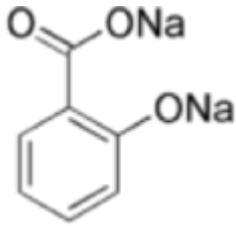
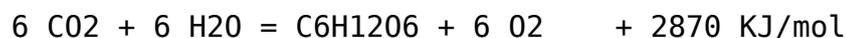
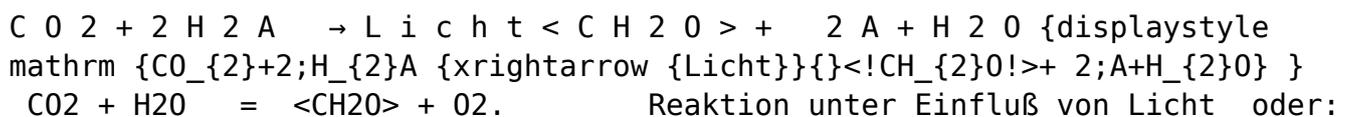


Nützliches CO₂ für Gewächshäuser und die Chemische Industrie



1. Nutzung des CO₂ durch Photosynthese

Die **Photosynthese** ist die natürliche Erzeugung von energiereichen Biomolekülen aus energieärmeren Stoffen mithilfe von Lichtenergie. Sie wird von **Pflanzen**, **Algen** und einigen **Bakterien** betrieben. Bei diesem **biochemischen** Vorgang wird zunächst mit Hilfe des **lichtabsorbierenden** Farbstoffes (**Chlorophyll**) **Lichtenergie** in **chemische Energie** umgewandelt. Diese wird dann unter anderem zum Aufbau energiereicher **organischer Verbindungen** – sehr oft **Kohlenhydrate** (Summenformel CH₂O) genutzt. Die Gesamtreaktion der Photosynthese mit Wasser als Reduktionsmittel kann durch die folgende allgemeine, vereinfachte Summengleichung formuliert werden:



Oder in Worten:

Aus Kohlenstoffdioxid und Wasser entsteht – durch Energiezufuhr (Licht; Chlorophyll) – Traubenzucker (Glucose) – C₆H₁₂O₆ und Sauerstoff. 3)

Alle Algen und grünen Landpflanzen verwenden ausschließlich Wasser (H₂O) als Reduktionsmittel. Der im Wasser gebundenen Sauerstoff wird als Oxidationsprodukt des Wassers bei der sogenannten oxygenen Photosynthese als molekularer Sauerstoff (O₂) freigesetzt. Der gesamte in der **Erdatmosphäre** und **Hydrosphäre** vorkommende Sauerstoff wird durch **oxygen Photosynthese** gebildet.

2. CO₂-Inventar in der Atmosphäre 2)

Auf der Erde gibt etwa 75 Billionen (=Millionen Milliarden) Tonnen Kohlenstoff. 99,8 % davon

befindet sich im Gestein, fast alles als Karbonate im Kalkstein.

Weiterer Kohlenstoff befindet sich in fossilen Brennstoffen(Kohle, Erdöl, Erdgas): 4.100 Mrd. t Kohlenstoff.

Im Wasser: 38.000 Mrd. t Kohlenstoff = 0,05 % des gesamten Vorkommens
Im Boden: 1.580 Mrd. t Kohlenstoff = 0,002 % des gesamten Vorkommens.

In Lebewesen: 800 Mrd. t Kohlenstoff = 0,001 % des gesamten Vorkommens.
In der Luft: 820 Mrd: t Kohlenstoff = 0,001 % des gesamten Vorkommens.

In der Atmosphäre sind somit insgesamt etwa 3.000 Mrd. t CO₂ enthalten.

3. Wirkungsgrad und Produktivität der Photosynthese.3)

- Die für die
Synthese von einem
Mol Glucose
benötigte
Lichtenergie
beträgt je nach
Wellenlänge
zwischen 1430 kJ**

**(Blau) und 8064 kJ
(Rot)**

**· Die Freie
Reaktionsenthalpie
für die Bildung
von Glucose aus
CO₂ und H₂O beträgt
unter
Standardbedingungen
n 2862 kJ/mol.**

· Das ergibt einen

Wirkungsgrad von 20,0 Prozent für blaues und 35,5 Prozent für rotes Licht.

gesamte Erde	Fläche $0,51 \times 10^{15} \text{ m}^2$	$80 \times 10^9 \text{ t pro Jahr (100 \%)}$
davon Ozeane	Fläche $0,36 \times 10^{15} \text{ m}^2$	$28 \times 10^9 \text{ t pro Jahr (35,4 \%)}$

davon Land Fläche $0,15 \times 10^{15} \text{ m}^2$ $52 \times 10^9 \text{ t pro Jahr (64,6 \%)}$

4. Anwendung von CO₂ in Gewächshäusern ⁴⁾

Der normale CO₂-Gehalt der Luft von 320 bis 360 ppm CO₂ stellt für viele Pflanzen keinen optimalen Wert für die Photosynthese dar. Als für die Pflanzen optimale Werte werden CO₂-Konzentrationen zwischen 600 bis 1600 ppm CO₂ angegeben. Gemüsepflanzen verlangen tendenziell etwas höherer Werte als Zierpflanzen ¹

Sofern für die jeweilige Kultur keine Angaben zu optimalen CO₂-Konzentrationen vorhanden sind, wird als Faustzahl ein Wert von 600 ppm CO₂ angegeben, mit dem der Gärtner zunächst beginnen sollte. Begrenzt wird die maximal einstellbare CO₂-Konzentration auch durch die maximale Konzentration am Arbeitsplatz, die zum Schutz der Arbeitskräfte eingehalten werden muss. Diese liegt bei 5000 ppm CO₂.

5. Großtechnische Anwendung von CO₂ in Gewächshäusern ^{5,6)}

5.1. Raffinerie- CO₂ für 550 Gewächshäuser in den Niederlanden ^{5,1)}

CO₂ für Gewächshäuser: 350.000 t CO₂ strömen in den Niederlanden von der Shell-Ölraffinerie bei Rotterdam über eine 85 km lange Transport-Pipeline und ein 300 km langes Verteilungsnetz an mehr als 550 Gewächshäuser. CO₂ wird für die Photosynthese der Pflanzeder Pflanzen benötigt. Mit dem CO₂ wird das Wachstum von Tomaten, Gurken und Salaten gefördert.

1.05.02

1.05.25.2. Luther-Tomate Wittenberg ⁹⁾

Im Jahre 2014 entstand in Wittenberg eine einzigartige Komposition – die Luther-Tomate. Die Idee, die Gewächshäuser direkt neben die SKW Stickstoffwerke Piesteritz zu platzieren, entstammt einem effizienten Gedanken: Bei der Produktion im Werk entstehen wichtige Abfallprodukte, wie CO₂ und Wärme, die sonst ungenutzt in die Umwelt abgeschieden werden können jetzt genutzt werden. Diese werden über Pipelines zu den Gewächshäusern transportiert. Ende des Jahres 2013 wurden fast 600.000 Tomatenstauden gepflanzt. /

6. Beispiele für die CO₂-Nutzung in der Chemischen Industrie

6.1. Harnstoffsynthese: ⁷⁾

2 Stufen – Reaktion: $2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2 = \text{NH}_2\text{CO}\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (Harnstoff + Wasser)

Die industrielle Produktion von Harnstoff in einem Hochdruckverfahren geht auf Carl Bosch und Wilhelm Meiser zurück. Die BASF nahm 1922 die erste Produktionsanlage in Betrieb, bei der sich in einem Hochdruckreaktor im ersten Schritt bei 150 bar aus Ammoniak und Kohlenstoffdioxid in einer mit -117 kJ/mol exothermen Reaktion Ammoniumcarbamat (NH₂CO₂NH₂) bildete, das in einer endothermen Reaktion mit +15,5 kJ/mol weiter zu Harnstoff und Wasser reagiert.

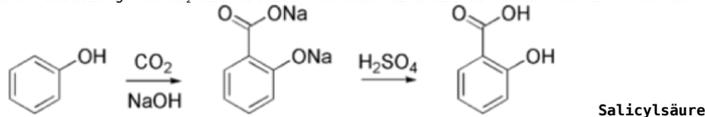
Eine industrielle Verwendungsmöglichkeit von Harnstoff ist die Herstellung von Melamin, das z. B. mit Formaldehyd zu Kunstharzen verarbeitet wird, und von Harnstoff-Formaldehyd-Harzen (Harnstoffharz, so genannte UF-Harze), die z. B. zur Produktion von Spanplatten eingesetzt werden. Harnstoff ist ein viel genutzter Stickstoffdünger und Ausgangsstoff für die chemische Industrie, etwa für die Herstellung von Harnstoffharzen, die als Klebstoff, zur Imprägnierung oder Isolierung eingesetzt werden. Harnstoff dient als Grundlage für die Synthese von Barbitursäure, Koffein, Hydrazin und weiteren Chemikalien.

Mit

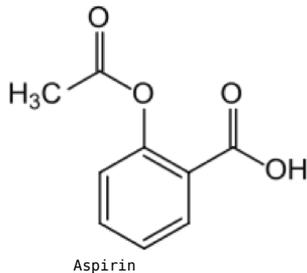
einem Produktionsvolumen von etwa 200 Millionen Tonnen pro Jahr ist Harnstoff eine der meisthergestellten Chemikalien.

6.2. Salicylsäure ⁸⁾¹⁾

Durch Umsetzung von CO₂ mit Natrium-Phenolat wird mit der Kolbe-Schmitt-Reaktion Salicylsäure gewonnen.¹



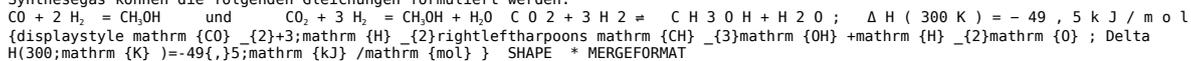
Durch Umsetzung von Salicylsäure mit Essigsäureanhydrid wird Aspirin erhalten.



Salicylsäure dient zur Herstellung von Farb- und Riechstoffen und der Acetylsalicylsäure (ASS, besser bekannt unter dem Markennamen Aspirin), die als schmerzstillender, entzündungshemmender und gerinnungshemmender Arzneistoff Verwendung findet.

6.3. Methanol aus Synthesegas¹⁰⁾

Die Dampfreformierung von Erdgas und die partielle Oxydation sind der Hauptlieferant für Synthesegas (CO, CO₂ + H₂). In Nordamerika und Europa wird meist Erdgas als Rohmaterial genutzt, in China und Südafrika basiert die Synthesegasherstellung auf Kohle oder Braunkohle. 2005 hat China 5,4 Millionen Tonnen Methanol erzeugt, davon 65 % oder 3,5 Millionen Tonnen auf Kohle basierend. Für die Bildung von Methanol aus Synthesegas können die folgenden Gleichungen formuliert werden:



Wegen ökonomischer Vorteile bei niedrigen Synthesedrücken und niedrigen Temperaturen wird Methanol größtenteils im Niederdruck-Verfahren produziert.

Methanol hat einen großen Anwendungsbereich. Mit 45 Millionen Tonnen Jahresproduktion (Stand: 2008) ist Methanol eine der meisthergestellten organischen Chemikalien. In der chemischen Industrie dient es insbesondere als Ausgangsstoff bei der Produktion von Formaldehyd (HCHO), Ameisensäure (HCOOH) und Essigsäure. (CH₃COOH) Methanol und seine Folgeprodukte werden neben der stofflichen Verwendung auch als Energieträger eingesetzt. Mit der Technologie Methanol to Gasoline wird aus Methanol Kraftstoff. Methanol wird auch bei der Synthese von Biodiesel und dem Anti-Klopfschutzmittel MTBE (Methyl-t butylether, hergestellt aus Methanol + Isobuten) benötigt. In Brennstoffzellen kann Methanol als Wasserstofflieferant dienen.

6.4. Carbon2Chem von Evonik ¹¹⁾

Evonik zusammen mit mit 7 Partnern aus Industrie, Wissenschaft und Forschung wollen 20 Mio. t CO₂ aus der Stahlbranche wirtschaftlich nutzbar machen für Dünger, Kraft- und Kunststoffe. Evonik bringt seine Katalysekompetenz in das Projekt ein, das vom Bundeswirtschaftsministerium mit über 60 Mio € gefördert wird.

6.5. Klimagas CO₂ wird zu Weichschaum ¹²⁾¹³⁾

In Dormagen wurde eine Anlage der Firma Covestro in Betrieb genommen, die rund 20 Gew.% CO₂ aus Abgasen des Chemieparkes in ein Vorprodukt von Polyurethan-Weichschaum einbaut. Die 15 Mio € teure Prototyp-Anlage ist für 5000t Polyöl pro Jahr ausgelegt. Bereits 2010 hat das Bundesforschungsministerium ein Projekt mit 4,5 Mio € gefördert für die Nutzung von CO₂ aus dem Rauchgas der Braunkohlekraftwerke. Im Innovationszentrum beim Braunkohlekraftwerk Niederaußem betreibt RWE eine Pilotanlage zur CO₂-Wäsche, die das Kohlendioxid aus dem Rauchgas abtrennt.

Mit diesen Ausführungen ist dargelegt, daß die Verteufelung von CO₂ als Klimagas falsch und eine Lüge ist. CO₂ ist vielmehr ein wichtiger Rohstoff für die Pflanzen, die Landwirtschaft und auch für die Chemie. Deshalb ist es zu begrüßen, daß es jetzt mehrere Initiativen zur CO₂-Anwendung mit staatlicher Unterstützung gibt.

Literatur

- <https://de.wikipedia.org/wiki/Photosynthese>
- <http://www.oekosystem-erde.de/html/kohlenstoffkreislauf.html>
- <http://.chemie.de/lexikon/Photosynthese.html>
- [www.hortipendium.de/CO₂-Düngung](http://www.hortipendium.de/CO2-Düngung) Nov. 2013
- http://www.the-linde-group.com/de/clean_technology/clean_technology_portfolio/co2_applications/greenhouse_supply/index.html
- <http://wittenberg-gemuese.de/unternehmen/>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Harnstoff#Herstellung>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid#Verwendung>
- https://de.wikipedia.org/wiki/Salicyls%C3%A4ure#Eigenschaften_und_Verwendung
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Methanol>

11. Zeitschrift Folio (Evonik) Sept. 2016, S. 7

12. Klimagas CO₂ wird zu Weichschaum VDI-Nachr. 17.6.2016, S. 16

13. www.rwe.com Pressemitteilung 15.9.2010..