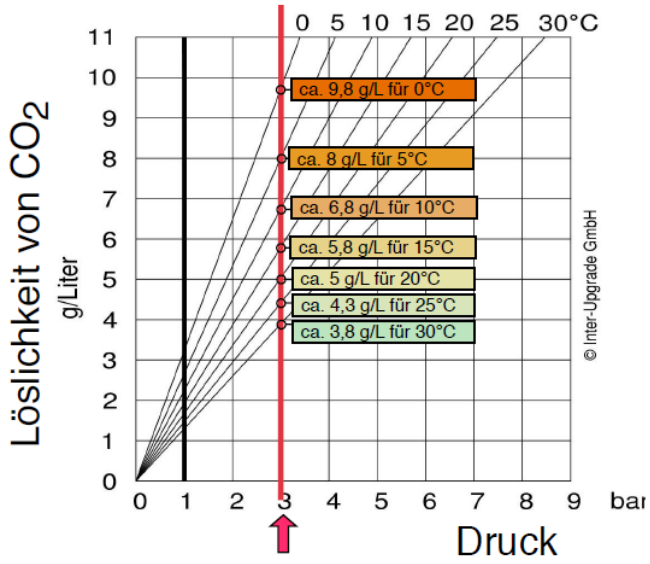
Andreas Böhm, Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA.

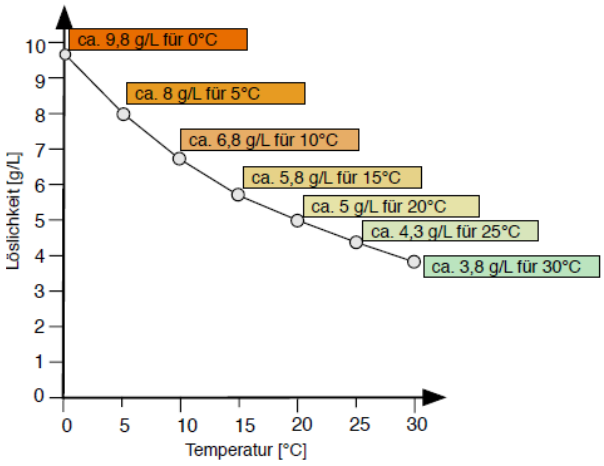
Mineralwasser mal still mal sprudelnd (LÖSUNG)

Der Einfluss des Drucks auf die Lage eines Gleichgewichtes

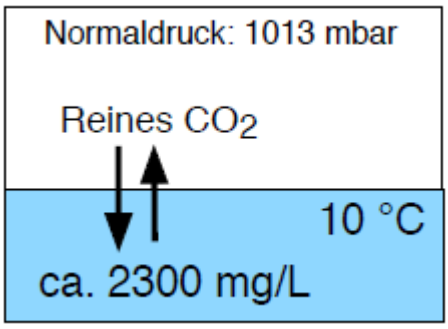
Weiterführende Aufgaben zum Diagramm

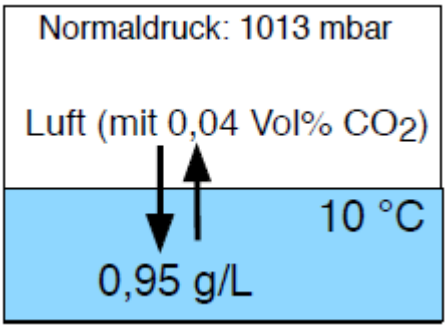
1. **Zeichnen** Sie mit Hilfe der Daten ein Diagramm, das die Löslichkeit von CO_2 in Abhängigkeit von der Temperatur für einen Druck von 3 bar darstellt.





3. **Stellen** Sie **begründete Vermutungen auf** zu möglichen Veränderungen in den Kurvenverläufen, wenn die zu Grunde liegenden Versuche nicht mit reinem CO_2 (also: CO_2-Gehalt 100%), sondern mit Luft (CO_2-Gehalt 0,04%) durchgeführt würden?





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.