

Kohlensäure und ihre Salze

Eine chemische Ausarbeitung über Kohlensäure

I. Allgemeine chemische Informationen zu Kohlensäure

Kohlensäure im chemischen Sinne ist eine Säure von Kohlenstoff mit der Summenformel H_2CO_3 . Sie ist anorganisch sowie zweiprotonig und ein Produkt einer Gleichgewichtsreaktion von Wasser und Kohlenstoffdioxid, bei welcher das Gleichgewicht allerdings deutlich auf der Edukt-Seite liegt, sodass Kohlensäure nur für einige Nanosekunden besteht bevor der Stoff weiter reagiert. Wegen diesem sehr einseitigen Gleichgewicht war es bis vor Weilen noch unbewiesen, das es sich tatsächlich um eine bidirektionale Gleichgewichtsreaktion handelt. Erst 2009 konnten Forscher des Max-Born-Instituts durch einen Femtosekundenlaser die Reaktion genauer beobachten und erstmals einen genaueren aber immer noch nicht exakten PH-Wert von 3,45 ($\pm 0,15$) in wässriger Lösung ermitteln.

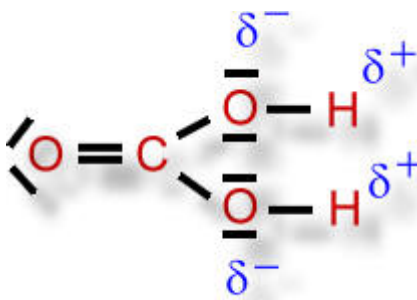


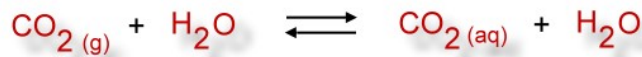
Illustration 1: Strukturformel graphisch aufbereitet. Bildquellen im Anhang.

Als Reinstoff liegt Kohlensäure nur bei völliger Abstinenz Wassers sowie Metallionen und tiefen Temperaturen vor und ist eine farblose Flüssigkeit. Natürlich kommt Kohlensäure durch Versetzung Wassers mit Kohlenstoffdioxid, etwa bei vulkanischen Gebieten, vor und wird so durch Reaktionen bei Erfrischungsgetränke sowie Mineralwasser gebildet, bei denen Kohlenstoffdioxid als Konservierungsstoff hinzugefügt wurde. Auch Regenwasser enthält einen natürlichen Anteil an Kohlensäure, da es in der Luft mit Kohlenstoffdioxid versetzt wird.

II. „Kohlensäure“ im Volksmund

Im Gegensatz zu dieser chemischen Definition wird Kohlenstoffdioxid (CO_2), welches Beispielweise beim Öffnen einer Mineralwasserflasche entweicht, auch im Volksmund oft als Kohlensäure bezeichnet. Dies ist allerdings fachlich nicht korrekt, da etwa im Beispiel der Wasserflasche Kohlenstoffdioxid in Wasser durch hohen Druck lösbar ist und nur bei verringern des Drucks, also z.B. dem Öffnen der Flasche, entweicht. Den Effekt von Kohlensäure bei diesem Beispiel ist so gering, das er oftmals zu vernachlässigen ist. Der reine physikalische Wechsel von gasförmigen zu hydratisiertem Kohlenstoffdioxid ist für die Gas-Entweichung, umgangssprachlich „das Sprudeln“, verantwortlich und meist nicht die Kohlensäure.

Kohlenstoffdioxid löst sich in Wasser.



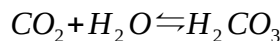
(g) = gasförmig

(aq) = Hydrathülle

Illustration 2: Infografik zur Kohlenstoffdioxid-Entweichung.

III. Reaktionen rund um Kohlensäure

Die Reaktionskette von Kohlensäure zu ihren Salzen lässt sich in den folgenden drei Gleichgewichtsreaktionen leicht beschreiben: Die erste Gleichgewichtsreaktion findet zwischen Wasser und Kohlenstoffdioxid sowie Kohlensäure statt und definiert letztere.



0,1 % des gelösten Kohlenstoffdioxids reagiert zur Kohlensäure, die sofort dissoziiert.

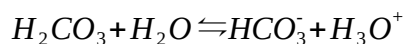


Durch Schütteln wird
gelöstes Kohlenstoffdioxid frei.

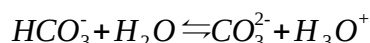
Illustration 3: Infografik zur Reaktion.

Wie bei den folgenden beiden Gleichgewichtsreaktionen auch besteht das Gleichgewicht auf der Edukt (also der linken) Seite, wie die Erlenmeyer-Regel besagt. Es reagieren nur ca. 0,1% der hydratisierten Kohlenstoffdioxidmoleküle zu Kohlensäure.

Wenn sich allerdings Kohlensäure gebildet hat, kann sie, wie bereits durch die erwähnte Gleichgewichtsgewichtung nur zu einem kleinen Teil, wieder mit Wasser zu Hydrogencarbonat (ehem. Bicarbonate) und Oxoniumionen (alias Oxidaniumionen) reagieren.



Das letzte Glied der Reaktionskette bildet die Reaktion von Hydrogencarbonat und Wasser zu Oxonium- und Carbonationen.



III. Die Salzgruppen der Kohlensäure

Da Kohlensäure eine zweiprotonige Säure ist, kann sie zwei mal Protonen abgeben und so zwei Salzgruppen bilden. Diese beiden Salzgruppen sind die Hydrogencarbonate und Carbonate, welche mit unterschiedlichsten Metallionen Salze bilden, deren Löslichkeitsprodukte stark variieren können. Dies läuft aufgrund des für eine Säure besonders hohen PH-Werts von Kohlensäure sowie ihrer Anionen (Es handelt sich um schwache Säuren) sehr langsam ab, sodass praktisch die folgende

schnellere Methode verwendet wird: Um die Reaktion zu beschleunigen wird das Metallion zunächst in Wasser gelöst. Um nun Kohlensäure hinzuzugeben wird in die wässrige Lösung Kohlenstoffdioxid hineingeleitet, sodass die bereits erwähnte Gleichgewichtsreaktion zwischen Wasser und Kohlenstoffdioxid und schließlich als Folge jene zwischen dem Metallion und einem der Anionen der Kohlensäure ablaufen kann.

I. Hydrogencarbonate

Die erste Salzgruppe der Kohlensäure, die Hydrogencarbonate, entsteht, wie anfangs gezeigt wurde, durch eine einfache Neutralisierung von Kohlensäure. Da Hydrogencarbonate sowohl Protonendonator als auch Protonenakzeptor ist (d.h. Hydrogencarbonate können sowohl Protonen abgeben sowie aufnehmen) tragen sie eine wichtige Bedeutung bei Blutpuffer-Systemen um den Säuren-Basen-Haushalt von Säugetieren zu regulieren. Aus der Bereitschaft sowohl Protonen aufzunehmen als auch abzugeben ergibt sich außerdem das Hydrogencarbonate Ampholyte sind, das heißt sie können gegenüber dem anderen Extrem jeweils als Säure als auch als Base reagieren. Alle Hydrogencarbonate sind fest, da zwischen den Hydrogencarbonationen und Kationen eine starke Ionenverbindung samt Ionengitter vorliegt, ab einer Temperatur von 50°C zerfallen sie allerdings wieder in unter anderem Wasser und Kohlenstoffdioxid, also zeitweise auch Kohlensäure. Sie sind normalerweise farblos und in Pulverform weiß, dies kann aber durch ein farbiges Kation manipuliert werden.

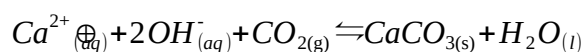
II. Carbonate

Die zweite Salzgruppe der Kohlensäure, die Carbonate (nicht zu verwechseln mit primären Carbonaten, also Hydrogencarbonaten), sind planar aufgebaut und ionisch, weswegen sie bei Raumtemperatur meist in kristalliner Feststoffform auftreten. Genauso wie bei Hydrogencarbonaten wird die Farbe allein durch Kationen bestimmt, bei noncoloren Kationen ist das Salz ebenso farblos. Im Gegensatz zu Hydrogencarbonate sind Carbonate nur doppelter Protonenakzeptoren und nicht Protonendonatoren.

IV. Kalk als Beispiel eines wichtigen Carbonats

Als wichtigster Vertreter der Carbonate gilt Calciumcarbonat, auch als „Kalk“ bekannt. Es zählt zu den am weitesten verbreiteten Verbindungen der Erde und tritt meist in der Mineralform als Calcit auf. Verwendet wird Calciumcarbonat vor allem in der Bauindustrie zur Herstellung von Zement aber auch nach sogenanntem „Brennen“ als Mörtel.

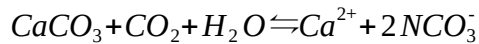
Um das bereits erläuterte Konzept zur Salzbildung an einem Beispiel zu erläutern kann Calciumcarbonat durch eine wässrige Lösung von Calcium und der Zugabe von Kohlenstoffdioxid gewonnen werden.



Dabei fällt das Calciumcarbonat als Feststoff aus.

Hierbei handelt es sich letzten Endes um eine Gleichgewichtsreaktion zwischen Calciumionen und Hydrogencarbonat zu Calciumcarbonat, Kohlenstoffdioxid und Wasser, wessen Gleichgewicht durch die Abgabe bzw. Aufnahme von Kohlenstoffdioxid, also z.B. der Erhitzung, nach rechts bzw.

links verschoben werden kann.



V. Kohlensäure und der pH-Wert

Um den Anteil der freien Kohlensäure und ihrer Anionen zu bestimmen kann ein PH-Test helfen:

Bei einem pH-Wert von ca. 4 liegen zu über 99% das Gleichgewicht auf der Seite des Wassers und Kohlenstoffdioxids. In diesem Zustand liegt es meist in beispielsweise Mineralwasser.

Ab einem pH-Wert von ca. 6.5 liegt dagegen Hydrogencarbonat zu einem gleichen Anteil von Kohlenstoffdioxid und Wasser vor.

Ein gleicher Anteil von Hydrogencarbonaten und Carbonaten liegt bei ca. pH 10,5 vor.

VI. Experimente rund um Kohlensäure

Es existieren verschiedene Methoden und Experimente um Kohlensäure nachzuweisen.

Wenn man Mineralwasser mit einem pH-Indikator versetzt kann beim Erhitzen der Lösung eine Farb- d.h. eine pH-Wertänderung festgestellt werden, wie das Bild eines Schülerversuches zeigt.

Durch Erhitzen verschiebt sich das Gleichgewicht noch weiter auf die Edukt-Seite ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$).



Illustration 4: Das Mineralwasser hat vor dem Erhitzen einen leicht sauren pH-Wert.



Illustration 6: Nach einer leichten Erhitzung steigt der pH-Wert näher an den neutralen Bereich.



Illustration 7: Nach einiger Zeit ist ein ungefähr neutraler pH-Wert erreicht.

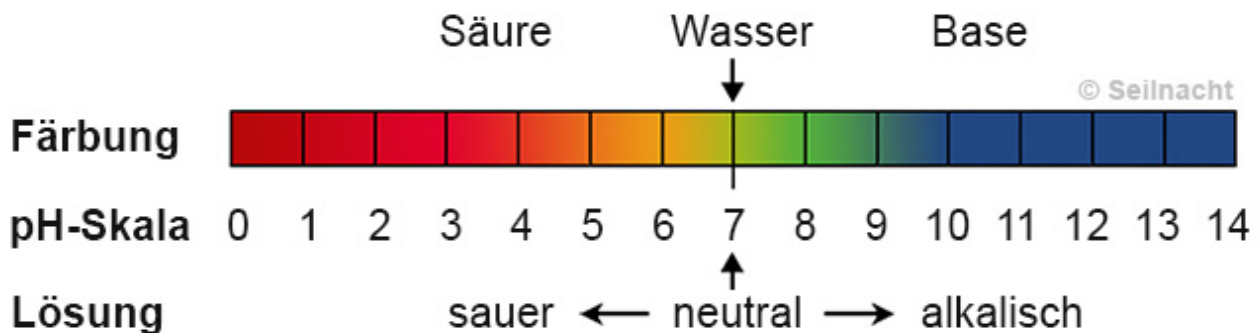


Illustration 5: Die farbliche pH-Skala

Anhang

Bemerkungen:

Bei den Pfeilen in den Reaktionsgleichungen handelt es sich um Gleichgewichtspfeile.

Der angegebene PH-Wert ist nur eine Annäherung. Da Kohlensäure als Reinstoff bei einer Titration reagieren würde ist eine genaue Bestimmung zur Zeit nicht möglich.

Aufgrund der Instabilität wird Kohlensäure industriell fast nur im Zusammenhang mit Kohlenstoffdioxid verwendet.

Die im vorletzten Abschnitt erwähnt pH-Nachweise beziehen sich auf eine Wasser-Lösung.

Quellenangaben:

[Wikipedia-Artikel zu Kohlensäure](#) (ebenso [engl. Version](#))

[Zeitungsartikel von "Die Welt" über die Unbeständigkeit von Kohlensäure](#)

[Artikel von "scinexx" zur Unbeständigkeit der Kohlensäure und ihrer Säurestärke](#)

[Artikel über Kohlensäure von "chemiezauber"; Allgemeine Informationen; pH-Wert](#)

[Ausführung der Uni Bayreuth über Kohlensäure und Kohlenstoffdioxid](#)

[Artikel von "chemie.de" zur erstmaligen Nachweisung von Kohlensäure in Wasser](#)

[Ausführung über Kohlensäure sowie ihre Salzgruppen auf "seilnacht.com"](#)

[Wikipedia-Artikel zu Hydrogencarbonaten](#)

[Wikipedia-Artikel über Kohlenstoffdioxid](#)

[Wikipedia-Artikel zu Calciumcarbonat](#)

[Wikipedia-Artikel über Carbonate](#)

[Wikipedia-Artikel zum Kohlensäure-Bicarbonat-System](#)

[Wikipedia-Artikel zur Erlenmeyer-Regel](#)

[Wikipedia-Artikel über Calciumoxid](#)

[Ausführung von Anna Heynkes über Kohlensäure und ihre Salze](#)

Bilderquellen:

Alle Illustration außer Illustration 5: [Bilder zur Kohlensäure auf "chemiezauber.de"](#)

Illustration 5: [Artikel zum pH-Wert auf "seilnacht.com"](#)

Verfasser:

Aaron Küsters

2016-05-17

aarkue.eu