KOHLENSTOFFDIOXID 🞄 KOHLENSÄURE

Kohlensäure ist ein bisschen anders als viele andere Säuren. Unter Zimmerbedingungen ist sie nur wenig beständig. Doch unter Druck oder/und bei tieferen Temperaturen entsteht sie aus Kohlenstoffdioxid und Wasser. Und ihre Salze, die Carbonate und Hydrogencarbonate begegnen uns im täglichen Leben relativ häufig.

[Reaktion von Kohlenstoffdioxid mit Wasser 1](#_Toc7183397)

[Reaktion von Kohlensäure mit Wasser 2](#_Toc7183398)

[Eigenschaften von Kohlensäure 4](#_Toc7183399)

[Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid 4](#_Toc7183400)

[Carbonate und Hydrogencarbonate 4](#_Toc7183401)

[Nachweisreaktionen zur Identifizierung 5](#_Toc7183402)

[Bedeutung und Verwendung von Kohlenstoffdioxid 5](#_Toc7183403)

[Bedeutung und Verwendung von Kohlensäure 6](#_Toc7183404)

[industrielle Herstellung von Kohlensäure 6](#_Toc7183405)

[Einige Fachbegriffe bei diesem Thema 6](#_Toc7183406)

[Quellenangaben und Hinweise 8](#_Toc7183407)

Reaktion von Kohlenstoffdioxid mit Wasser

*Kohlensäuregleichgewicht*

Reaktion [Prinzip]

Aus **Kohlenstoffdioxid** und **Wasser** entsteht je nach Druck und Temperatur **Kohlensäure**, die aber wenig beständig ist und leicht wieder in die Ausgangsstoffe zerfällt [umkehrbare chemische Reaktion; Einstellung eines **chemischen Gleichgewichts** zwischen **Hin- und Rückreaktion**].

Reaktion [Modell, schematisch]

Ein Bild, das Objekt, Uhr enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Reaktionsgleichung [LEWIS-Schreibweise]

Kohlensäuregleichgewicht in Elektronenschreibweise ...



Reaktionsgleichung

Kohlensäuregleichgewicht mit Aggregatzuständen  
*ohne Berücksichtigung der Protolyse von Kohlensäure in Wasser*

CO2 (g) + H2O (l) ⇄ H2CO3 (l) *; ΔH = –20,37 kJ · mol –1 [25°C]*

Kohlensäuregleichgewicht unter Berücksichtigung der Protolyse von Kohlensäure in Wasser unter Bildung von Oxoniumionen und Carbonationen [ausführlich]

CO2 + H2O ⇄ 2 H3O++ CO32–

Kohlensäuregleichgewicht unter Berücksichtigung der Reaktion der Kohlensäure mit Wasser-molekülen unter Bildung von Wasserstoffionen und Carbonationen [vereinfacht]

CO2 + H2O ⇄ 2 H++ CO32–

Chemisches Gleichgewicht: Bildung und Zerfall der Kohlensäure

**umkehrbare chemische Reaktion**; chemisches Gleichgewicht zwischen Hinreaktion und Rückreaktion

[besuche dazu auch unsere ausführliche Seite zum chemischen Gleichgewicht]

Prinzip vom kleinsten Zwang *[Prinzip von LeChatelier]*

🠢 übt man auf eine umkehrbare chemische Reaktion einen Zwang aus, so stellt sich infolge der Störung des Gleichgewichts ein neues Gleichgewicht ein, so dass das System dem Zwang ausweicht

🠢 d.h. Beeinflussung der Lage des chemischen Gleichgewichts durch die Änderung der Reaktionsbedingungen [Druck, Temperatur, Konzentration],

Regeln am Ende dieser Seite ausführlich nachlesbar!

* **Bildung der Kohlensäure** [Hinreaktion]: Begünstigung durch Temperaturerniedrigung [da **exotherm**] und Druckerhöhung [da **Volumenabnahme**; siehe 1 mol Gas bei den Ausgangsstoffen und kein Mol Gase bei den Produkten]
* **Zerfall der Kohlensäure** [Rückreaktion]: Begünstigung durch Temperaturerhöhung [da **endotherm**] und Druckerniedrigung [da **Volumenzunahme**; siehe 0 mol Gase bei den Ausgangsstoffen und 1 mol Gas bei den Reaktionsprodukten der Rückreaktion]

Anwendung an einer Mineralwasserflasche

* **Mineralwasserflasche geschlossen** [gerade befüllt worden] 🠢 es bildet sich aus Kohlenstoffdioxid und Wasser unter hohem Druck teilweise Kohlensäure, die wiederum mit Wasser reagiert [dissoziiert]
* **Mineralwasserflasche geöffnet** [Zimmertemperatur] 🠢 Kohlensäure zerfällt [niedriger Druck] zu großem Teil und das entstehende Gas Kohlenstoffdioxid entweicht perlend aus der Flüssigkeit
* **Mineralwasser abgestanden, erwärmt** 🠢 noch weitere Gasblasen mit CO2 steigen auf, da Zerfall der Kohlensäure endotherm ist und so durch Temperaturzufuhr begünstigt wird

Reaktion von Kohlensäure mit Wasser

*Protolyse bzw. Dissoziation von Kohlensäure*

Reaktionsgleichung [gesamt]

H2CO3 + 2 H2O ⇄ 2 H3O+ + CO32– *; ΔH = –n kJ · mol –1*

🠢 Jeweils ein Kohlensäuremolekül reagiert mit zwei Wassermolekülen zu zwei Oxoniumionen H3O+ sowie einem Carbonation CO32– [exotherm].

Erläuterung der Reaktion

Dabei gibt das H2CO3-Molekül seine zwei Protonen [H+] an je ein Wassermolekül stufenweise ab [**Protolyse**]:

* **Protonenabgabe** (gesamt): H2CO3 ⇄ 2 H+ + CO32–
* **Protonenaufnahme** (gesamt): 2 H+ + H2O ⇄ 2 H3O+

stufenweise Protonenabgabe

Protonenabgabe [H+-Ionen] in 2 Stufen:

* Stufe 1 🠢 Bildung von **Hydrogencarbonationen**:  
  H2CO3 + H2O ⇄ H3O+ + HCO3–
  + **Protonenabgabe**: H2CO3 ⇄ H+ + HCO3–
  + **Protonenaufnahme**: H+ + H2O ⇄ H3O+
* Stufe 2 🠢 Bildung der **Carbonationen**: HCO3– + H2O ⇄ H3O++ CO32–
  + **Protonenabgabe**: HCO3– ⇄ H+ + CO32–
  + **Protonenaufnahme**: H+ + H2O ⇄ H3O+
* Stufe 1+2 🠢 **Protolyse** (gesamt): H2CO3 + **2** H2O ⇄ **2** H3O+ + CO32–

stufenweise Protonenabgabe vereinfacht

Protonenabgabe [H+-Ionen] ohne Berücksichtigung von Wassermolekülen:

* Stufe 1 🠢 Bildung von **Hydrogencarbonationen**: H2CO3 ⇄ H+ + HCO3–
* Stufe 2 🠢 Bildung der **Carbonationen**: HCO3- ⇄ H+ + CO32–
* Stufe 1+2 🠢 **Protolyse** (gesamt): H2CO3 ⇄ **2** H+ + CO32–

Kohlensäure als mehrprotonige Säure

Kohlensäure ist eine **zweiprotonige Säure** [je Molekül können 2 Protonen abgegeben werden; daher erfolgt deren Protolyse in 2 Stufen]

Stärke der Kohlensäure

mittelstarke Säure [gibt nicht ganz so leicht Protonen an Reaktionspartner ab wie z.B. Schwefelsäure]

Reaktion vereinfacht

ohne Berücksichtigung von Wassermolekülen; **Dissoziation**

🠢 Jeweils ein Kohlensäuremolekül dissoziiert in wässriger Lösung in 2 Wasserstoffionen und ein Carbonation:

H2CO3 ⇄ 2 H+ + CO32– ; exotherm

oder auch: H2CO3 (aq) ⇄ 2 H+ (aq) + CO32– (aq)

aq – für Lösungsmittel Wasser

Bau von Kohlensäure

besteht aus Kohlensäuremolekülen [je nach Wasseranteil, Druck und Temperatur], Wassermolekülen sowie frei beweglichen Ionen, hier speziell Oxoniumionen [an Wassermoleküle gebundene Wasserstoffionen], Hydrogencarbonat- und Carbonationen

elektrische Leitfähigkeit

wässrige Kohlensäurelösung leitet den elektrischen Strom infolge frei beweglicher Ionen

englischer Name von Kohlensäure

Carbonic Acid

englischer Name von Kohlenstoffdioxid

Carbon Dioxide

Eigenschaften von Kohlensäure

bei 20°C

farblose, geruchlose, klare Flüssigkeit, aus der [je nach Druck und Temperatur sowie Wassergehalt] mehr oder weniger Kohlenstoffdioxid entweicht; als reine Substanz praktisch nur unter Laborbedingungen zu erzeugen [zerfällt bei Zimmerbedingungen schnell in Kohlenstoffdioxid und Wasser]

Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid

|  |  |
| --- | --- |
| Eigenschaften bei 20°C  farbloses und geruchloses Gas; größere Dichte als Luft [man kann es förmlich gießen]; nicht brennbar, erstickende Wirkung; gut wasserlöslich [reagiert mit Wasser teilweise zu Kohlensäure]; Gefahr von Vergiftungen bzw. Erstickungen | Gefahrstoff-kennzeichnung  Beschreibung: 2000px-GHS-pictogram-bottle.svg.png |

Carbonate und Hydrogencarbonate

Salze der Kohlensäure

wegen der zweistufigen Protolyse kann Kohlensäure zwei Gruppen von Salzen bilden: **Hydrogencarbonate** und **Carbonate**

Salzbildungsreaktionen

*Wichtiger Hinweis: Bei Zimmertemperatur ist Kohlensäure nur wenig beständig. Daher sind typischen Salzbildungsreaktionen erschwert. Theoretisch bzw. unter Druck funktionieren die Reaktionen schon.*

Reaktion mit unedlen Metallen

theoretisches **Beispiel**, da nur unter Druck beständig

Reaktion von Magnesium mit Kohlensäure zu Magnesiumcarbonat und Wasserstoff [Redoxreaktion]  
Mg + H2CO3 🠢 MgCO3 + H2

Reaktion mit Hydroxidlösungen [Neutralisation]

theoretisches **Beispiel**, da nur unter Druck beständig

Reaktion von Calciumhydroxidlösung mit Kohlensäure zu Calciumcarbonat und Wasser [Protolyse]  
Ca(OH)2 + H2CO3 🠢 CaCO3 + 2 H2O

bekannte Carbonate

sind u.a. Calciumcarbonat CaCO3 [Marmor, Kreide, Kalkstein, Calcit; auch als Kesselstein und im Beton], Kaliumcarbonat K2CO3 [Pottasche] und Natriumcarbonat Na2CO3 [Soda], Lithiumcarbonat Li2CO3 [senkt bei der Glasherstellung die Schmelztemperatur] und Ammoniumcarbonat (NH4)2CO3 [früher als Riechsalz bei Ohnmacht; heute u.a. Bestandteil des Hirschhornsalzes z.B. in Backtriebmitteln]

bekannte Hydrogencarbonate

z.B. Natriumhydrogencarbonat NaHCO3 [Natron] oder Calciumhydrogencarbonat Ca(HCO3)2 [im Trinkwasser als eine Ursache der Wasserhärte] und Ammoniumhydrogencarbonat NH4HCO3

*Ammoniumcarbonat und Ammoniumhydrogencarbonat sind die Hauptbestandteile des sog. Hirschhornsalzes, dass man als Backtriebmittel verwendet*

Nachweisreaktionen zur Identifizierung

durch Nachweis der Wasserstoffionen sowie Carbonationen ist Kohlensäure eindeutig identifiziert

* Reaktion mit **Indikatoren**  
  Kohlensäure reagiert mit Universalindikator unter Rotfärbung [Ursache: frei bewegliche Oxoniumionen H3O+ bzw. vereinfacht Wasserstoffionen H+]; *siehe Reaktion mit Wasser weiter oben*  
  H2CO3 ⇄ 2 H+ + CO32–
* Reaktion mit **Bariumhydroxidlösung**  
  weißer Niederschlag wegen der Carbonationen CO32– in der Lösung [Bildung von schwerlöslichem Bariumcarbonat]  
  Ba2+ + CO32– 🠢 BaCO3

Reaktion funktioniertgenauso mit Calciumhydroxidlösung (Kalkwasser)

Bedeutung und Verwendung von Kohlenstoffdioxid

Bedeutung von CO2

* Kohlenstoffdioxid kommt in der Luft [fast 0,041%], in Mineralquellen und Vulkanabgasen, gelöst in Meeren und anderen Gewässern sowie als Verbrennungsprodukt kohlenstoffhaltiger Stoffe [z.B. Holz, Kohle, Erdöl] vor
* Kohlenstoffdioxid ist **Ausgangsstoff der Fotosynthese** [liefert das Element Kohlenstoff zum Aufbau organischer Stoffe, wie z.B. Glucose und Stärke, mittels Lichtenergie und Chlorophyll]
* **Produkt von Zellatmung** [wird ausgeatmet] und einigen Gärungen

Wirkung von CO2 in der Umwelt

* beteiligt an **Verwitterung**
* CO2 ist ein **Luftschadstoff**; zu viel CO2 in der Atmosphäre vergrößert aber auch den **Treibhauseffekt** [globale Erwärmung] und ist so eine Ursache des **Klimawandels**
* gelöst im Meer und in Seen führt es zur **Versauerung** [infolge Kohlensäure-Bildung] und letztlich zum Artensterben [greift auch u.a. Muschelschalen an]

Nutzung und Verwendung von CO2

* gasförmig: als Getränkezusatz sowie zur Harnstoffherstellung, als Kältemittel und Schutzgas, als Backtriebmittel [durch alkoholische Gärung von Hefepilzen im Hefeteig oder thermische Zersetzung von Hydrogencarbonaten im Backpulver]
* flüssig oder fest: als Feuerlöschmittel
* fest: Trockeneis [wasserfreies Kühlmittel], Nebelmaschinen

Bedeutung und Verwendung von Kohlensäure

Bedeutung von H2CO3

kommt in Mineralquellen und Gewässern vor; Bestandteil des natürlichen Kohlenstoffkreislaufes

Verwendung

Herstellung von Methanol, Harnstoff, Kunststoffen [siehe z.B. Polyurethane] sowie von Kohlensäureestern [z.B. Polycarbonate, siehe Material für CDs und Autoscheinwerfer]; Bestandteil viele Getränke; Ausgangs- oder Hilfsstoff für unzählige chemisch-technische Verfahren; *siehe auch Verwendungs-möglichkeiten für CO2*

industrielle Herstellung von Kohlensäure

**Schritt 1** 🠢 Herstellung/Gewinnung von **Kohlenstoffdioxid** CO2, beispielsweise durch Verbrennung von Kohlenstoff oder kohlenstoffhaltigen Stoffen [z.B. Kohle, Koks, Erdöl oder -gas]: z.B. also: C + O2 🠢 CO2

**Schritt 2** 🠢 das Gas wird dann abgetrennt und **gereinigt**; als Zwischenprodukt können **Carbonate** und **Hydrogencarbonate** gebildet werden, die zur Erzeugung des CO2 dann z.B. erhitzt werden

**Schritt 3** 🠢 **Reaktion von CO2 mit Wasser zur Kohlensäure** [unter Druck], *Details siehe weiter oben!* CO2 + H2O ⇄ H2CO3

Einige Fachbegriffe bei diesem Thema

saure Lösung

wässrige Lösung, die Wasserstoffionen H+ enthält [diese bilden gemeinsam mit je einem Wassermolekül Oxoniumionen H3O+]; pH-Wert ist kleiner als 7  
H+ + H2O ⇌ H3O+

Säure nach ARRHENIUS

Stoffe die Protonen [H+] abspalten und so in wässriger Lösung in frei bewegliche positiv geladenen Wasserstoffionen H+ und negativ geladenen Säurerestionen dissoziieren *[Säurerestionen der Kohlensäure sind Hydrogencarbonationen sowie Carbonationen]*

Dissoziation, dissoziieren

Zerfall von Stoffen in frei bewegliche Ionen durch Einwirkung von Wassermolekülen

Säure nach BRÖNSTED

Teilchen, die Protonen H+ abgeben können [Protonendonatoren]

Aggregatzustände in Reaktionsgleichungen

(g) gasförmig [gaseous], (l) flüssig [liquid], (s) fest [solid]; (aq) wässrige Lösung

**Reaktionswärme** [**Reaktionsenthalpie**]

Reaktionswärme [Reaktionsenthalpie]

**exotherm** [Abgabe von Wärmeenergie] Δ**H = –n** kJ · mol –1 [bzw. **Q** **= –n** kJ · mol –1

**endotherm** [Aufnahme von Wärme] Δ**H = +n** kJ · mol –1 [bzw. **Q** **= +n** kJ · mol –1]

*oft mit* ***Q*** *statt ΔH angegeben (Q für Wärmemenge); Schreibweise der Einheit* ***kJ · mol-1*** *auch als* ***kJ/mol*** *möglich;* ***n*** *o.a. Buchstabe als Variable für beliebige Zahlenangabe Bei umkehrbaren Reaktionen gilt die Angabe für die Hinreaktion*[für die Rückreaktion dann das Gegenteil]!

*Δ*H

Änderung der Enthalpie bei einer Reaktion, also Energiebilanz bei einer chemischen Reaktion unter konstantem Druck [Differenz der Enthalpie der Produkte und Ausgangsstoffe, d.h. ihrer chemischen Energien]

Protolyse nach BRÖNSTED

Reaktion mit Protonenübergang; mindestens ein Proton H+ wird von einem Teilchen abgegeben [Protonendonator; Säure], das von einem anderen Teilchen [Protonenakzeptor; Base] wieder aufgenommen wird

mehrprotonige Säure

Säuremoleküle, die mehr als ein Proton H+ abgeben können [z.B. zwei- oder dreiprotonige Säuren]

Redoxreaktion

Reaktion mit Elektronenübergang; mindestens ein Elektron e– wird von einem Teilchen abgegeben [Reduktionsmittel; wird oxidiert], das von einem anderen Teilchen [Oxidationsmittel, wird reduziert] wieder aufgenommen wird

umkehrbare Reaktion

Einstellung eines chemischen Gleichgewichts zwischen Hin- und Rückreaktion; gekennzeichnet mit einem Doppelpfeil ⇄

Prinzip von Le Chatelier (und Braun)

**Prinzip vom kleinsten Zwang**; wenn man auf das System einer umkehrbaren chemischen Reaktion einen Zwang [Änderung der Reaktionsbedingungen Druck, Temperatur und Konzentration] ausübt, so wird ein neues chemisches Gleichgewicht eingestellt, das dem Zwang ausweicht

* **endotherme** Teilreaktion [ΔH = +n kJ · mol –1] wird durch **Wärmezufuhr** begünstigt
* **exotherme** Teilreaktion [ΔH = –n kJ · mol –1] wird begünstigt durch **Wärmeentzug** [niedrige Temperatur]
* Reaktion mit **Volumenabnahme** [erkennbar an der Abnahme der Stoffmenge von Gasen in der Reaktionsgleichung] wird durch **Druckerhöhung** begünstigt; nur bei Reaktionen mit mindestens einem Gas
* Reaktion mit **Volumenzunahme** [erkennbar an der Zunahme der Stoffmenge von Gasen in der Reaktionsgleichung] wird durch **Druckerniedrigung** begünstigt; nur bei Reaktionen mit mindestens einem Gas
* **Erhöhung** der Stoffmengenkonzentration eines **Ausgangsstoffes** begünstigt die Reaktion, bei der dieser Stoff verbraucht wird
* **Entzug** eines **Reaktionsproduktes** aus dem Gleichgewicht begünstigt die Teilreaktion, bei der dieser Stoff entsteht

Quellenangaben und Hinweise

Die Inhalte dieser Webseite wurden urheberrechtlich durch den Autor zusammengestellt und eigenes Wissen sowie Erfahrungen genutzt. Bilder und Grafiken sind ausschließlich selbst angefertigt.

Für die Gestaltung dieser Internetseite verwendeten wir zur Information, fachlichen Absicherung sowie Prüfung unserer Inhalte auch verschiedene Seiten folgender Internetangebote: wikipedia.de, schuelerlexikon.de, seilnacht.com, ce.cmu.edu; darüber hinaus die Schroedel-Lehrbücher Chemie heute SI sowie SII [Ausgaben 2004 bzw. 1998 für Sachsen] und das Nachschlagewerk Duden Basiswissen Chemie [Ausgabe 2010]. Zitate oder Kopien erfolgten nicht.

3D-Molekülmodelle wurden mit dem MolView Open-Source Project [molview.org] erzeugt.

Dieses Skript wurde speziell auf dem Niveau der Sekundarstufe I erstellt.