

CO₂ in Atmosphäre und Lithosphäre – Teile des natürlichen Kalkkreislaufs

M1: Verwitterung von Kalkgestein

Kalkgesteine sind vor Jahrmillionen als Sedimentgestein aus Schalen und Skeletten von im Meer lebender Organismen entstanden. Durch die Plattentektonik gelangten sie an die Oberfläche und sind heute Teil von Gebirgen wie den Kalkalpen. In regenreichen Gebieten sind diese Kalkgesteine oft von Löchern an der Oberfläche (s. Abb. 1) und darunter liegenden Höhlensystemen durchzogen. Dies gilt insbesondere, wenn die Kalkschichten von mikroorganismenhaltigen und damit kohlenstoffdioxidreichen Bodenschichten bedeckt sind.



Abb. 1 — Doline Dachstein Plateau 2018

Dabei ist Kalk (Calciumcarbonat, CaCO₃) in Wasser nahezu unlöslich. Festes Calciumcarbonat und gelöstes Calciumhydrogencarbonat stehen aber in einem Gleichgewicht:



Der Anteil von Carbonat- zu Hydrogencarbonat-Ionen in der Lösung hängt vom pH-Wert ab (s. M3). Aus der Lösung von Hydrogencarbonat (HCO₃⁻) lässt sich im Übrigen nie Calciumhydrogencarbonat als Feststoff ausfällen. Beim Eindampfen entsteht stets Calciumcarbonat.

① Aufgabenstellung

- Fassen Sie die an der Verwitterung von Kalk beteiligte Faktoren zusammen (M1, Vorwissen).
- Erklären Sie anhand der Beobachtungen aus V1, dass sich in Calciumhydroxid-Lösungen (alkalisch, sehr hoher pH-Wert) bei Zugabe von Kohlenstoffdioxid zunächst Carbonat-Ionen bilden, aus denen fester Kalk entsteht.
- Klären Sie anhand der Beobachtungen zu V2, ob die Zugabe von weiterem Kohlenstoffdioxid für die Entstehung der o. g. Löcher verantwortlich sein kann.
- Werten Sie die Experimente aus. Erläutern Sie unter Verwendung von Reaktionsgleichungen die Entstehung der Löchern im festem Kalkgestein.

M2: Versuche

V1 - Entstehung von fein verteiltem Kalk

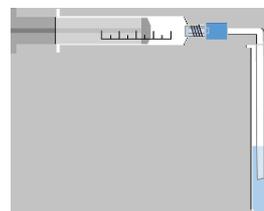
Material

- Schutzbrille
- 1 Spritze (30 mL)
- Reagenzglas samt Halter
- Schlauch

Chemikalien

- Calciumhydroxidlösung (Ca²⁺(aq) + 2 OH⁻(aq))
- Universalindikator
- CO₂ aus Spender

Aufbau:



Sicherheitshinweise: Schutzbrille tragen, Kalkwasser reizt die Haut und verursacht schwere Augenreizungen. Kohlenstoffdioxid nicht direkt aus dem Spender in das Kalkwasser einleiten, sondern zunächst abfüllen, um ein Herausspritzen des Kalkwassers zu vermeiden. Reste über den Abguss entsorgen.

Durchführung:

3 Tropfen Universalindikator und 10 mL Calciumhydroxid-Lösung werden in ein Reagenzglas gegeben. Aus der Spritze werden über den Schlauch wenige Milliliter Kohlenstoffdioxid hinzugefügt bis sich gerade ein Niederschlag bildet.



Beobachtungen
auf der nächsten
Seite

Beobachtungen:

Im offenen Reagenzglas erkennt man nach Zugabe von 20-40 mL Kohlenstoffdioxid, dass sich fein verteilter Kalk bildet. (Abbildung rechts)



V2 - Modellexperiment zur Verwitterung von Kalk

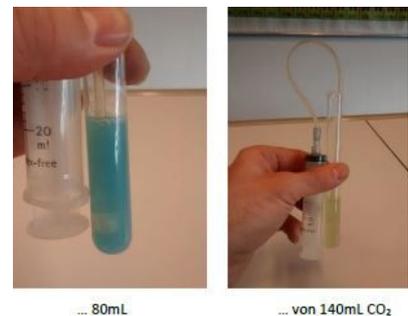
Material, Chemikalien, Aufbau und Sicherheit: siehe V1

Durchführung:

In die Flüssigkeit mit dem feinverteilten Kalk und dem Indikator wird nun durch schrittweise Zugabe von Kohlenstoffdioxid geprüft, ob sich der pH-Wert verändert und der Niederschlag wieder auflöst.

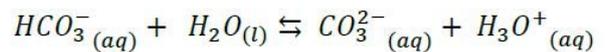
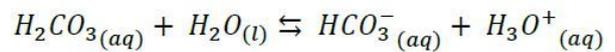
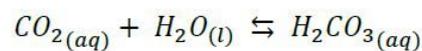
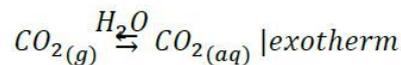
Beobachtungen:

siehe rechts - die Farbe der Flüssigkeit wechselt über grün zu gelb, die Trübung nimmt in den letzten Schritten merklich ab.



M3: Zusatzinformationen

Bisher sind wir immer davon ausgegangen, dass beim Lösen von Kohlenstoffdioxid in Wasser Kohlenstoffdioxid, Hydrogencarbonat und Carbonat-Ionen gleichermaßen vorliegen. In Wahrheit hängt die Lage der Gleichgewichte aber stark von der Konzentration der Oxonium-Ionen (H₃O⁺) und damit vom pH-Wert ab.



② Aufgaben zum Weiterdenken:

In Gegenden mit Kalksteinen gibt es viele Mineralwasserquellen, die reich an Calcium-Ionen sind. Allerdings enthalten sie wenig bis gar kein Carbonat, wie das Beispiel-Etikett rechts zeigt, dafür aber viel Hydrogencarbonat.

In Gegenden mit kalkhaltigen Böden kann es bei der Verwendung des dort gewonnenen Trinkwassers im Haushalt zu Kalkablagerungen in Heißwasserkochern kommen.

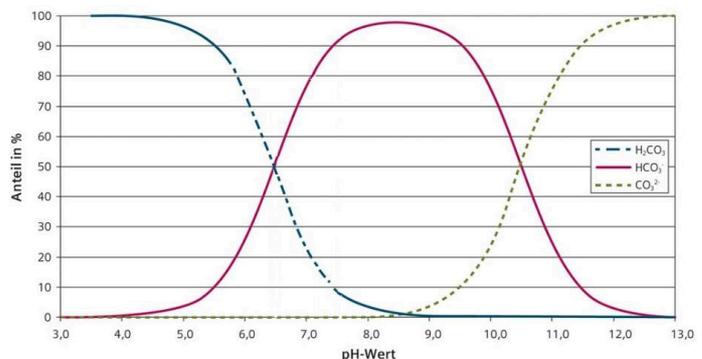
- Erläutern Sie diese beiden o. g. Tatsachen.
- Planen Sie ggf. ein Experiment, mit dem sich der letztgenannte Effekt zeigen lässt.

Sprudler

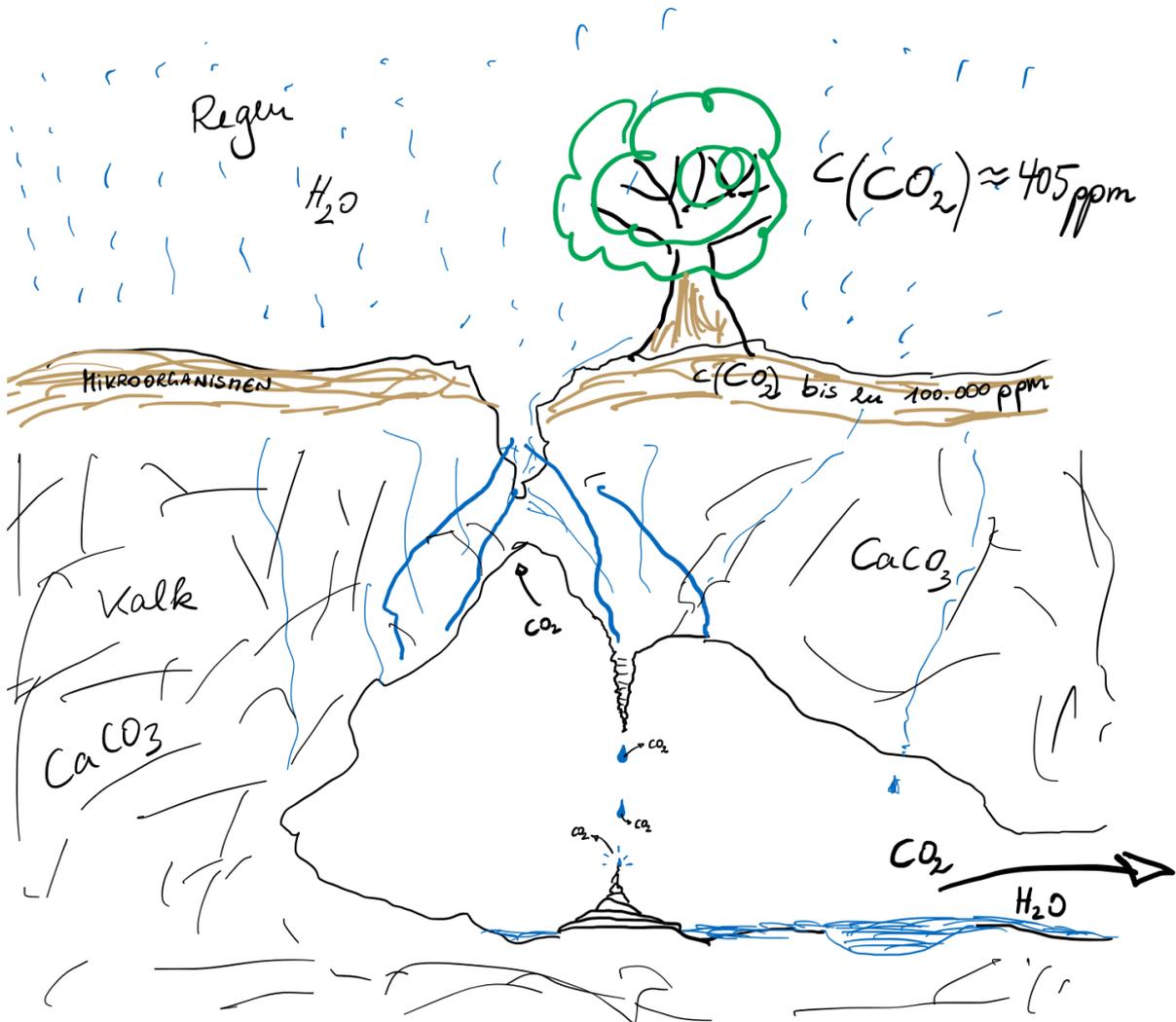
S P O R T

Natürliches Wasser mit Kohlensäure versetzt

Auszüge aus der Analyse vom 28.02.2017, bestätigt durch laufende Kontrollen	Kationen in mg/L		Anionen in mg/L	
	Natrium (Na ⁺):	28,8	Fluorid (F ⁻):	0,4
	Kalium (K ⁺):	6,9	Chlorid (Cl ⁻):	28,9
	Magnesium (Mg ²⁺):	124,8	Sulfat (SO ₄ ²⁻):	1463,2
	Calcium (Ca ²⁺):	529,4	Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻):	403,0



M4: Schematische Darstellung der Prozesse in der Tropfsteinhöhle unter der Doline



Doline (von slawisch dolina, „Tal“, „Sinkhöhle“): trichterförmige Senke in Gebieten mit Kalkstein, s. Abb. 1

ppm: parts per million

③ Aufgabenstellung:

- Erläutern Sie fachsprachlich richtig die Bildung von Tropfsteinen.

④ Weitergedacht:

- Die Bildung von Tropfsteinen dauert tausende von Jahren. Nehmen Sie Stellung zu der Tatsache, dass in vielen für den Publikumsverkehr geöffneten Tropfsteinhöhlen die Besucherzahlen pro Jahr für die Höhlen mit Blick auf deren Erhalt für die Nachwelt stark reglementiert sind.
- Vergleichen Sie die beiden Phänomene der Kalkablagerung am Beispiel des Wasserkochers und der Tropfsteinhöhle mit Blick auf die jeweilige Störung des Gleichgewichts.

