

Kohlenstoffkreislauf – Wie der Kohlenstoffkreislauf funktioniert

Zeitbedarf: 20 Minuten

Informationen für die Lehrperson:

Kompetenzformulierung: Die Lernenden können erläutern, wie sich das dynamische Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff (C) an Land (in Pflanzen und Tieren) und in der Atmosphäre (CO_2) verschiebt, wenn fossile Brennstoffe verbrannt werden (dabei bleibt die Gesamtmenge an Kohlenstoff (C) im System Brennstoffe, Land und Luft erhalten).



Erläutern = Sachverhalte mit Hilfe eigener Kenntnisse verständlich und nachvollziehbar machen und ggf. durch zusätzliche Informationen in Zusammenhänge einordnen

Fachliche Key Idea:

Der Kohlenstoffkreislauf verbindet die Physik, die Biologie und die Chemie.

Für Gesamtmenge an Kohlenstoff (C) auf der Erde (inklusive Atmosphäre) gilt die Massenerhaltung. Es gibt seit der Industrialisierung eine Verschiebung der Kohlenstoff-

(C-) Mengen vom Speicher fossile Brennstoffe in das Reservoir Atmosphäre – aber die Gesamtmenge bleibt gleich. In einer sehr einfachen Denkweise gab es vor der Industrialisierung und abgesehen von geologischen Prozessen wie Vulkanausbrüchen ein natürliches Gleichgewicht zwischen der Atmung von Tieren und der Photosynthese von Pflanzen. Heute verursachen wir ein Ungleichgewicht durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe. Trotzdem ist die Zunahme der Kohlenstoffdioxid- (CO_2 -) Konzentration über einen Tag-Nacht-Zyklus hinweg sehr gering/mit Messgeräten in der Schule nicht messbar. Über ein Jahr hinweg ist die Zunahme aber messbar.

Adressierte Schülervorstellung:

Kohlenstoff (C) liegt in verschiedenen Formen vor, z. B. Kohle, Öl oder Kohlenstoffdioxid (CO_2). Nach der Studie von Schubatzky et al. (2024) antwortet die große Mehrheit der untersuchten Schüler:innen auf die Frage „Wie hat sich die Gesamtmenge an Kohlenstoff (C) der Erde und in ihrer Atmosphäre seit den letzten 150 Jahren verändert?“, dass die Gesamtmenge an Kohlenstoff (C) viel größer geworden sei, ein weiterer kleiner Teil meint, dass die Gesamtmenge etwas größer geworden sei. Wenige wählen die richtige Antwort aus, dass die Gesamtmenge an Kohlenstoff (C) gleichgeblieben ist.

Belege, Hinweise:

- Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C., & Haagen-Schützenhöfer, C. (2024). How well do German A-Level Graduates understand the Scientific Underpinnings of Climate Change? *Sustainability* 16(17), 7264.
- IPCC (2021). The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide. In: CLIMATE CHANGE 2001: THE SCIENTIFIC BASIS. S. 183-238.
<https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/the-carbon-cycle-and-atmospheric-carbon-dioxide/> [Zugriff: 03.10.2023]

Hintergrund für die Lehrperson und Anknüpfungspunkt für eine mögliche Weiterarbeit:

Um den Kohlenstoffkreislauf vollständig zu beschreiben, gibt es noch weitere wesentliche Komponenten:

Zuallererst müssten die Ozeane hinzugefügt werden, die auch mengenmäßig ein erhebliches Reservoir darstellen und aktuell als Puffer dienen. 35 % der menschengemachten Emissionen verschwanden bislang in den Ozeanen mit den entsprechenden chemischen (Versauerung) und biologischen Konsequenzen dort, wie dem Auflösen von Muschelschalen in saurem Wasser, was in weiterer Folge weniger Nahrung für Tintenfische usw. bedeutet.

Im Klassengespräch können weitere Komponenten hinzugefügt werden, etwa Sedimentierung, Verwitterung, Vulkane, uvm.

Die fossilen Brennstoffe entstanden wohl etwas unterschiedlich, Kohle vorwiegend im Karbon vor gut 300 Mio. Jahren, größere Erdöllagerstätten entstanden wohl erst in der Kreidezeit vor etwa 250 Mio. Jahren.

Die Tag-Nacht-Variation in der Kohlenstoffdioxid- (CO_2 -) Konzentration gibt es tatsächlich, zumindest ist sie lokal und etwa in einem Laborraum nachweisbar. Darüber hinaus gibt es eine halbjährliche Variation in der Keeling-Kurve (Graph zu Trends des atmosphärischen Kohlenstoffdioxids, weitere Informationen: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>) [L1].

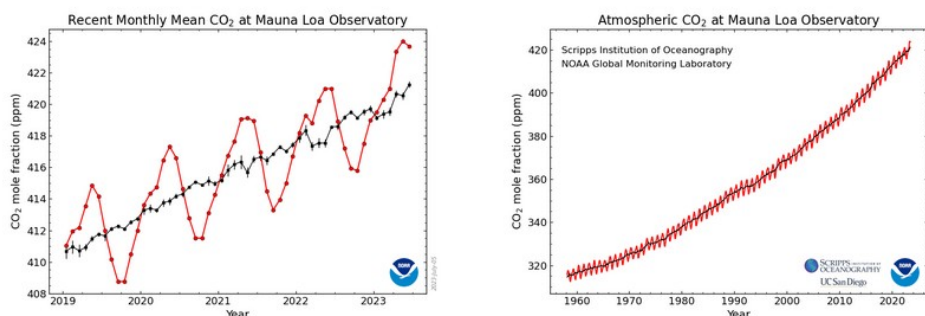


Abbildung L1: Keeling-Kurve von 2019-2023 und von 1960-2020 [L2].

Der Kohlenstoffkreislauf eignet sich besonders gut für fächerübergreifenden Unterricht aus Biologie, Chemie und Physik.

Auch Carbon Capture Verfahren können im Anschluss diskutiert werden.

Ab jetzt für die Schüler:innen:

Kohlenstoffkreislauf 1 – Wie der Kohlenstoffkreislauf funktioniert

Mit diesem Tutorial lernst du zu erläutern, wie sich das dynamische Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff (C) an Land (in Lebewesen) und in der Atmosphäre (in Form von Kohlenstoffdioxid (CO₂)) verschiebt, wenn fossile Brennstoffe verbrannt werden.



Erläutern = Sachverhalte mit Hilfe eigener Kenntnisse verständlich und nachvollziehbar machen und ggf. durch zusätzliche Informationen in Zusammenhänge einordnen

Anchor:

Die Nachrichtenseite news.orf.at veröffentlichte am 11.11.2022 folgende Meldung [1]:

CO₂-Emissionen weiter auf Rekordniveau

11. November 2022

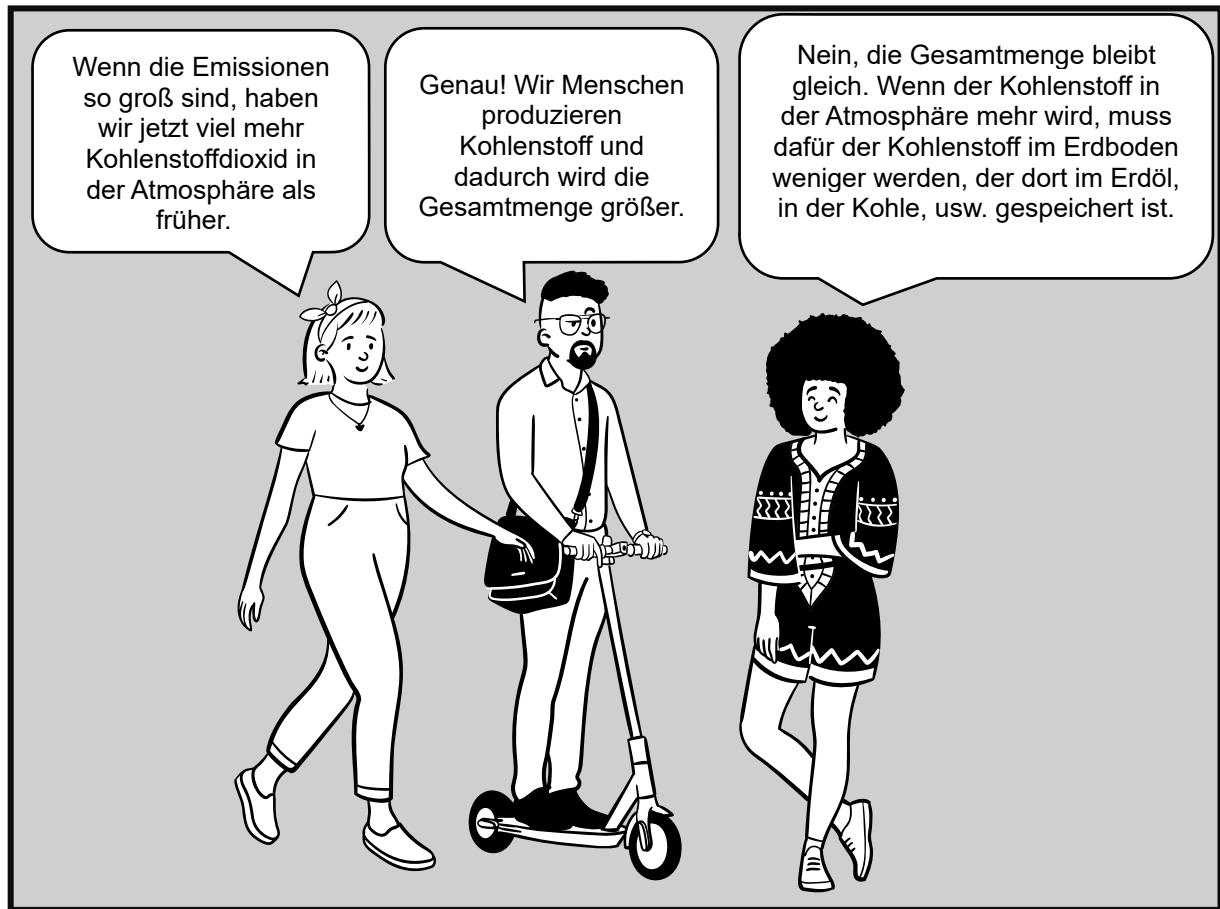
Trotz drastischer Warnungen zur Klimakrise bleiben die globalen CO₂-Emissionen auf Rekordniveau. Es gebe keine Anzeichen für einen Rückgang, heißt es im aktuellen „Global Carbon Budget 2022“-Bericht. Die Gesamtemissionen dürften sich in diesem Jahr auf 40,6 Milliarden Tonnen belaufen. Das ist nur wenig niedriger als der höchste Wert aus dem Jahr 2019.



Abbildung 1: Emissionen durch eine Fabrik [2].

Concept Cartoon

Drei Schüler:innen unterhalten sich über den Bericht:



Was meinst Du? Welcher Aussage/welchen Aussagen stimmst du zu? Welcher Aussage/welchen Aussagen stimmst du nicht zu? Notiere deine Antwort, begründe sie und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in.

1. Biosphäre und Atmosphäre im Gleichgewicht – ein erstes, ganz einfaches Modell für einen Kohlenstoff-Kreislauf auf der Erde



Kohlenstoff kommt auf der Erde als reiner Kohlenstoff (C) und in Verbindungen, z. B. Kohlenstoffdioxid (CO_2) oder Kohlensäure (H_2CO_3), vor. Er befindet sich in sogenannten Kohlenstoffspeichern. Einer dieser Speicher ist die Atmosphäre, wo sich Kohlenstoff (C) in Form von Kohlenstoffdioxid (CO_2) befindet. Kohlenstoff (C) befindet sich auch in allen Lebewesen (Pflanzen, Tiere, Menschen, Pilze, Mikroorganismen), diese bilden zusammen den Kohlenstoffspeicher Biosphäre. Darüber hinaus gibt es noch weitere Kohlenstoffspeicher, zum Beispiel die Ozeane.

Ein Teil des Kohlenstoffs (C) wird zwischen den Speichern ausgetauscht. Beispielsweise betreiben Pflanzen mithilfe von Sonnenlicht Photosynthese. Einfach beschrieben entnehmen sie der Atmosphäre Kohlenstoffdioxid (CO_2), stellen daraus mit Wasser zusammen Zucker her und setzen Sauerstoff (O_2) frei. Tiere und Menschen nehmen den Zucker als Nährstoff auf, nehmen über die Atmung Sauerstoff (O_2) auf, wandeln den Zucker damit um und setzen Kohlenstoffdioxid (CO_2) frei. Der Kohlenstoff (C) wandert dabei von Speicher zu Speicher.



Vervollständige die Abbildung 2, die den beschriebenen Kohlenstoffaustausch skizzenhaft darstellt, indem du passende Begriffe einfüllst.

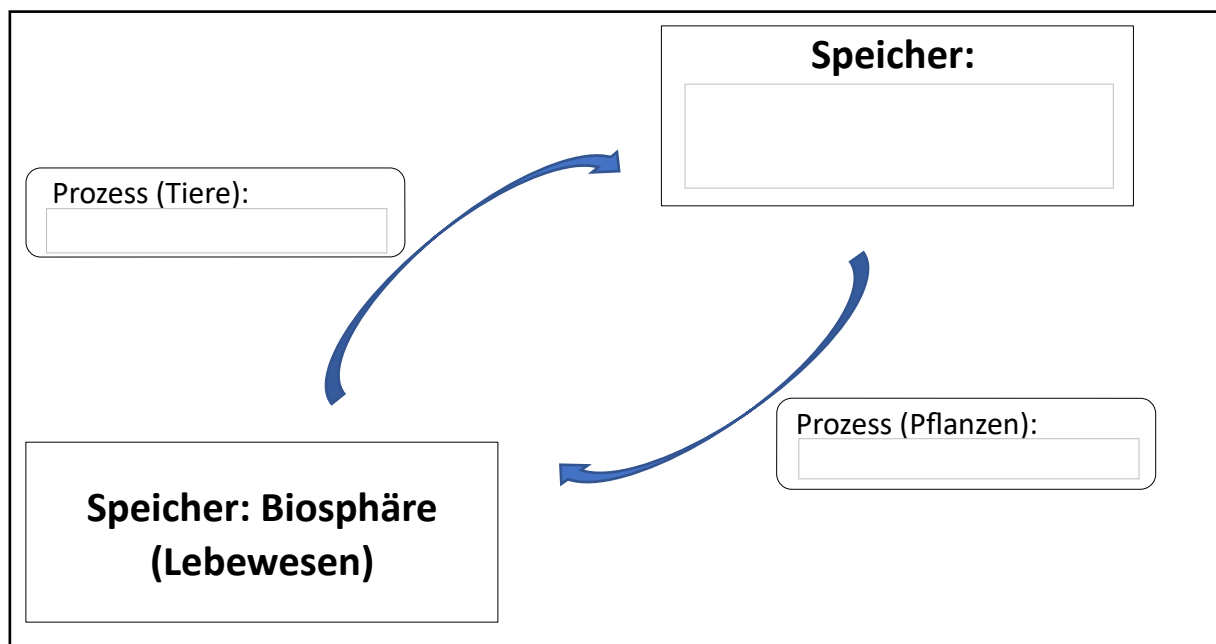


Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung des Kohlenstoffkreislaufs zwischen Atmosphäre und Biosphäre.

(Klärung der richtigen Antwort mit der Lehrperson/Musterlösung.)

2. Dynamik im Kreislauf



Nachts können die meisten Pflanzen keine Photosynthese betreiben, da sie dafür Sonnenlicht benötigen. Wie wirkt sich das auf die Kohlenstoffdioxid- (CO_2 -) Konzentration in der Atmosphäre in einem bestimmten Gebiet aus?

Am Ende eines Tages:

Am Ende einer Nacht:



Ist die Kohlenstoffmenge im Speicher Atmosphäre in einem bestimmten Gebiet tags und nachts veränderlich oder gleich? Begründe deine Einschätzung, notiere sie und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in.



Ist die Summe der Kohlenstoffmengen in den beiden Speichern Biosphäre und Atmosphäre zusammen tags und nachts veränderlich oder gleich? Begründe deine Einschätzung, notiere sie und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in.

(Klärung der richtigen Antwort mit der Lehrperson/Musterlösung.)

3. Das Gleichgewicht wird gestört



Ein dritter wichtiger Speicher für Kohlenstoff (C) auf der Erde sind die fossilen Brennstoffe, die als Kohle, Öl und Gas vorkommen. Diese entstanden weitgehend vor wenigen hundert Millionen Jahren über längere Zeit aus abgestorbenen Tieren und Pflanzen (enthalten organische Kohlenstoffverbindungen). Die Menge an Kohlenstoffdioxid (CO_2) in der Atmosphäre hat dadurch entsprechend abgenommen.



Durch das Verbrennen der fossilen Brennstoffe seit Beginn der Industrialisierung vor etwa 150 Jahren wird fossiler Kohlenstoff (C) in Form von Kohlenstoffdioxid (CO_2) in die Atmosphäre freigesetzt. Vervollständige die Abbildung 3, die den beschriebenen Kohlenstoffaustausch der letzten 150 Jahre skizzenhaft darstellt, indem du passende Begriffe einfüllst.

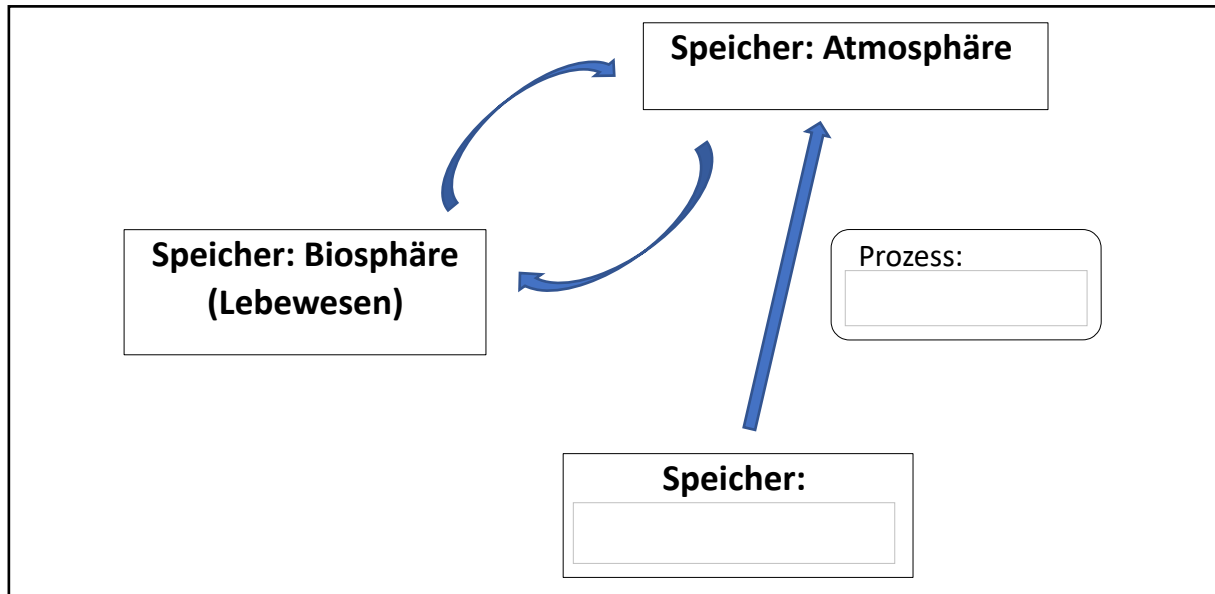


Abbildung 3: Vereinfachte Darstellung des Kohlenstoffkreislaufs zwischen Atmosphäre, Biosphäre und fossilen Brennstoffen.



Wie ändern sich die Mengen an Kohlenstoff (C) in den Speichern Atmosphäre und fossile Brennstoffe dabei? Notiere deine Einschätzung und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in.

Atmosphäre:

Fossile Brennstoffe:



Wie ändert sich die Gesamtmenge an Kohlenstoff (C) auf der Erde dabei? Also die Summe aller C-Atome in den drei Speichern? Begründe deine Einschätzung, notiere sie und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in.

(Klärung der richtigen Antwort mit der Lehrperson/Musterlösung.)

4. Zurück zum Anfang



Geh zurück zum Concept Cartoon. Beurteile deine ursprüngliche Einschätzung mithilfe der Informationen aus diesem Tutorial. Notiere deine Antwort, begründe sie und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in. (*Think-Pair-Share*)



Wichtig – es gibt weitere Speicher!

Es gibt zahlreiche weitere Kohlenstoff- (C-) Speicher auf der Erde, die auch alle jeweils einen Einfluss auf das Klima haben können bzw. von Klimaveränderungen und anderen Faktoren beeinflusst werden. *Ein für das Klimageschehen besonders wichtiger und großer Speicher, die Ozeane, wird in Tutorial 8 thematisiert.*

Literaturverzeichnis

- [L1] Wackermann, R. & Schubatzky, T. (2021). Die lange Geschichte des menschengemachten Klimawandels. Plus Lucis 3/2021, S. 9-12.
- [1] Quelle: <https://science.orf.at/stories/3216015/> [Zugriff: 5.6.2023]

Abbildungsverzeichnis

- [L2] Abbildung L1 Global Monitoring Laboratory
<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/> [Zugriff: 18.7.2023]
- [2] Abbildung 1 <https://pxhere.com/de/photo/757683> [Zugriff: 7.8.2023]
- Abbildung 2 Selbst erstellt
- Abbildung 3 Selbst erstellt

[Tutorials in Climate Change](#) © 2024 by The Engaging Collaboration are licensed under [CC BY-NC-SA 4.0](#)