

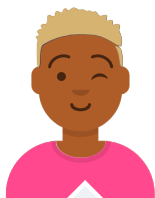
Wärmer, saurer, weniger aufnahmefähig?

Der Einfluss der Temperatur auf Gleichgewichtslage und Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid



LNCU.de
ID 35399
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen

M1 Auch die Temperatur wird sich verändern



Bis jetzt haben wir außer acht gelassen, dass auch die Temperatur auf der Erde zur Zeit immer weiter steigt. Das könnte zu einem **Kippunkt führen** .



Ist die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser bei unterschiedlicher Temperatur verschieden groß? Und welchen Einfluss wird dann eine Temperaturerhöhung auf ein bestehendes Löslichkeitsgleichgewicht haben?

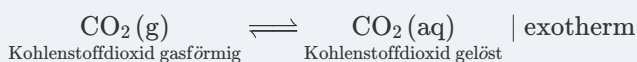


Wie wir schon wissen, ist der Lösevorgang von Kohlenstoffdioxid exotherm.

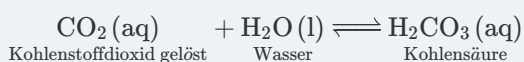


Wie würdest Du dies untersuchen? Schlage einen prinzipiell geeigneten Versuchsaufbau vor.

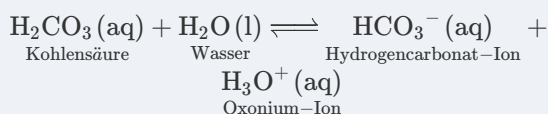
1 gasförmiges Kohlenstoffdioxid löst sich in Wasser



2 Bildung von Kohlensäure



3 Protolyse von Kohlensäure



Aufgaben

- 1 Wir setzen **V1** zusammen in der gesamten Lerngruppe an. Führen Sie parallel dazu **V2** in Kleingruppen durch. *Alternativ steht eine Videografie von V2 zur Verfügung.*
- 2 Legen Sie ein Versuchsprotokoll an. Halten Sie alle Beobachtungen aus **V1** und **V2** fest und schlussfolgern Sie, welchen Zusammenhang die Versuche zwischen der Temperatur des Wassers und der Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid zeigen.
- 3 Vervollständigen Sie die Vorlage zur Sicherung zu **V1** mit geeigneten Pfeilen.

V1 Erhöhung der Temperatur einer Lösung von Kohlenstoffdioxid



Materialien

Schutzbrille


Becherglas 400 mL

Heizplatte mit Magnetrührer und Magnetkern

Thermometer

Chemikalien

Mineralwasser

Mischindikator Nr. 5 in Ethanol 



auch Tashiro-Indikator, Farbumschlag bei ca. pH 5,2

Entsorgen und Aufräumen

Reste in den **Ausguss** geben und mit viel Wasser nachspülen.

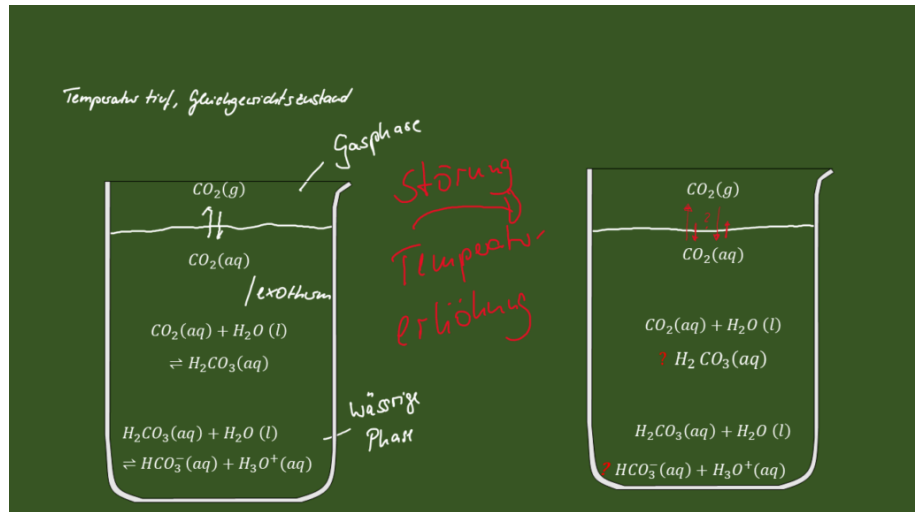
Alle verunreinigten **Labormaterialien** spülen.

Alle Materialien an ihren **Ursprungsort** zurückstellen.

Aufbau und Durchführung

- Das Becherglas wird zu etwa einem Viertel mit Mineralwasser gefüllt. Anschließend werden so viele Tropfen Indikator hinzugegeben, bis eine deutliche Färbung wahrnehmbar ist.
- Das Becherglas wird auf der Heizplatte unter ständigem Rühren über mehrere Minuten auf ca. 50°C erwärmt







Vorlage zur Sicherung




V2 Lösen von Kohlenstoffdioxid in verschieden warmem Wasser



Materialien

-  Schutzbrille
-  3 x Spritzen 30 mL
-  3 x Spritzen 50 mL
-  3 x Dreiwegehahn
-  Thermometer
zentral in den Bechergläsern
-  3 x großes Becherglas
zentral befüllt
ggf. Isoliermaterial

Chemikalien

-  wässrige Lösungen unterschiedlicher Temperatur
enthalten Tashiro-Indikator, Farbumschlag bei ca. pH 5,2. Drei verschiedene Temperaturen, z. B. mit Eiswürfel auf 5°C; 25°C, mit Sieder auf max. 50°C sonst droht Verbrühungsgefahr

Aufbau und Durchführung

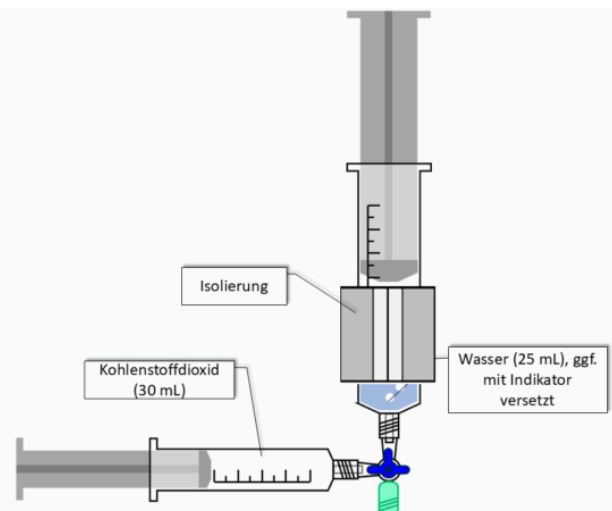


Abb. 1: Aufbau – dreimal ansetzen ²

Eine Spritze wird mit 25 mL Wasser (Raumtemperatur) befüllt, die andere mit 30 mL Kohlenstoffdioxid.

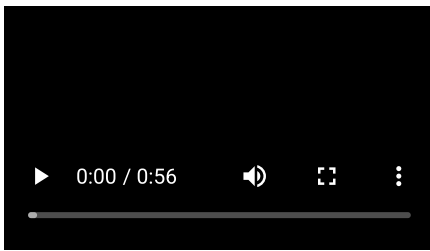
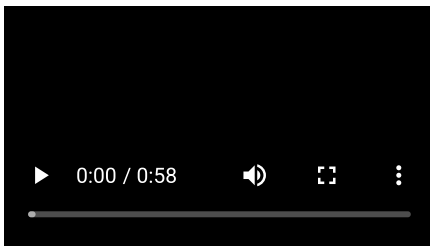
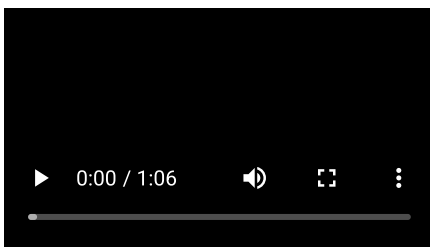
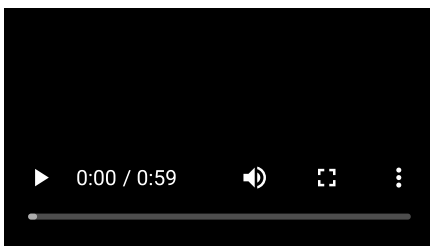
Über den Dreiwegehahn wird das Gas zügig immer wieder durch das Wasser gedrückt, bis sich das Gesamtvolumen nicht mehr ändert. Das Gasvolumen über der Flüssigkeit wird abgelesen.

Der Versuch wird parallel mit deutlich kälterem und deutlich wärmerem Wasser durchgeführt. Dazu kann die 50 mL Spritze vorab mit einer Wärmeisolierung überzogen werden, damit sich die Wassertemperatur während des Versuchs möglichst wenig verändert.

Entsorgen und Aufräumen

Reste in den **Ausguss** geben und mit viel Wasser nachspülen.

Geräte mit Wasser **spülen** und an der Luft **trocknen**.

**Kaltes Wasser****Video 1: Kaltes Wasser****Raumtemperatur****Video 2: Raumtemperatur****Heißes Wasser****Video 3: Heißes Wasser****Zusammenschau****Video 4: Zusammenschau – Zugabe von Kohlenstoffdioxid zu Wasser unterschiedlicher Temperaturen****Modellhafte Auswertung**

- 4 Vollziehen Sie die Analogie in **M2** nach und beschreiben Sie, was sich im Modell verändert, wenn die Temperatur erhöht wird.
 - a Gehen Sie dabei gezielt auf die Wurfhäufigkeiten von Mama (alternativ Papa) und Baby ein.
 - b Erklären Sie den Unterschied zu den Störungen durch Konzentrationsänderungen aus den vorherigen Einheiten: Was verändert sich dort – und was verändert sich hier? Nutzen Sie dazu die Begriffe Q und K.
- 5 Erklären Sie auf dieser Grundlage anhand der Reaktionsgleichungen aus **M1**, warum eine Erwärmung der Ozeane deren Fähigkeit

M2 Modellhafte genauere Betrachtung

Papa

Veränderung der Temperatur im Modell

Verändert man die Temperatur, verändert sich K. Dies zeigen vielleicht am besten die Analogie oder die animierten Diagramme.



Auch wenn es sich bei unserem Beispiel um gekoppelte Gleichgewichte handelt, können wir uns den Zusammenhang sehr leicht mit unserer Analogie und den Modellrechnungen erklären.

In den vorherigen Einheiten haben wir das Gleichgewicht gestört, indem wir Bälle hinzugefügt oder entfernt, also Konzentrationen verändert haben. Die Wurfhäufigkeiten von Mama und Baby blieben dabei gleich. K blieb gleich. Nur Q hatte sich verändert. Bei einer Temperaturänderung ist das anders: Hier verändern sich die Wurfhäufigkeiten selbst – und zwar unterschiedlich stark. Papa und Baby werfen nicht mehr gleich oft wie vorher.

Diesmal werden nicht einfach Bälle hinzugefügt

(1) Das System ist im Gleichgewicht

Papa vs. Baby

Analogie zur Störung eines Gleichgewichts durch Erhöhung der Temperatur der wässrigen Lösung

Galerie 1: Analogie zur Erhöhung der Temperatur

Mama

Veränderung der Temperatur im Modell

Verändert man die Temperatur, verändert sich K. Dies zeigen vielleicht am besten die Analogie oder animierte Diagramme



Auch wenn es sich bei unserem Beispiel um gekoppelte Gleichgewichte handelt, können wir uns den Zusammenhang sehr leicht mit unserer Analogie und den Modellrechnungen erklären.

In den vorherigen Einheiten haben wir das Gleichgewicht gestört, indem wir Bälle hinzugefügt oder entfernt haben – also Konzentrationen verändert. Die Wurfhäufigkeiten von Mama und Baby blieben dabei gleich. K blieb gleich. Nur Q hatte sich verändert.

Bei einer Temperaturänderung ist das anders: Hier verändern sich die Wurfhäufigkeiten selbst – und zwar unterschiedlich stark. Mama und Baby werfen nicht mehr gleich oft wie vorher.

Diesmal werden nicht einfach Bälle hinzugefügt

(1) Das System ist im Gleichgewicht

Mama vs. Baby

Analogie zur Störung eines Gleichgewichts durch Erhöhung der Temperatur der wässrigen Lösung

Galerie 2: Analogie zur Erhöhung einer Konzentration auf Seiten von Mama ³

Was bedeutet das für die Weltmeere?

- 6 Recherchieren Sie ggf. nochmal, wofür die Abkürzungen *SSP1-2.6*, *SSP2-4.5*, *SSP3-7.0* oder *SSP5-8.5* stehen. Notieren Sie in einem Satz, was ein Szenario aussagt.
- 7 Werten Sie die Abbildung in **M3** beispielhaft für mindestens eines der gezeigten Naturschutzgebiete aus.
- 8 Erklären Sie fachlich, warum Polarregionen wie die Antarktis besonders stark von Ozeanversauerung betroffen sind.
- 9 Lesen sie **M4** und bewerten Sie ob dies eine gute oder eine schlechte Nachricht für Sie ist.

M3 Werden wir noch einmal konkret

Wir müssen energisch handeln!

Die Ozeane spielen eine entscheidende Rolle als CO₂-Speicher, aber ihre Kapazität nimmt mit steigender Temperatur ab. Daraus ergibt sich eine Dringlichkeit des Handelns, denn mit steigender Temperatur werden die Ozeane

- weniger Treibhausgase aufnehmen oder sogar welche freisetzen – also im schlechtesten Fall vom Speicher zur Quelle werden können,
- und teilweise irreversible Veränderungen durchlaufen, selbst wenn die Erwärmung später wieder abnimmt. ⁴

Prognosen für den antarktischen Ozean laut einer Studie

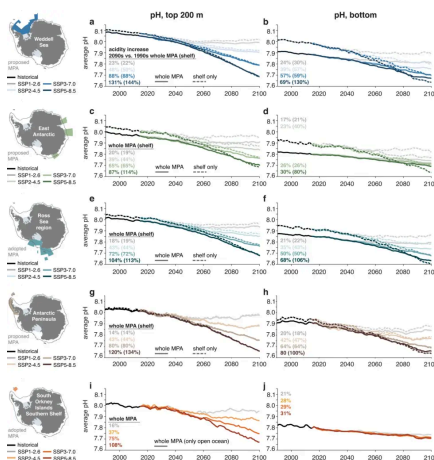


Abb. 2: prognostizierte Entwicklung des pH-Wertes je nach Szenario in Schutzgebieten nahe der Antarktis ⁵

Was die Studie zeigt

In den antarktischen Küstengewässern befinden sich mehrere Meeresschutzgebiete (MPA), die eine außergewöhnliche Artenvielfalt beherbergen. Mithilfe von Computermodellen simulierten Forscherinnen und Forscher 2024, wie sich das Wasser des antarktischen Ozeans im 21. Jahrhundert verändern würde. Sie prognostizieren, dass bis zum Jahr 2100 in den oberen 200 Metern des antarktischen Ozeans – wo sich ein Großteil der Meereslebewesen aufhält – ein erheblicher Anstieg des Säuregehalts zu erwarten ist. Die Versauerung des Wassers ist eine ernsthafte Bedrohung für das Leben im Meer, da sie sich direkt auf **kalkbildende Organismen** wie Korallen, Krebstiere und Weichtiere auswirkt. ^{6 7}

Die Abbildung und die Recherche-Aufgabe oben nutzen das ältere Vierer-Set SSP1-2.6 / SSP2-4.5 / SSP3-7.0 / SSP5-8.5 Die **gute Nachricht**: Nach dem Szenariensatz für CMIP7 (April 2026) gelten die beiden hohen Pfade SSP5-8.5 und SSP3-7.0 nicht mehr als plausible obere Standardpfade für das 21. Jahrhundert. Der Grund ist erfreulich – Erneuerbare Energien sind stark verbilligt, Klimapolitik greift, und die realen Emissionstrends tragen diese Extrempfade nicht mehr. ⁸

Die schlechte Nachricht: Das ist keine Entwarnung. Das neue obere Szenario liegt weiterhin bei rund +3,5 °C (Unsicherheit über +4 °C), bei aktueller Politik steuert die Welt auf etwa +2,6 bis +2,8 °C zu, und eine dauerhafte Begrenzung unter +1,5 °C gilt nicht mehr als erreichbar – nur noch über einen zeitweisen Overshoot (vorübergehendes Überschreiten mit späterer Rückkehr). Die Versauerung der antarktischen Schutzgebiete bleibt eine ernste Bedrohung, und die hier gezeigte Studie behält ihre Aussagekraft.



Warum wir die alte Szenarien-Einteilung hier trotzdem stehen lassen: Man soll an dieser Stelle verstehen, dass die Wissenschaft ihre Szenarien laufend an neue Daten anpasst – und dass das kein Eingeständnis eines Fehlers ist, sondern normale Praxis. „Unplausibel geworden“ heißt nicht „falsch“ oder „widerlegt“: Eine Studie wie die hier gezeigte bleibt gültig, auch wenn eines ihrer Szenarien später anders eingeordnet wird. Szenarien sind eben keine Vorhersagen, sondern Was-wäre-wenn-Geschichten. Wer diesen Unterschied einmal durchschaut, erkennt auch, warum genau solche Anpassungen in der Öffentlichkeit gern zur Falschbehauptung „der Weltklimarat gibt zu, dass er sich geirrt hat“ umgedeutet werden – damit beschäftigt sich das Material [Ein Fall aus 2026: Das ‚gestrichene‘ Klimaszenario](#)

Einzelnachweise

- 1 Gregor von Borstel, 2021
- 2 Gregor von Borstel, 2025
- 3 Gregor von Borstel, 2026, nach Gregor von Borstel und Andreas Böhm, Bälleschlacht 2021
- 4 Sechster Sachstandsbericht des IPCC – Wikipedia, https://de.wikipedia.org/wiki/Sechster_Sachstandsbericht_des_IPCC
- 5 Nissen, C., Lovenduski, N.S., Brooks, C.M. et al. Severe 21st-century ocean acidification in Antarctic Marine Protected Areas. *Nat Commun* **15**, 259 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44438-x>
- 6 <https://www.daswetter.com/nachrichten/wissenschaft/eine-weitere-bedrohung-fur-die-antarktis-der-sauregehalt-des-wassers-konnte-sich-bis-2100-verdoppeln.html>
- 7 Nissen, C., Lovenduski, N.S., Brooks, C.M. et al. Severe 21st-century ocean acidification in Antarctic Marine Protected Areas. *Nat Commun* **15**, 259 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44438-x>
- 8 Van Vuuren, D. P. et al. (2026): The Scenario Model Intercomparison Project for CMIP7 (ScenarioMIP-CMIP7). *Geoscientific Model Development* **19**, 2627–2656, DOI 10.5194/gmd-19-2627-2026 (Open Access, CC BY 4.0, veröffentlicht 07.04.2026).