

Kohlenstoffdioxid und Kohlensäure

Anne Hatzl, WS 09/10, Nicole Höftmann, SS 2020

Gliederung

1	Kohlensäure	2
2	Aufbau von Kohlenstoffdioxid	3
3	Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid.....	3
4	Entstehung von Kohlenstoffdioxid	5
5	Verwendung von Kohlenstoffdioxid	6

Einstieg: Wer schleppen vermeiden möchte, der kauft sich einen Wassersprudler wie z.B. einen SodaStream. Dazu benötigt man dann nur noch eine Gasflasche und Wasser aus der Leitung. Nun steht beim Kauf der Flaschen tatsächlich die Bezeichnung „Kohlensäure“ in der Produktbeschreibung, jedoch wird in der anorganischen Chemie gelehrt, dass Kohlensäure instabil ist.

Trinkwasser-Sprudler: Gaszylinder für Wassersprudler, 600 ml Kohlensäure, wiederbefüllbar

Beschreibung

Video



Kohlensäure Anreicherer, Sprudelwasser Maker

Kohlensäure für 60 Liter prickelnd frisches
Sprudelwasser

- ✓ Speziell für Rosenstein & Söhne" Wassersprudler WS-100.Soda
- ✓ Gasflasche mit 600 ml Kohlensäure
- ✓ Genügt für ca. 60 Liter Sprudelwasser

Für große Bilder hier klicken:



⊕ Vergrößern

statt⁶ € 49,90

29,95*

Sie sparen € 19,95 (40 %).
€ 49,92 pro Liter

Bestell-Nr. NC-3701-913



In den Warenkorb



Verfügbarkeit: Falls Sie noch **HEUTE bestellen**, bedienen wir Sie aus der für den **20.11.19 angekündigten Lieferung**.

Vorab-Teillieferungen erfolgen ab € 20,00 verfügbarem Warenwert, **Nachlieferungen** zu einer Bestellung erfolgen **versandkostenfrei!**

4 Kundenmeinungen für
Wassersprudler



Kundenbeitrag von H.S. aus **Frankfurt:** Kein Getränke-Kästen mehr schlennen. Sehr

Abb. 1: Internetseite zum Kauf einer Kohlensäuregasflasche [10]

1 Kohlensäure

Erlenmeyer-Regel: Chemische Verbindungen, die an einem Kohlenstoffatom mehr als eine Hydroxygruppe tragen sind nicht stabil, sondern neigen zur Abspaltung von Wasser.

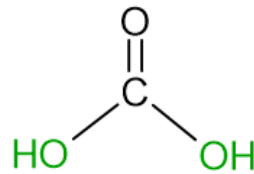


Abb. 2: Strukturformel von Kohlensäure

Da Kohlensäure zwei Hydroxygruppen hat, ist diese instabil.

In Wasser gelöstes Kohlenstoffdioxid bildet Kohlensäure.

Es liegen nebeneinander folgende Gleichgewichte vor:

1. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$
2. $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^-$
3. $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-}$

Betrachtet man Gleichung (1), so liegt das Gleichgewicht weitgehend auf der linken Seite bei CO_2 , da 99,8% des gelösten CO_2 in physikalisch gelöster Form vorliegt, also hydratisiert. Deshalb reagieren nur wenige CO_2 -Moleküle zu Kohlensäure H_2CO_3 und die Lösung ist nur schwach saurer.

Die Kohlensäure H_2CO_3 ist eine zweiprotonige Säure, welche zwei Reihen von Salzen bildet:

- Hydrogencarbonat (mit Anion HCO_3^-)
- Carbonat (mit Anion CO_3^{2-})

Dies ist für die Menschheit von Bedeutung, da im Blut ein Carbonat-Puffer enthalten ist. Dieser Puffer besteht aus einer Mischung von Kohlensäure (H_2CO_3) und Hydrogencarbonat (HCO_3^-) und hält den pH-Wert des Blutes annähernd konstant zwischen $\text{pH} = 7,35$ und $\text{pH} = 7,45$. Die durch den Stoffwechsel verursachten Schwankungen werden ausgeglichen, in dem das Hydrogencarbonat (HCO_3^-) ein Proton aufnimmt, wenn das Blut zu sauer ist und Kohlensäure (H_2CO_3) ein Proton abgibt, wenn das Blut zu alkalisch ist.

Die bisherigen Erkenntnisse zeigen, dass Kohlensäure instabil ist. Da Kohlensäure erst ab einem Druck von 2,4 GPa und Temperaturen über 97 °C stabil ist, kann Kohlensäure nicht in dieser Menge in der Gasflasche vorhanden sein. Aufgrund der aufgezeigten Reaktionsgleichung lässt sich schließen, dass es sich um CO_2 handeln muss, auf welches im Folgenden näher eingegangen wird.

2 Aufbau von Kohlenstoffdioxid

Das Kohlenstoffdioxid Molekül ist linear gebaut. Die wichtigste Grenz-Struktur ist

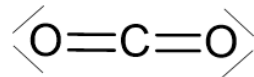


Abb. 3: Strukturformel von Kohlenstoffdioxid

Betrachtet man die Kristall-Struktur von Kohlenstoffdioxid, so stellt man fest, dass innerhalb der Moleküle starke Atom-Bindungen vorherrschen, zwischen den Molekülen jedoch nur schwache Anziehungskräfte bestehen.

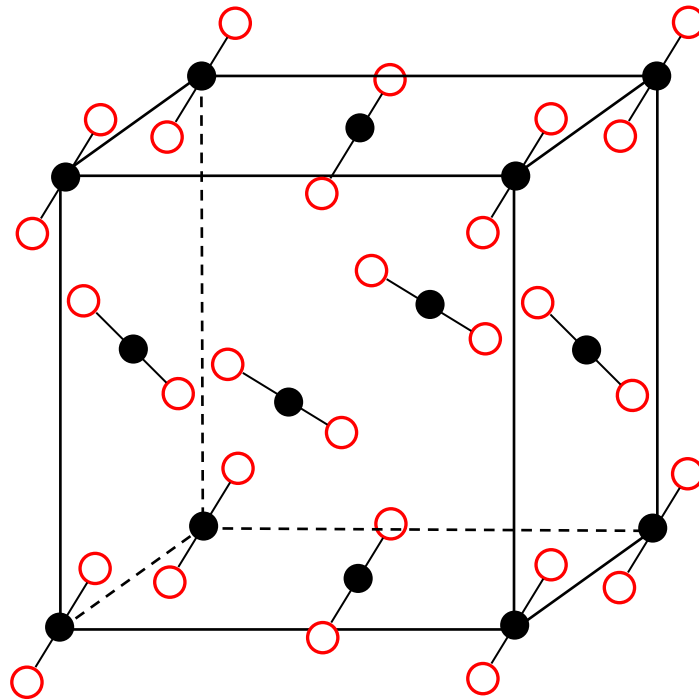
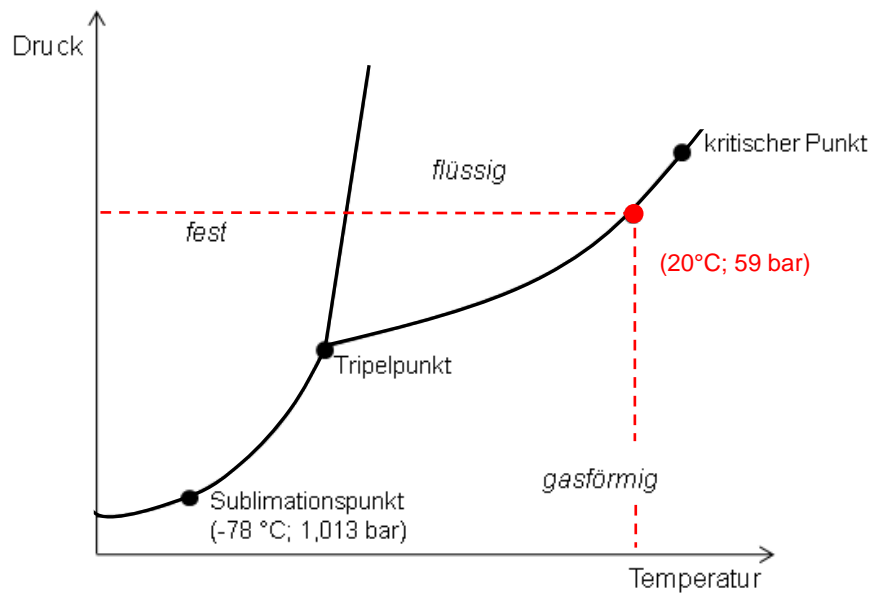


Abb. 4: Kristall-Gitter von Kohlenstoffdioxid [1] ○ O – Atom ● C - Atom

3 Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid

Kohlenstoffdioxid ist ein farbloses und geruchloses Gas. Es verbrennt nicht und unterhält die Verbrennung auch nicht. Betrachtet man die Dichte von Kohlenstoffdioxid, die $1,98 \text{ kg/m}^3$ beträgt, so kann man feststellen, dass sie ca. eineinhalb Mal größer ist als die Dichte von Luft. Außerdem ist Kohlenstoffdioxid in Wasser löslich. Bei 25°C und normalen Druck lösen sich $1,5 \text{ g}$ pro Liter Wasser, erniedrigt man die Temperatur auf 0°C und hält man den Druck bei, so lösen sich sogar $3,4 \text{ g}$ pro Liter Wasser. Ein ungewöhnliches Verhalten zeigt CO_2 in den verschiedenen Aggregat-Zuständen.



Bei normalem Druck (1,013 bar) liegt keine flüssige Phase vor. Das Kohlenstoffdioxid schon bei -78°C sublimiert, also von der festen sofort in die gasförmige Phase übergeht, kann man sich anhand des Molekül-Gitters erklären. Zwischen den CO_2 -Molekülen bestehen nur sehr schwache Anziehungskräfte, dadurch verlassen die Moleküle schon bei geringer Temperatur-Erhöhung leicht die Kristall-Oberfläche und CO_2 sublimiert direkt in die Gas-Phase. Will man bei Raum-Temperatur flüssiges CO_2 erhalten, so muss der Druck auf 59 bar erhöht werden.

Experiment: Verflüssigung von Trockeneis

Material:

- Trockeneis
- Spritze

Chemikalien:

- **Trockeneis** (Kohlenstoffdioxid, fest)
CAS-Nr.: 124-38-9



Achtung
H280, H281
P403

Durchführung: In einer von einer Seite geschlossenen Spritze wird Trockeneis hineingegeben und dicht verschlossen.

Beobachtung: Das Trockeneis verflüssigt sich und Kohlendioxid wird zu einer Flüssigkeit.

Interpretation: Durch den hohen Druck, der bei der Sublimierung entsteht, kann sich Kohlendioxid bei Raumtemperatur verflüssigen.

4 Entstehung von Kohlenstoffdioxid

Experiment: Nachweis des Atem-Produkts Kohlenstoffdioxid

Material:

- Reagenzglas, d= 18 mm
- Reagenzglas-Gestell
- Trinkhalm
- Schwarzer Hintergrund

Chemikalien:

- Calciumhydroxid-Lösung
(Kalkwasser)
CAS-Nr.: 1305-62-0

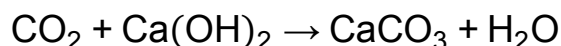


Gefahr
H315, H318
P280, P305+P351+P338

Durchführung: Das Reagenzglas wird bis zur Hälfte mit Calciumhydroxid-Lösung gefüllt. Mit dem Trinkhalm wird nun vorsichtig einige Sekunden lang in die Lösung geblasen (Schutzbrille!). Nach Beenden des Blasens kann man das Ergebnis besser sichtbar machen, in dem man das Reagenzglas vor den schwarzen Hintergrund stellt.

Beobachtung: Die Lösung trübt sich weiß ein.

Interpretation: Das Atemgas Kohlenstoffdioxid reagiert mit dem in der Lösung enthaltenem Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat, welches die weißliche Trübung verursacht.



CO_2 macht einen geringen Prozentsatz (0,037%) bei der Zusammensetzung der Atmosphäre aus. Ungefähr 46% des gesamten CO_2 -Ausstoßes entsteht bei der Verbrennung von organischen Verbindungen und fossilen Brenn-Stoffen, wie zum Beispiel bei der vollständigen Verbrennung von Kohlenstoff:



Bei dieser Verbrennung wird sehr viel Energie frei, wovon die Menschheit profitiert.

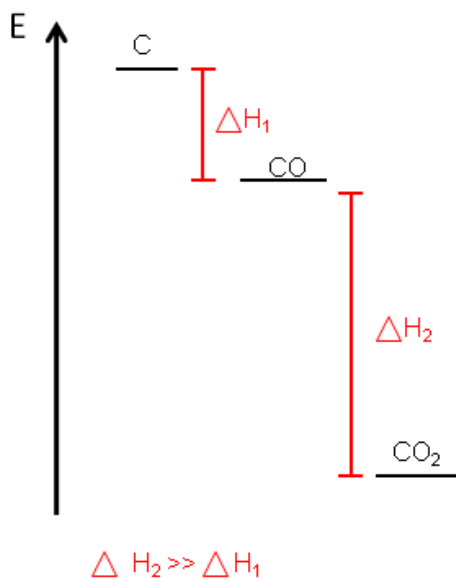
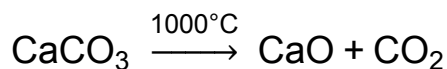


Abb. 6: Energie-Diagramm der Verbrennung von Kohlenstoff

Die hierbei freigesetzte Menge an CO₂ beläuft sich auf 36 Milliarden Tonnen pro Jahr. Außerdem entsteht Kohlenstoffdioxid in der Industrie als Neben-Produkt beim Kalk-Brennen:

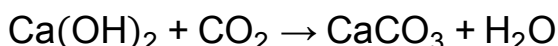


Bei diesem Vorgang werden jährlich 530 Millionen Tonnen CO₂ freigesetzt.

Auch bei der alkoholischen Gärung, bei Fäulnis-Prozessen und bei der Herstellung von Ammoniak entsteht Kohlenstoffdioxid. Im Labor erhält man CO₂ durch die Zersetzung von Carbonaten:



Auch bei der Atmung entsteht CO₂, was der einleitende Versuch gezeigt hat. Das vorhandene Calciumhydroxid reagierte mit Kohlenstoffdioxid zu Calciumcarbonat, welches ausfällt und die Trübung verursacht:



Jeder Mensch setzt jährlich allein durch den Atmungsprozess 350 kg CO₂ frei.

5 Verwendung von Kohlenstoffdioxid

Kohlenstoffdioxid kann auf ganz unterschiedliche Art und Weise Verwendung finden. Zum einen verwendet man es als Kühlmittel, aus Druck-Gas um Rettungsflöße oder –westen aufzublasen, als Feuerlösch-Mittel, für Operationen, als Nebel für Nebel-Maschinen, um Getränke mit „Kohlensäure“ zu versetzen oder in fester und kompakter Form als Trockeneis.

Experiment: Nachweis der Bildung von Kohlensäure

Material:

- Becherglas, 600 mL
- Leitungswasser
- pH-Papier (pH 1 – 1)

Chemikalien:

- **Trockeneis** (Kohlenstoffdioxid, fest)
CAS-Nr.: 124-38-9

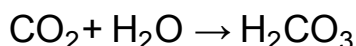


Achtung
H280, H281
P403

Durchführung: In das Becherglas wird Leitungswasser gegeben und mit Hilfe des pH-Papiers der pH-Wert gemessen. Anschließend gibt man einige Stücke Trockeneis dazu und misst nach kurzer Zeit wieder den pH-Wert.

Beobachtung: Der pH-Wert von Leitungswasser ist nahezu neutral. Nach Zugabe von Trockeneis und anschließender Messung des pH-Wertes kann man eine leicht säuerliche Tendenz erkennen.

Interpretation: Einige CO₂-Moleküle haben zur Kohlensäure reagiert



Zusammenfassung: Kohlendioxid in Wasser wird oft umgangssprachlich und fälschlicherweise als Kohlensäure bezeichnet. Das Hydrat von Kohlenstoffdioxid, die Kohlensäure H_2CO_3 , ist eine zwei-protonige Säure. Diese bildet zwei Reihen von Salzen (Hydrogencarbonate, Carbonate) aus. Das Kohlenstoffdioxid-Molekül ist linear gebaut. CO_2 ist ein farbloses und geruchloses Gas, welches in Wasser löslich ist. Die Besonderheit von CO_2 beruht darauf, dass es bei normalem Druck und Raum-Temperatur keine flüssige Phase gibt. Bei verschiedenen chemischen Prozessen (Verbrennung, Zersetzung von Carbonaten, Atmung) entsteht CO_2 .

Abschluss: Durch Kohlendioxid im Wasser wird im Magen ein Hungerhormon namens Ghrelin ausgeschüttet, wodurch man, wie schon der Name sagt, häufiger Hunger bekommt. Es hat aber auch eine gute Nachricht, denn viel Ghrelin im Blut macht uns zwar hungrig, nichtsdestoweniger auch glücklich.

Quellen:

1. E. Riedel, Anorganische Chemie, 6. Auflage, de Gruyter, Berlin New York 2004
2. M. Binnewies, M. Jäckel, H. Willner, G. Rayner-Canham, Allgemeine und anorganische Chemie, Spektrum Akademischer Verlag, 1. Auflage 2004
3. G. Jander, E. Blasius, Einführung in das anorganische chemische Praktikum. S. Hirzel Verlag Stuttgart, 15. Auflage 2005
4. http://www.seilnacht.com/Chemie/ch_co2.htm (Stand vom 01.08.2020)
5. <https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid> (Stand vom 09.08.2020)
6. <https://www.wissen.de/lexikon/kohlendioxiid> (Stand vom 09.08.2020)
7. http://www.cumschmidt.de/s_phasendiag01.htm (Stand vom 01.08.2020)
8. <https://www.mdr.de/wissen/kohlensaure-macht-dick-100.html> (Stand vom 01.08.2020)
9. <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Erlenmeyer-Regel> (Stand vom 01.08.2020)
10. <https://www.pearl.de/a-NC3701-3002.shtml> (Stand vom 01.08.2020)