

I.F.19

Einfache organische Verbindungen

Die Welt der Carbonsäuren – ein Überblick

Ein Beitrag von Günther Lohmer



© RAABE 2020

© Image Source/Getty Images Plus

In unserem Alltag kommen wir ständig mit den verschiedenen Carbonsäuren in Kontakt: Sei es beispielsweise als Vitamin C (der Ascorbinsäure) oder in Form von Essig. Bei Letzterem handelt es sich um verdünnte Ethansäure, deren Trivialname Essigsäure lautet. Sie dürfte die vermutlich älteste vom Menschen hergestellte Carbonsäure sein. Bereits 6.000 v. Chr. war die Essigsäureherstellung aus Wein und ihre konservierende Wirkung bekannt. In diesem Beitrag werden die grundlegenden Eigenschaften der Monocarbonsäuren und der Hydroxycarbonsäuren vermittelt und auf ihre Verwendungszwecke eingegangen.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	10
Dauer:	9 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	1. Textverständnis, Alltagsbezug herstellen; 2. Strukturiertes Denken; 3. Transferwissen (homologe Reihe Alkane => homologe Reihe Alkansäuren), Herstellverfahren beschreiben und passende Reaktionsgleichungen aufstellen.
Thematische Bereiche:	Monocarbonsäuren, Hydroxycarbonsäuren, Carboxy- und Hydroxygruppe, Hydrolyse
Medien:	Texte, Reaktionsgleichungen, Strukturformeln, Folie

Hintergrundinformationen

Zur Konservierung von Lebensmitteln nutzen die Menschen schon sehr lange verschiedene Carbonsäuren. Die milchsäure Vergärung von Lebensmitteln zählt neben dem Trocknen und Salzen zu den ältesten Konservierungsmethoden, die der Mensch zur Haltbarmachung von Lebensmitteln entwickelt hat. Wissenschaftlich belegt ist, dass sich chinesische Handwerker beim Bau der Chinesischen Mauer im 3. Jahrhundert v. Chr. von gesäuertem Kohl und Reis ernährt haben. Weiterhin ist belegt, dass der griechische Arzt und Philosoph Hippokrates, der in der Zeit von 466 bis 377 v. Chr. lebte, in seinen Manuskripten den Verzehr von gesäuertem Kohl, gleichbedeutend mit Sauerkraut, empfahl. Bei der Herstellung von Sauerkraut wandeln Bakterien die im Gemüse vorhandenen Kohlenhydrate in Kohlenstoffdioxid, **Milch- und Essigsäure** um. Der Prozess läuft ohne die Beteiligung von Sauerstoff, also anaerob, ab. Bei der Gärung vermehren sich die Milchsäurebakterien am Anfang rasant schnell. Dadurch steigt der Gehalt an Milchsäure. Dies führt dazu, dass der pH-Wert auf unter 4 sinkt. In diesem sauren Milieu können keine anderen Bakterien, sondern nur die Milchsäurebakterien überleben. Ist die Konzentration der Milchsäure $\geq 1\%$, sterben die Milchsäurebakterien ab und die Gärung kommt zum Erliegen. Essigsäure, Ethansäure, ist eine **einfache Carbonsäure**. Milchsäure ist eine **Hydroxycarbonsäure**. Sie verfügt sowohl über eine Carboxygruppe (-COOH) als auch eine Hydroxygruppe (-OH).

Hinweise zur Didaktik und Methodik

In diesem Beitrag lernen die Schüler¹ die homologe Reihe der Carbonsäuren kennen. Die Folie **M 1** hilft Ihnen, einen Bezug zwischen dem abstrakten Begriff der Carbonsäure und dem Alltag Ihrer Schüler¹ herzustellen. Die Materialien bieten einen Blick auf die Carboxygruppe, die ein charakteristisches Merkmal der Carbonsäuren darstellt. Der Lehrerversuch zur Reaktion der ersten drei Alkansäuren zeigt anschaulich, wie sich deren Reaktivität gegenüber Magnesium mit zunehmender Länge der Kohlenstoffkette verändert. Vermutlich kennen Ihre Schüler verschiedene Carbonsäuren unter ihrem Trivialnamen. Das Material stellt die Trivialbezeichnungen den entsprechenden international gültigen IUPAC-Bezeichnungen gegenüber, sodass auch die offizielle Fachsprache der Chemiker im Unterricht thematisiert wird. Der Beitrag gibt einen Überblick über das Vorkommen, die Verwendung und das Herstellverfahren der wichtigsten **Alkansäuren**. Die im Alltag der Schüler vorkommenden **Hydroxycarbonsäuren**, wie beispielsweise Zitronensäure und Milchsäure, runden die Lerneinheit ab.

Grundvoraussetzung für die Bearbeitung der Lerneinheit sind Kenntnisse der homologen Reihe der Alkane und des prinzipiellen Aufbaus der Kohlenwasserstoffe.

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im weiteren Verlauf nur noch „Schüler“ verwendet.

Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt

Lv = Lehrerversuch

Fo = Folie

1. Stunde

Thema: Carbonsäuren: Allgemeiner Einstieg

M 1 (Fo) Carbonsäuren im Alltag

2./3. Stunde

Thema: Carbonsäuren – Carboxy- und Hydroxygruppe

M 2 (Ab) Allgemeine Eigenschaften von Carbonsäuren

M 3 (Lv) Die Säurestärke von Carbonsäuren

Säurebestimmung mittels Universalindikatorpapier

Dauer: Vorbereitung: 10 min Durchführung: 10 min

Chemikalien:

- konz. Methansäure 
- konz. Ethansäure 
- konz. Propansäure 
- Magnesiumband 

Geräte:

- Schutzbrille
- Schutzkittel
- Universalindikatorpapier
- Schmirgelpapier
- 3 Petrischalen aus Glas
- 3 Uhrgläser aus Glas
- Tiegelzange



Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

4. Stunde

Thema: Monocarbonsäuren am Beispiel der Alkansäuren

M 4 (Ab) Die homologe Reihe der Alkansäuren

5./6. Stunde

Thema: Die ersten vier Monocarbonsäuren

M 5 (Ab) Methansäure

M 6 (Ab) Ethansäure

M 7 (Ab) Propansäure

M 8 (Ab) Butansäure

7. Stunde

Thema: Oxidationsreihe Alkane, Aldehyde, Carbonsäuren. Säurekatalysierte Hydrolyse

M 9 (Ab) Herstellungsverfahren für Carbonsäuren

8./9. Stunde

Thema: Spezielle Carbonsäuren – Hydroxycarbonsäuren

M 10 (Ab) Die Hydroxycarbonsäuren

VORSCHAU

M 1

Carbonsäuren im Alltag

Aufgaben

1. **Betrachtet** die einzelnen Bilder und **nennt** die Carbonsäure, die in dem jeweiligen Gegenstand enthalten ist.
2. **Nennt** weitere Carbonsäuren, die ihr aus eurem Alltag kennt.



© Colourbox



© Colourbox



© ThinkStock/iStock



© Colourbox



© Colourbox



© Colourbox

Allgemeine Eigenschaften von Carbonsäuren

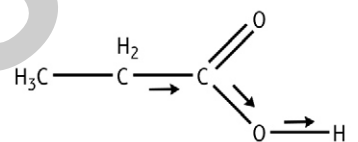
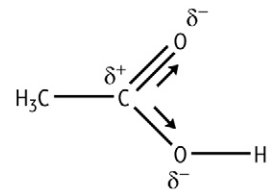
M 2

Die funktionelle Gruppe der Carbonsäuren, welche für ihre Eigenschaften verantwortlich ist, ist die **Carboxygruppe (COOH)**, früher auch als Carboxylgruppe bezeichnet. Diese besteht aus der **Carbonylgruppe (C=O)** und der **Hydroxygruppe (OH)**. Die typische Eigenschaft von allen Säuren besteht darin, dass sie als Protonendonatoren fungieren. Auch Carbonsäuren sind dementsprechend in der Lage, Protonen abzugeben. Diese stammen von der Hydroxygruppe. Der negative induktive Effekt (-I-Effekt) der angrenzenden Carbonylgruppe führt zu einer starken Polarisierung des Protons in der Hydroxygruppe. Dadurch wird die Bindung zwischen dem Sauerstoff-Atom und dem Wasserstoff-Atom geschwächt.

Hinweis: Als induktiven Effekt bezeichnen Chemiker in der organischen Chemie eine Ladungsveränderung. Im Falle des +I-Effekts handelt es sich um einen elektronenschiebenden, im Falle des -I-Effekts um einen elektronenziehenden Vorgang. Auslöser für den Effekt sind funktionelle Gruppen oder einzelne Atome.

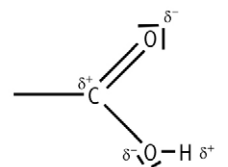
pH-Wert

Die Säurestärke der Carbonsäure hängt von der Anzahl der Methylgruppen ab. Diese haben einen positiven induktiven Effekt (+I-Effekt). Dieser sorgt dafür, dass die Elektronen abgestoßen und zwischen das Sauerstoff- und das Wasserstoff-Atom der Hydroxygruppe geschoben werden. Ameisensäure (Methansäure) besitzt keine Methylgruppe. Bei einer Konzentration von 1 mol/l beträgt ihr pH-Wert 1,88. Im Vergleich dazu hat Buttersäure in der gleichen Konzentration einen pH-Wert von 2,59.



Aggregatzustand und Wasserlöslichkeit

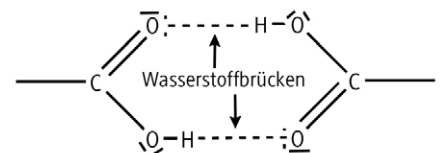
Carbonsäuren mit wenig Methylgruppen bis zu C₈ sind bei Raumtemperatur flüssig. Aufgrund der Polarität ihrer Moleküle sind die ersten vier Carbonsäuren der homologen Reihe gut in Wasser löslich. Mit zunehmender Kettenlänge durch weitere Methylgruppen nimmt der polare Anteil der Carboxygruppe ab und der unpolare Anteil der Methylgruppen zu.



Polarität der Carboxygruppe

Siedepunkt und Wasserstoffbrücken

Die Polarität der Carboxygruppe ist der Grund dafür, dass Carbonsäuren im Vergleich zu Kohlenwasserstoffen mit gleicher Kohlenstoffkette den höheren Siedepunkt aufweisen (Beispiel: Methan -161,5 °C, Methansäure: 100,8 °C). Der Grund für die hohen Siedetemperaturen der Carbonsäuren liegt in der Ausbildung von Wasserstoffbrücken. Charakteristisch für Carbonsäuren ist die Bildung von Dimeren, sogenannten „Doppelmolekülen“. Diese entstehen aufgrund der räumlichen Anordnung. Dabei wechselwirken jeweils zwei Carbonsäure-Moleküle über die Wasserstoffbrücken miteinander. Um diese wieder zu trennen, bedarf es zusätzlicher Energie. Mit zunehmender Kettenlänge, einhergehend mit Zunahme der Masse, steigt deshalb die Siedetemperatur der Carbonsäuren an.



Aufgaben

1. **Benenne** die funktionelle Gruppe der Carbonsäuren. Woraus setzt sie sich zusammen?
2. **Beschreibe**, wovon die Säurestärke der Carbonsäuren abhängt.
3. **Erkläre**, warum Carbonsäuren nur bis zu C₈ bei Raumtemperatur flüssig sind.
4. **Erkläre**, warum die Carbonsäuren im Vergleich zu den Kohlenwasserstoffen mit gleicher Kohlenstoffanzahl einen deutlich höheren Siedepunkt haben.