

1

Pflanzen



Gruppenaufgabe

Gestalten Sie in Ihrer Gruppe eine Informationstafel im Rahmen eines Lehrpfades für Ihre Mitstudierenden. Das allgemeine Thema dieses Lernpfades ist "Der Kohlenstoffkreislauf in unserem Schulgarten".

Inhalt

Eure Infotafel soll...

- ... die Rolle der Pflanzen im Kohlenstoffkreislauf *beschreiben*.
- ... Faktoren *nennen*, die einen Einfluss auf die CO₂-Aufnahme durch Pflanzen haben.
- ... individuelle und globale Maßnahmen im Zusammenhang mit Pflanzen *aufzeigen*, die dazu beitragen, die CO₂-Aufnahme zu erhöhen und den CO₂-Ausstoß in Gärten und Städten zu verringern.

Aufbau

Ihre Informationstafel sollte Folgendes enthalten:

- eine Überschrift
- einen informativen Text
- Illustrationen (z. B. Fotos, Diagramme, ...)
- ein Quiz oder Fragen für die BesucherInnen

Quellen

Nutzen Sie die Quellen auf den folgenden Seiten, um Informationen über Ihr Unterthema zu sammeln.

- Sobral, Mar; Aria-Vaquerizo, Celia; Silviu, Kirsten M.; Fragoso, José M.V. (2020) Can Animal Biodiversity Help the Climate? In: Frontiers for Young Minds. 8:536333. doi: 10.3389/frym.2020.536333
- Source: United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2021) [Carbon Sinks and Sequestration](#)
- Jana, Bipal Kr.; Biswas, Soumyajit; Majumder, Mrinmoy; Roy, Pankaj Kr; Mazumdar, Asis (2009) Carbon sequestration rate and aboveground biomass carbon potential of four young species. In: Journal of Ecology and Natural Environment. p. 15.
- Reichgelt, Tammo; D'Andrea, William J. (2019) Plant carbon assimilation rates in atmospheric CO₂ reconstructions. In: New Phytologist. doi: 10.1111/nph.15914.
- Union of Concerned Scientists (2010) The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abgerufen von <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (08.04.2021). S.6-7.

Aufgabe: Beantworte anhand dieses Textes die folgende Frage:

- *Wie wirken Pflanzen als Kohlenstoffsinken/-quellen?*

KOHLENSTOFF BEWEGT SICH DURCH LEBENDE UND NICHT LEBENDE DINGE ÜBER DEN KOHLENSTOFFKREISLAUF

Alle lebenden Dinge enthalten ein wichtiges Element namens Kohlenstoff. Aber das ist nicht der einzige Ort, an dem man Kohlenstoff finden kann. Kohlenstoff ist auch in der Umwelt vorhanden - im Wasser, im Boden und in der Erdatmosphäre. Kohlenstoff befindet sich in einem ständigen Kreislauf zwischen Lebewesen und der Umwelt, dem so genannten Kohlenstoffkreislauf.

Pflanzen sind die wichtigsten biologischen Akteure im Kohlenstoffkreislauf, da sie Kohlenstoff aus der Atmosphäre aufnehmen. Durch einen Prozess, der Photosynthese genannt wird, absorbieren Pflanzen Kohlendioxid (CO_2) aus der Atmosphäre und nutzen die Lichtenergie der Sonne [und Wasser], um kohlenstoffhaltige Moleküle, die so genannten Kohlenhydrate, zusammen mit dem Sauerstoff, den wir einatmen, herzustellen. Jedes Jahr wandeln Pflanzen atmosphärisches CO_2 in etwa 100 Milliarden Tonnen Kohlenhydrate um. Wir kennen diese Kohlenhydrate gemeinhin als Wurzeln, Stängel und Blätter. Diese Bewegung von Kohlenstoff zwischen der Erdatmosphäre und den Pflanzen ist nur ein Teil des Kohlenstoffkreislaufs. Wenn Pflanzen sterben, geht der Kohlenstoff in ihren Wurzeln, Stängeln und Blättern in den Boden über. Im Boden kann ein Teil des Kohlenstoffs aus abgestorbenen Pflanzen von Bodenmikroorganismen umgewandelt werden und Teil des Bodens werden, während ein anderer Teil in die Atmosphäre zurückkehrt. Wenn mehr Kohlenstoff gebunden wird - also von lebenden Organismen und dem Boden aufgenommen wird -, kann weniger Kohlenstoff in die Atmosphäre gelangen.

Sie haben vielleicht schon gehört, dass CO_2 eines der Gase in der Erdatmosphäre ist, das zum Klimawandel und zur Erwärmung unseres Planeten beiträgt. Im Kohlenstoffkreislauf vor der industriellen Revolution regulierten nur zwei Faktoren die CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre: die Photosynthese und geologische Phänomene wie Vulkane usw. Mit dem Beginn des Industriezeitalters begann ein neuer Faktor, die menschliche Aktivität, den natürlichen Kohlenstoffkreislauf zu stören.

Durch Aktivitäten wie die Verbrennung von Holz und fossilen Brennstoffen gelangte Kohlenstoff in die Atmosphäre und veränderte das Klima.

Wenn Kohlenstoff aus der Atmosphäre entnommen und in Lebewesen oder in den Boden eingearbeitet wird, kann dies dazu beitragen, den Klimawandel zu verlangsamen. [...]

Quelle: Sobral, Mar; Aria-Vaquerizo, Celia; Silvius, Kirsten M.; Fragoso, José M.V. (2020) Can Animal Biodiversity Help the Climate? In: Frontiers for Young Minds. 8:536333. doi: 10.3389/frym.2020.536333

Aufgabe: Beantworte anhand dieses Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirken Pflanzen als Kohlenstoffsinken/-quellen?*
- *Wie wirken sich veränderte Klimabedingungen auf Wälder und ihre Rolle im Kohlenstoffkreislauf aus?*

KOHLNSTOFFSENKEN UND -SPEICHERUNG

Je nach ihren Eigenschaften und den örtlichen Gegebenheiten können Wälder unterschiedliche Rollen im Kohlenstoffkreislauf spielen, von Nettoemittenten bis zu Nettokohlenstoffsinken. Wälder binden Kohlenstoff, indem sie Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufnehmen und es durch Photosynthese in Biomasse umwandeln. Der gebundene Kohlenstoff wird dann in Form von Biomasse, Totholz, Streu und in den Waldböden gespeichert. Die Freisetzung von Kohlenstoff aus Waldökosystemen ist auf natürliche Prozesse (Atmung und Oxidation) sowie auf absichtliche oder unbeabsichtigte Folgen menschlicher Aktivitäten (z. B. Holzeinschlag, Brände, Abholzung) zurückzuführen.

Bei der Bewertung des Beitrags der Wälder zu den Kohlenstoffkreisläufen muss auch die Verwendung des geernteten Holzes berücksichtigt werden, z. B. Holzprodukte, die Kohlenstoff für einen bestimmten Zeitraum speichern, oder die Energieerzeugung, die Kohlenstoff in die Atmosphäre freisetzt.

In Fällen, in denen die Nettobilanz der Kohlenstoffemissionen durch Wälder negativ ist, d. h. die Kohlenstoffbindung überwiegt, tragen Wälder zur Minderung der Kohlenstoffemissionen bei, indem sie sowohl als Kohlenstoffspeicher als auch als Instrument zur Bindung von zusätzlichem Kohlenstoff fungieren. Wenn die Nettobilanz der Kohlenstoffemissionen positiv ist, tragen die Wälder zur Verstärkung des Treibhauseffekts und des Klimawandels bei.

Die Wälder und ihre Rolle im Kohlenstoffkreislauf werden durch sich ändernde klimatische Bedingungen beeinflusst. Die Entwicklung von Niederschlag und Temperatur kann sich auf die Gesundheit und Produktivität der Wälder positiv oder negativ auswirken, was sich nur sehr schwer vorhersagen lässt. Je nach den Umständen wird der Klimawandel die Kohlenstoffbindung in den Wäldern entweder verringern oder erhöhen, was zu Ungewissheit darüber führt, inwieweit die Wälder der Welt langfristig zur Eindämmung des Klimawandels beitragen können. Waldbewirtschaftungsmaßnahmen haben das Potenzial, die Kohlenstoffbindung zu beeinflussen, indem sie bestimmte Prozesse anregen und die Auswirkungen negativer Faktoren abmildern. [...]

Quelle: United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2021) Carbon Sinks and Sequestration.

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieses Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirken Pflanzen als Kohlenstoffsinken / -quellen?*
- *Welche Faktoren haben einen Einfluss auf die CO₂-Aufnahme durch Pflanzen?*

EINFÜHRUNG

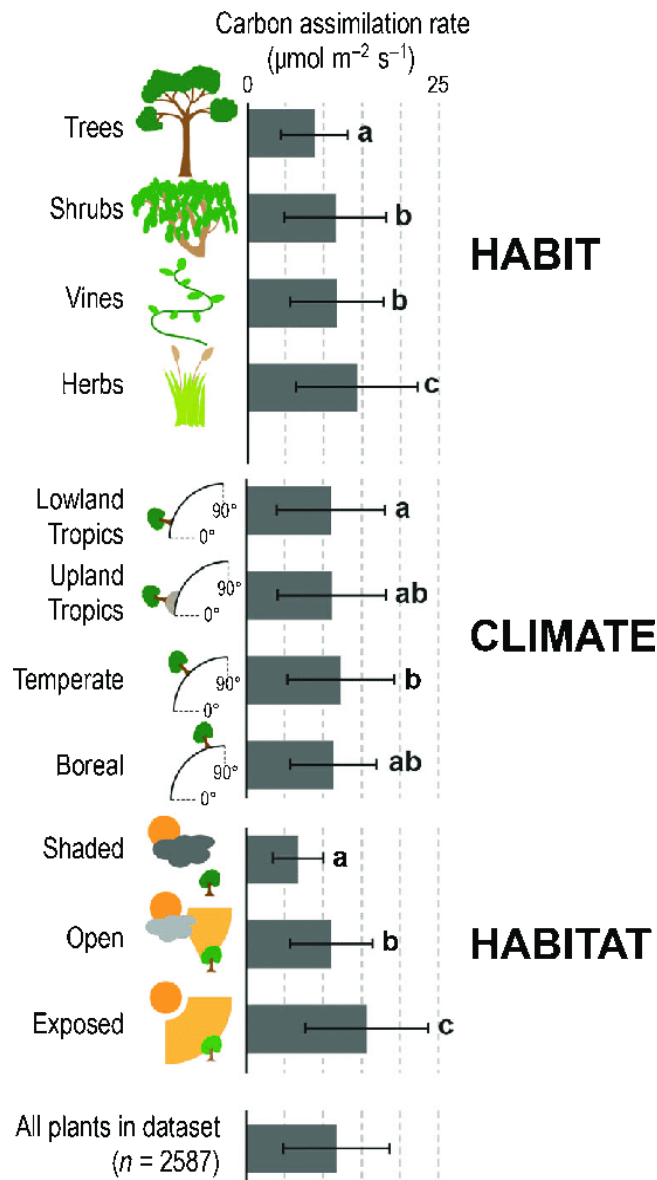
Kohlendioxid (CO₂) ist eines der wichtigsten Treibhausgase. Der Anstieg des atmosphärischen CO₂ ist hauptsächlich auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe und die weltweite Entwaldung zurückzuführen (Hamburg et al., 1997). Bäume wirken als CO₂-Senke, indem sie während der Photosynthese Kohlenstoff binden und überschüssigen Kohlenstoff als Biomasse speichern. Die langfristige Netto-CO₂-Quellen/Senken-Dynamik der Wälder ändert sich im Laufe der Zeit, wenn die Bäume wachsen, absterben und zerfallen. Darüber hinaus können menschliche Einflüsse auf die Wälder die CO₂-Quellen/Senken-Dynamik der Wälder durch Faktoren wie die Emissionen fossiler Brennstoffe und die Ernte/Verwertung von Biomasse weiter beeinflussen (Nowak und Crane, 2002). Mit dem Wachstum der Baumbiomasse erhöht sich auch der von der Pflanze gespeicherte Kohlenstoffbestand. In jungen Beständen nimmt die Kohlenstoffspeicherung zu, während sie mit zunehmendem Alter des Bestandes abnimmt. Aus einer Studie über Kiefernarten, die auf Ackerland im Südosten der USA gepflanzt wurden, geht hervor, dass die Rate der Kohlenstoffspeicherung im Alter von etwa 20 Jahren zu sinken beginnt und im Alter von 100 Jahren fast bei Null liegt (Veld und Plantinga, 2005).

Eine Erhöhung der atmosphärischen CO₂-Konzentration stimuliert die Photosyntheserate von Bäumen und kann zu erhöhten Wachstumsraten und Biomasseproduktion führen. Die Ergebnisse von Experimenten zur CO₂-Anreicherung in freier Luft (FACE) zeigen, dass das Wachstum bei der doppelten normalen CO₂-Konzentration um 25 % zunimmt. Das Wachstum ist also fast immer in Luft mit erhöhter CO₂-Konzentration höher (Burley et al., 2004). [...]

Quelle: Jana, Bipal Kr.; Biswas, Soumyajit; Majumder, Mrinmoy; Roy, Pankaj Kr; Mazumdar, Asis (2009) Carbon sequestration rate and aboveground biomass carbon potential of four young species. In: Journal of Ecology and Natural Environment. p. 15.

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieser Abbildung die folgende Frage:

- Welche Faktoren haben einen Einfluss auf die CO₂-Aufnahme durch Pflanzen?



Kohlenstoff (C)-Assimilationsraten von Pflanzen, unterschieden nach Wuchsform, Klima und Habitatpräferenz. [...] Bäume haben eine niedrigere C-Assimilationsrate als Sträucher und Reben, die wiederum langsamer sind als Kräuter ($P < 0,01$). Pflanzen, die in den Tieflandtropen wachsen, haben signifikant niedrigere C-Assimilationsraten als Pflanzen, die in der gemäßigten Zone wachsen ($P < 0,05$), aber die Hochlandtropen und die Pflanzen der borealen Zone unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($P > 0,05$). Pflanzen, die schattige Lebensräume bevorzugen, haben niedrigere C-Assimilationsraten als Pflanzen in offenen Bedingungen, die wiederum langsamer sind als Pflanzen, die vollständig exponierte Bedingungen bevorzugen ($P < 0,01$).

Quelle: Reichgelt, Tammo; D'Andrea, William J. (2019) Plant carbon assimilation rates in atmospheric CO₂ reconstructions. In: New Phytologist. doi: 10.1111/nph.15914.

Aufgabe: Beantworte anhand des Textes die folgenden Fragen:

- *Wie tragen Bäume und Sträucher zur Erhöhung der CO₂-Aufnahme bei?*
- *Wie tragen Bäume und Sträucher zur Vermeidung von CO₂-Emissionen in Gärten und Städten bei?*

BÄUME UND STRÄUCHER PFLANZEN

Wenn man in seinem Garten Platz hat, ist die Anpflanzung und Pflege eines oder mehrerer Bäume oder großer Sträucher eine hervorragende Möglichkeit, der Atmosphäre über einen langen Zeitraum mehr wärmebindendes CO₂ zu entziehen. Alle Pflanzen absorbieren CO₂ über ihre Blätter und speichern den Kohlenstoff in ihrem Gewebe. Da Bäume und Sträucher jedoch groß, holzig und langlebig sind, können sie größere Mengen an Kohlenstoff speichern als andere Pflanzen und das über einen längeren Zeitraum. In einer kürzlich durchgeführten Studie, an der mehrere Städte beteiligt waren, wurde geschätzt, dass die städtischen Bäume in den angrenzenden Vereinigten Staaten insgesamt fast 23 Millionen Tonnen Kohlenstoff pro Jahr in ihrem Gewebe speichern. Das ist mehr als alle Haushalte, Autos und Industriebetriebe in Los Angeles County pro Jahr ausstoßen, oder etwa so viel wie alle Haushalte in Illinois oder Pennsylvania oder alle Kraftwerke in Massachusetts. Während alle Bäume Kohlenstoff speichern, können Stadt- und Vorstadtbäume auch CO₂-Emissionen verhindern, weil sie dazu beitragen, den Energieverbrauch in nahe gelegenen Häusern und Gebäuden zu senken.

Gut platzierte Bäume können Gebäude vor der Sommersonne beschatten oder sie vor kalten Winterwinden schützen und so den Bedarf an Klimaanlage und Heizungen verringern. Und durch Evapotranspiration (die Bewegung von Wasser aus dem Boden durch Pflanzenblätter und in die Luft) können Stadt- und Vorstadtbäume die Temperatur eines ganzen Viertels im Sommer senken, was den Bedarf an Klimaanlage weiter reduziert. [...]

Wie man mit Bäumen Kohlenstoff binden kann

Aufgrund der kühlenden Wirkung von Bäumen und anderer Vorteile haben einige Städte und Gemeinden in den USA Ziele für die Anpflanzung von Bäumen festgelegt, und die US-Umweltschutzbehörde hat die Anpflanzung von Bäumen als eine Möglichkeit für Städte und Staaten vorgeschlagen, ihre Ziele für saubere Luft zu erreichen. Einzelne Gärtner und Hausbesitzer können zu diesen Bemühungen beitragen, indem sie diese Ratschläge befolgen:

Wählen Sie Bäume für eine lange Lebensdauer. Nicht alle Bäume sind bei der Kohlenstoffspeicherung gleich effektiv. Bäume, die größer werden, speichern im Laufe ihres Lebens mehr Kohlenstoff als kleinere Bäume, und Bäume, die schneller wachsen, sammeln den Kohlenstoff schneller an. Entscheiden Sie sich für einheimische, langlebige, pflegeleichte, mäßig bis schnell wachsende Arten, die bei der Reife groß sind, wie Süßholz (*Liquidambar styraciflua*), Tulpenpappel (*Liriodendron tulipifera*) oder Weißeiche (*Quercus alba*).

Sorgen Sie dafür, dass die Bäume gesund bleiben. Lebende Bäume und intaktes Holz können Kohlenstoff für eine lange Zeit speichern, aber tote Bäume und verrottendes Holz geben einen Großteil ihres angesammelten Kohlenstoffs wieder an die Atmosphäre ab. Beginnen Sie daher mit langlebigeren Bäumen, die ihren Kohlenstoff länger speichern, und mit einheimischen Arten, die gut an die örtlichen Bedingungen angepasst sind. Überlegen Sie sich zweimal, ob Sie Bäume am südlichen Ende ihrer derzeitigen Winterhärtezone pflanzen wollen, da sie sich möglicherweise nicht gut an die wärmeren Temperaturen infolge des Klimawandels anpassen. Obwohl regelmäßiges Gießen und Beschneiden CO₂ produzieren kann [...], ist es wichtig, jungen Bäumen zu helfen, sich zu etablieren, um die Wahrscheinlichkeit eines langen Lebens zu erhöhen. Minimieren Sie fossile Brennstoffe bei der Baumpflege. Mit fossilen Brennstoffen betriebene Baumpflegemaschinen

(Kettensägen, Laubbläser, Lastwagen, die von Baumpfleger*innen eingesetzt werden) setzen wärmespeichernde Gase und andere Schadstoffe frei, die den Klimanutzen der Bäume zunichte machen. Entscheiden Sie sich für kohlenstoffarme Methoden wie den manuellen Baumschnitt, wo dies möglich und sicher ist.

Standort, Standort, Standort. Pflanzen Sie Bäume an strategischen, energiesparenden Standorten, z. B. an der Südseite Ihres Hauses in warmen Klimazonen oder dort, wo immergrüne Bäume in kälteren Klimazonen eine Pause von den vorherrschenden Winterwinden bieten.

Quelle: Union of Concerned Scientists (2010) The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abgerufen von <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (08.04.2021). S.6-7.

2

Tiere und Pilze



Gruppenaufgabe

Gestalten Sie in Ihrer Gruppe eine Informationstafel im Rahmen eines Lernpfades für Ihre Mitstudierenden. Das allgemeine Thema dieses Lernpfades ist "Der Kohlenstoffkreislauf in unserem Schulgarten".

Inhalt

Ihre Informationstafel soll...

- ... die Rolle von Tieren und Pilzen im Kohlenstoffkreislauf beschreiben.
- ... die Rolle der Artenvielfalt im Kohlenstoffkreislauf beschreiben.

Aufbau

Ihre Informationstafel sollte Folgendes enthalten:

- einen Titel
- einen informativen Text
- Illustrationen (z. B. Fotos, Diagramme, ...)
- ein Quiz oder Fragen für die BesucherInnen Ihrer Informationstafel

Quellen

Verwenden Sie die folgenden Quellen, um Informationen über Ihr Unterthema zu sammeln.

- Devitt Elizabeth (2014): <https://news.mongabay.com/2014/03/the-fungus-among-us-scientists-discover-a-big-player-in-the-global-carbon-cycle/>, 29.03.2021
- Kubota Taylor (2014): <https://news.stanford.edu/2017/10/09/animal-biodiversity-important-part-carbon-cycle/>, 29.03.2021
- Sobral, Mar; Aria-Vaquerizo, Celia; Silviu, Kirsten M.; Fragoso, José M.V. (2020) Can Animal Biodiversity Help the Climate? In: Frontiers for Young Minds. 8:536333. doi: 10.3389/frym.2020.536333

Aufgabe: Nutze die folgenden Quellen, um die folgende Frage zu beantworten:

- Welche Rolle spielt die Biodiversität im Kohlenstoffkreislauf?

KOHLENSTOFF BEWEGT SICH DURCH LEBENDE UND NICHT LEBENDE DINGE ÜBER DEN KOHLENSTOFFKREISLAUF

Alle lebenden Dinge enthalten ein wichtiges Element namens Kohlenstoff. Aber das ist nicht der einzige Ort, an dem man Kohlenstoff finden kann. Kohlenstoff ist auch in der Umwelt vorhanden - im Wasser, im Boden und in der Erdatmosphäre. Kohlenstoff befindet sich in einem ständigen Kreislauf zwischen Lebewesen und der Umwelt, dem so genannten Kohlenstoffkreislauf.

Sie haben vielleicht schon gehört, dass CO₂ eines der Gase in der Erdatmosphäre ist, das zum Klimawandel und zur Erwärmung unseres Planeten beiträgt. Im Kohlenstoffkreislauf vor der industriellen Revolution gab es nur zwei Faktoren, die die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre regelten: die Photosynthese und geologische Phänomene wie Vulkane usw. Mit dem Beginn des Industriezeitalters begann ein neuer Faktor, die menschliche Aktivität, den natürlichen Kohlenstoffkreislauf zu stören. Durch Aktivitäten wie die Verbrennung von Holz und fossilen Brennstoffen gelangte Kohlenstoff in die Atmosphäre und veränderte das Klima.

Wenn Kohlenstoff aus der Atmosphäre entfernt und in Lebewesen oder den Boden eingebaut wird, kann dies dazu beitragen, den Klimawandel zu verlangsamen.

ARTENVIELFALT IST WICHTIG

Die Tropenwälder haben die größte pflanzliche Artenvielfalt auf unserem Planeten. Biodiversität ist die Vielfalt der Lebewesen an einem Ort. Die Bäume in den Tropenwäldern sind für den Kohlenstoffkreislauf von grundlegender Bedeutung, da sie Kohlenstoff binden und das Klima regulieren. Aber ein Wald besteht nicht nur aus Pflanzen. Viele andere Waldorganismen spielen eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf. So beeinflusst beispielsweise die Artenvielfalt der Säugetiere den Kohlenstoffkreislauf im Amazonasgebiet.

Die Biodiversität ist wichtig, weil jede Art eine Rolle in der Natur spielt. Wenn ein Ökosystem aus vielen verschiedenen Arten besteht, kann es eine größere Anzahl von Rollen oder Funktionen erfüllen und ist somit gesünder. Biodiverse Ökosysteme können der Menschheit wichtige Dienste leisten. Eine dieser Leistungen hat mit der Kohlenstoffanreicherung zu tun. Die Biodiversität kann die Kohlenstoffkonzentration in der Atmosphäre verringern, und diese Verringerung kann zur Eindämmung des Klimawandels beitragen.

Wie wir bereits erläutert haben, nehmen Pflanzen Kohlenstoff aus der Atmosphäre auf und speichern ihn als Kohlenhydrate in ihren Blättern, Stängeln und Wurzeln. WissenschaftlerInnen messen die Kohlenstoffakkumulation als die Masse des im Körper enthaltenen Kohlenstoffs. Wir wissen, dass die Artenvielfalt der Pflanzen die Menge des gebundenen Kohlenstoffs erhöht. Und wir wissen, dass Pflanzen und Tiere miteinander interagieren. Auf der Grundlage dieser Informationen wollten wir herausfinden, ob Säugetiere in ihrer Beziehung zu Pflanzen ebenfalls eine Rolle im Kohlenstoffkreislauf spielen. Säugetiere können auf verschiedene Weise mit Pflanzen interagieren. Sie fressen zum Beispiel Pflanzenfrüchte, Blätter und Blüten. Außerdem verbreiten die Tiere Pflanzensamen.

Quelle: Sobral, Mar; Aria-Vaquerizo, Celia; Silviu, Kirsten M.; Fragoso, José M.V. (2020) Can Animal Biodiversity Help the Climate? In: Frontiers for Young Minds. 8:536333. doi: 10.3389/frym.2020.536333

Aufgabe: Beantworte anhand dieses Textes die folgenden Fragen:

- Beschreibe die Rolle der Pilze im Kohlenstoffkreislauf.
- Warum ist die Rolle der Pilze so wichtig?

Der Pilz unter uns: WissenschaftlerInnen entdecken einen wichtigen Akteur im globalen Kohlenstoffkreislauf

Pilze erhalten nicht den Respekt, den sie verdienen. Vielleicht liegt das daran, dass sie die meiste Zeit im Dunkeln, unter der Erde oder auf toter Materie arbeiten, oder daran, dass ihr Aussehen und die Art, wie sie wachsen, etwas Fremdartiges und Bakteriellies an sich haben.

Pilze spielen auch eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf, dem biogeochemischen Prozess, durch den Kohlenstoff - das wesentliche Element des Lebens auf der Erde - zwischen der Luft, den Böden und dem Wasser bewegt wird. Pflanzen binden Kohlendioxid, aber wenn sie absterben, gelangt dieser Kohlenstoff in den Boden - und zwar eine ganze Menge davon. (Weltweit ist der Boden der größte einzelne terrestrische Kohlenstoffspeicher, weit mehr als die in Lebewesen und in der Atmosphäre enthaltene Kohlenstoffmenge zusammen.) Wenn die abgestorbenen Pflanzenteile von den Mikroben im Boden abgebaut werden, wird dieser Kohlenstoff wieder an die Luft abgegeben. Die Geschwindigkeit, mit der dieser Kohlenstoff den Boden verlässt, kann sich natürlich stark auf die Menge des Kohlenstoffs in der Atmosphäre auswirken, was wiederum zum Klimawandel beiträgt.

Eine der Grenzen für das Wachstum dieser zersetzenden Mikroben ist die Verfügbarkeit von Stickstoff im Boden. Lebende Pflanzen und Bodenmikroben konkurrieren um Stickstoff, und je weniger Stickstoff den Mikroben zur Verfügung steht, desto langsamer ist die Zersetzung - und desto mehr Kohlenstoff verbleibt im Boden, anstatt in die Atmosphäre zu entweichen. An dieser Stelle kommen die Pilze ins Spiel. Die meisten Pflanzen haben eine symbiotische Beziehung zu Mykorrhizapilzen: Die Pilze ziehen den Stickstoff aus dem Boden und stellen ihn den Pflanzen über ihre Wurzeln zur Verfügung. Laut einer neuen Studie, die in der Zeitschrift *Nature* veröffentlicht wurde, kann eine Hauptart der symbiotischen Pilze den Stickstoff viel schneller extrahieren als andere Arten - und das wiederum verlangsamt das Wachstum der konkurrierenden Mikroben und lässt viel mehr Kohlenstoff im Boden zurück.

Diese Beziehung zwischen den verschiedenen Pilzarten und Pflanzen ist deshalb so wichtig für den Kohlenstoffkreislauf, weil sie unabhängig von Temperatur, Niederschlag, Tongehalt des Bodens und all den anderen variablen Faktoren ist, die das Pflanzenwachstum und den Bodengehalt beeinflussen können. Zu unserem Leidwesen ist die AM-Pilzsymbiose jedoch weitaus verbreiteter und kommt bei etwa 85 % der Pflanzenfamilien vor, während nur wenige Pflanzenfamilien eine symbiotische Beziehung zu EEM-Pilzen haben. Das könnte sich jedoch ändern, wenn sich die Zusammensetzung der Wälder ändert, aber wir werden die Auswirkungen erst kennen, wenn die WissenschaftlerInnen die Rolle der verschiedenen Arten von symbiotischen Pilzen in globale Klimamodelle einbeziehen, was sie noch nicht getan haben.

"Diese Studie zeigt, dass Bäume und Zersetzer über diese Mykorrhizapilze wirklich miteinander verbunden sind und dass man den künftigen Kohlenstoffkreislauf nicht genau vorhersagen kann, ohne zu berücksichtigen, wie diese beiden Gruppen interagieren", so Averill. "Wir müssen diese Systeme ganzheitlich betrachten." Der bescheidene Pilz wird nicht vergessen werden.

Quelle: Devitt Elizabeth (2014): <https://news.mongabay.com/2014/03/the-fungus-among-us-scientists-discover-a-big-player-in-the-global-carbon-cycle/>, 29.03.2021

Aufgabe: Beantworte anhand des Textes die folgende Frage:

- Welche Rolle spielt eine hohe Diversität im Kohlenstoffkreislauf?

Input: Stanford-Forschung findet heraus, dass die Vielfalt großer Tiere eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf spielt

Bäume in tropischen Wäldern sind dafür bekannt, dass sie der Luft Kohlendioxid entziehen und das starke Treibhausgas als Kohlenstoff in ihren belaubten Ästen und ausgedehnten Wurzeln speichern. Eine neue Analyse unter der Leitung von ForscherInnen der Stanford University zeigt jedoch, dass auch große Waldtiere ein wichtiger Bestandteil des Kohlenstoffkreislaufs sind.

Die Ergebnisse basieren auf mehr als einer Million Aufzeichnungen über Tiersichtungen und -aktivitäten, die von 340 indigenen TechnikerInnen im Amazonasgebiet während mehr als drei Jahren Umweltuntersuchungen gesammelt wurden. Koordiniert wurden die Untersuchungen von dem Ökologen Jose Fragoso, der von dem Biologen Rodolfo Dirzo unterstützt wurde, der zu dieser Zeit in Stanford arbeitete. Das Team fand heraus, dass Orte, an denen die Tiervielfalt am größten ist, mit Orten korrelieren, an denen der meiste Kohlenstoff im Boden gebunden ist.

"Es reicht nicht aus, sich um die Bäume auf der Welt zu sorgen, die Kohlenstoff speichern. Das ist sehr wichtig, aber es ist nicht alles", sagte Fragoso. "Wir müssen uns auch darum kümmern, dass die Vielfalt und der Reichtum der Tiere, insbesondere der Säugetiere, erhalten bleiben, um einen gut funktionierenden Kohlenstoffkreislauf und die Speicherung von Kohlenstoff in den Böden zu gewährleisten.

Obwohl WissenschaftlerInnen seit langem wissen, dass Tiere - durch Aufnahme, Verdauung, Atmung und Zersetzung - Teil des Kohlenstoffkreislaufs sind, ist die Arbeit, die am 9. Oktober in *Nature Ecology and Evolution* veröffentlicht wurde, die erste, die auf die Bedeutung der Artenvielfalt der Tiere und nicht nur auf die Anzahl der Tiere im Kohlenstoffkreislauf hinweist.

Wenn wir die Kohlenstoffbindung erhöhen wollen, müssen wir nicht nur eine große Anzahl von Tieren, sondern auch viele verschiedene Arten erhalten, so die AutorInnen.

Die ForscherInnen fanden heraus, dass der Boden dort die höchsten Kohlenstoffkonzentrationen aufwies, wo sie die meisten Wirbeltierarten fanden. Als sie nach einem Mechanismus suchten, der diesen Zusammenhang erklären könnte, stellte sich heraus, dass in den Gebieten mit der größten Tiervielfalt die Häufigkeit von Fütterungsinteraktionen am höchsten war, wie z. B. Tiere, die andere Tiere erbeuten oder Früchte fressen, was zu organischem Material auf und im Boden führt. Die ForscherInnen vermuten, dass diese Essensreste die Vielfalt und Häufigkeit von Bodenmikroben erhöhen, die die Reste in gespeicherten Kohlenstoff umwandeln.

"Traditionell sind es Pflanzenbiologen, die Fragen zu Kohlenstoffvorräten stellen, und Pflanzen sind die akzeptablen Organismen, mit denen man arbeiten kann", sagt Kirsten Silvius, eine leitende wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Virginia Tech und Mitautorin dieser Arbeit. "Ich hoffe, dass diese Forschung zu einer ganzheitlicheren Betrachtung von Lebensgemeinschaften und einem besseren Verständnis von großen Wirbeltieren als vollwertige Teilnehmer an der Funktion von Ökosystemen beitragen wird, anstatt als etwas entfernte Nutznießer dieser Ökosystemfunktion oder als Opfer des Funktionsverlustes."

Quelle: Kubota Taylor (2014): <https://news.stanford.edu/2017/10/09/animal-biodiversity-important-part-carbon-cycle/>, 29.03.2021

3 Teiche



Gruppenaufgabe

Gestalten Sie in Ihrer Gruppe eine Informationstafel im Rahmen eines Lernpfades für Ihre Mitstudierenden. Das allgemeine Thema dieses Lernpfades ist "Der Kohlenstoffkreislauf in unserem Schulgarten".

Inhalt

Die Informationstafel soll...

- ... beschreiben, welche Rolle Teiche und Wasserstellen im Kohlenstoffkreislauf spielen.
- ... individuelle und globale Maßnahmen zur Einsparung von Kohlenstoffemissionen im Zusammenhang mit Teiche und Wasserstellen.

Aufbau

Ihre Informationstafel sollte Folgendes enthalten:

- einen Titel
- einen informativen Text
- Illustrationen (z. B. Fotos, Schaubilder, ...)
- ein Quiz oder Fragen für die BesucherInnen Ihrer Informationstafel

Quellen

Nutzen Sie die Quellen auf den folgenden Seiten, um Informationen über Ihr Unterthema zu sammeln.

- BBC Gardeners' World Magazine: <https://www.gardenersworld.com/how-to/grow-plants/how-to-reduce-your-carbon-footprint-in-the-garden/>, 29.03.21
- Blog, "Total pond": <https://www.totalpond.com/blog/having-a-pond-can-lower-your-carbon-footprint>, 29.03.21
- Mike Jeffries (2019): Ponds can absorb more carbon than woodland – here's how they can fight climate change in your garden. The Conversation. <https://phys.org/news/2019-02-ponds-absorb-carbon-woodland-climate.html>, (29.03.21)

Aufgabe: Nutzen Sie die folgenden Quellen, um die folgenden Fragen zu beantworten:

- *Wie wirken Teiche als Kohlenstoffsinken / -produzenten?*
- *Beschreiben Sie, wie Teiche als Kohlenstoffsinken funktionieren.*
- *Beschreiben Sie, wie Teiche "den Klimawandel bekämpfen".*

Wie Sie Ihren CO₂-Fußabdruck im Garten verringern können

Auch wenn die Gartenarbeit wie ein grünes Hobby erscheint, sind bestimmte Tätigkeiten wie das Mähen des Rasens, die Verwendung von Kompost auf Torfbasis und sogar der Kauf von Pflanzen mit einem hohen Verbrauch an natürlichen Ressourcen verbunden, die alle zum CO₂-Fußabdruck Ihres Gartens beitragen. [...]



Wir wissen bereits, dass Teiche die Artenvielfalt im Garten erhöhen und dazu beitragen, Überschwemmungen zu verhindern, indem sie den Wasserabfluss bei starken Regenfällen verlangsamen. Aber wussten Sie, dass Teiche auch Kohlenstoff speichern? Eine kürzlich durchgeführte Studie hat ergeben, dass in den Sedimenten, die sich am Grund von Teichen ansammeln, pro Quadratmeter und Jahr mehr Kohlenstoff gespeichert werden kann als in vergleichbaren Weideland- und Waldgebieten.

Quelle: BBC Gardeners' World Magazine <https://www.gardenersworld.com/how-to/grow-plants/how-to-reduce-your-carbon-footprint-in-the-garden/>, 29.03.21

Aufgabe: Beantworte anhand dieses Textes die folgende Frage:

- *Wie wirken Teiche als Kohlenstoffsinken/-quellen?*

Ein Teich kann Ihren CO₂-Fußabdruck verringern

Die Vorteile eines Teiches sind vielfältig: Er ist ein Ort der Entspannung und des Rückzugs und verleiht Ihrem Garten eine schöne Ästhetik. Aber wussten Sie, dass Wassergärten auch gut für die Umwelt sind? Nachfolgend finden Sie einige Möglichkeiten, wie Sie mit einem Teich Ihren CO₂-Fußabdruck verringern können.

Wasserverbrauch reduzieren

Bei der Reduzierung des Wasserverbrauchs geht es nicht nur darum, den Verbrauch zu senken. Die produktive Nutzung von Regenwasser ist eine großartige Möglichkeit, Ihren ökologischen Fußabdruck zu verringern. Teiche helfen, Regenwasser zu sammeln und den Abfluss in die Kanalisation zu vermeiden. Dieses Wasser kann dann zur Bewässerung Ihres Rasens und Ihrer Pflanzen verwendet werden, indem Sie eine Pumpe installieren oder die Schwerkraft zur Versorgung der Schläuche nutzen. Sie können Pflanzen und Gärten auch einfach von Hand gießen. Das gespeicherte Regenwasser kann auch zum Waschen von Fahrzeugen, zum Füllen von Teichen, Springbrunnen und Swimmingpools sowie für die Toiletten und Waschmaschinen im Haus verwendet werden. Sie sollten sich aber vorher über die örtlichen Vorschriften informieren. Wenn Sie Regenwasser zum Füllen Ihres Teichs verwenden, achten Sie darauf, dass Sie Ihren Teich vor Abfluss und Chemikalien schützen, die Algen verursachen und das Gleichgewicht des Teichs stören können.

Ein Teich ist eine Möglichkeit, einen Lebensraum für Wildtiere im Hinterhof zu schaffen. Wie das geht, haben wir in unserem Beitrag über die Schaffung eines kleinen Zufluchtsortes für Wildtiere im Winter beschrieben. Ihr Teich wird eine "Naturlandschaft" sein, die Grundbedürfnisse wie Nahrung, Wasser und Unterschlupf bietet. Grundlegende Elemente wie frisches Wasser aus dem Teich, Pflanzen und Futterstellen bieten Nahrung für Vögel, Insekten, Rehe usw., und Felsen, Bäume, Büsche und/oder Vogelhäuschen bieten Schutz und einen Platz zum Nisten. Viele der Materialien für diesen Lebensraum finden Sie in Ihrem örtlichen Baumarkt.

Quelle: Blog, "Teich total": <https://www.totalpond.com/blog/having-a-pond-can-lower-your-carbon-Fußabdruck>, 29.03.21

Aufgabe: Beantworte anhand dieses Textes folgende Frage:

- *Wie würden Sie die Rolle von Teichen im Kohlenstoffkreislauf beschreiben?*

Teiche können mehr Kohlenstoff binden als Wälder - so können sie den Klimawandel in Ihrem Garten bekämpfen

Teiche werden als selbstverständlich angesehen. Vielleicht liegt es daran, dass die meisten von uns sie gesehen haben - und gelegentlich in sie hineingefallen sind - und denken, dass sie nur für Goldfische gut sind. Teiche sind vielleicht der beliebteste Lebensraum für Kinder, die auf "Minibeast"-Jagd gehen, aber im Erwachsenenalter ist das vermeintlich nicht mehr so.

Allzu oft werden Teiche in den Schutzstrategien nicht berücksichtigt, die sich stattdessen auf größere Seen und Flüsse konzentrieren. Das ist ein schwerwiegendes Versäumnis, denn Teiche sind der häufigste und am weitesten verbreitete Lebensraum für alle Pflanzen und Tiere auf den Kontinenten und Inseln der Erde, von der Antarktis bis zu den Tropen. Sie befinden sich auf der Oberfläche von Alpengletschern oder warten in der Wüste darauf, sich mit Regen wieder aufzufüllen, tief in äquatorialen Wäldern oder inmitten von Städten. Sie könnten auch auf dem Mars zu finden sein.

In den letzten 20 Jahren ist die Forschung über Teiche aufgeblüht - im Vereinigten Königreich unter der Leitung von Freshwater Habitats Trust und auf internationaler Ebene durch das European Pond Conservation Network. Diese Organisationen bringen Forschende und PraktikerInnen zusammen, um die Artenvielfalt von Teichen zu erhalten. Ihre Arbeit hat gezeigt, dass Teiche Hotspots der Biodiversität in der Landschaft sind, die im Vergleich zu Flüssen, Bächen und Seen unverhältnismäßig artenreich sind und in denen viele seltene Spezialisten wie Feen- und Kaulquappen-Garnelen leben.

Teiche kommen den Menschen zugute, indem sie den Wasserabfluss verlangsamen, der zu Überschwemmungen führen kann, und überschüssige Nährstoffe aufnehmen - ein großartiges Beispiel für die heute anerkannten "Kleingewässer", die eine Landschaft bereichern und beleben. Angesichts der Intensität geochemischer Prozesse und der schieren Anzahl von Teichen weltweit könnten Teiche jedoch auch global einen wichtigen Einfluss auf den atmosphärischen Kohlenstoff haben, indem sie ihn speichern und wieder abgeben. Wie schnell Teiche Kohlenstoff binden können, ist jedoch kaum bekannt.

Zwei Jahrzehnte später hatten sie eine dunkle Sedimentschicht mit vielen organischen Ablagerungen angesammelt, die sich deutlich vom darunter liegenden Ton unterschied. Wir verwendeten Sedimentkerne und gruben das gesamte Sediment aus einigen Teichen aus, um den organischen Kohlenstoff zu messen, der sich angesammelt hatte. Die Kohlenstoffmenge in den Bohrkernen wurde mit der aus anderen Teichen entnommenen Menge hochgerechnet, um das Gesamtvolumen des Sediments zu ermitteln.

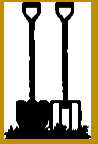
Die Ablagerungsraten für organischen Kohlenstoff in den Teichen reichten von 79 bis 247 g pro Quadratmeter und Jahr, mit einem Mittelwert von 142 g. Diese Raten sind hoch - viel höher als die Raten von 2-5 g, die für umliegende Lebensräume wie Wälder oder Weideland gelten. Kleine Teiche machen nur einen winzigen Teil der Landfläche des Vereinigten Königreichs aus - kaum 0,0006 % - im Vergleich zu 36 % Weideland und 2,3 % alten

Wäldern. Die von uns ermittelte Rate der Kohlenstoffbindung würde jedoch dazu führen, dass die Teiche nur halb so viel Kohlenstoff binden wie die weitaus größere Fläche des Weidelandes.

Die Rolle, die Teiche im Kohlenstoffkreislauf spielen, ist jedoch kompliziert. Einige Teiche können bedeutende Quellen von Treibhausgasen sein, wie z. B. Permafrost-Tauweiher in der Arktis, die noch mehr Kohlenstoff freisetzen, wenn sich die Tundren, in denen sie sich befinden, erwärmen. Unsere Hauxley-Teiche können von einer Netto-Senke zu einer Netto-Kohlenstoffquelle werden, wenn sie austrocknen oder wieder überflutet werden. Nichtsdestotrotz haben unsere Teiche in den 20 Jahren ihres Bestehens viel Kohlenstoff angesammelt und einer Vielzahl von Tieren und Pflanzen ein Zuhause gegeben.

Es wurde nichts unternommen, um den Kohlenstoff in unseren Teichen zu vergraben - es gab keine künstliche Steigerung der Produktivität, um die Kohlenstoffbindung zu maximieren. Es handelt sich um kleine, flache Tieflandteiche inmitten von intensiv bewirtschafteten Landschaften, wie sie für einen Großteil der gemäßigten Klimazonen typisch sind. Ähnliche Teiche und winzige Feuchtgebiete sind überall in der hiesigen Landschaft zu finden, die in erster Linie zum Schutz von Wildtieren angelegt wurden. Diese Tieflandteiche sind leicht anzulegen, sogar in einem Hinterhof. Sie können klein und zeitlich begrenzt sein - sauberes Wasser ist das A und O -, und der Wert der darin lebenden Tiere und Pflanzen ist inzwischen allgemein anerkannt. Die Bedeutung von Teichen für den Kohlenstoffkreislauf und den Kampf gegen den Klimawandel wird nicht länger übersehen, sondern immer deutlicher.

Quelle: Mike Jeffries (2019): Ponds can absorb more carbon than woodland – here's how they can fight climate change in your garden. The Conversation. <https://phys.org/news/2019-02-ponds-absorb-carbon-woodland-climate.html>, (29.03.21)



Gruppenaufgabe

Gestalten Sie in Ihrer Gruppe eine Informationstafel im Rahmen eines Lernpfades für Ihre Mitstudierenden. Das allgemeine Thema dieses Lernpfades ist "Der Kohlenstoffkreislauf in unserem Schulgarten".

Inhalt

Ihre Informationstafel soll ...

- ... die Rolle der Gartenböden im Kohlenstoffkreislauf beschreiben.
- ... beschreiben, wie GärtnerInnen ihrem Erdboden helfen können, mehr Kohlenstoff zu speichern.
- ... das Problem beschreiben, das die Böden weltweit bedroht.
- ... den Begriff "Sequestrierung" definieren.

Aufbau

Ihre Informationstafel sollte Folgendes enthalten:

- einen Titel
- einen informativen Text
- Illustrationen (z. B. Fotos, Diagramme, ...)
- ein Quiz oder Fragen für die BesucherInnen Ihrer Informationstafel

Quellen

Verwenden Sie die folgenden Quellen, um Informationen über Ihr Unterthema zu sammeln.

- Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abgerufen von <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).
- Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abgerufen von <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).
- Tomáš Kebert & umimeto.org, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons (Änderungen vorgenommen: Umlagerungsprozess hinzugefügt) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Soil_profile.svg
- European Compost Network: The sustainable use of compost. Fact sheet 1: Soil structure and carbon storage, n.d. Abgerufen von https://www.compostnetwork.info/wordpress/wp-content/uploads/200525_ECN_Factsheet_1_Carbon-storage.pdf (31.03.21).
- Project Drawdown: Conservation Agriculture, n.d. Abgerufen von <https://www.drawdown.org/solutions/conservation-agriculture> (31.03.21).

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieses Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirken Erdböden als Kohlenstoffsinken/-quellen?*
- *Was bedeutet "Sequestrierung"?*

Das Geheimnis liegt im Erdboden

[...] Im Garten ist der Schlüssel zum Speichern von Kohlenstoff der Erdboden. Das Einbringen von kohlenstoffreichem organischem Material wie Pflanzenteilen oder Dung in den Erdboden kann den Kohlenstoff dort für eine gewisse Zeit speichern (oder "sequestrieren"). Obwohl ein Teil dieses Kohlenstoffs schnell als CO₂ wieder in die Atmosphäre freigesetzt wird, bleibt ein Teil an Mineralien gebunden oder in organischen Formen, die im Boden langsam zu CO₂ abgebaut werden und so dazu beitragen, die Anreicherung von Kohlenstoff in der Atmosphäre zu verringern. GärtnerInnen können ihrem Boden durch eine Reihe von Maßnahmen helfen, mehr Kohlenstoff zu speichern [...]. Der Aufbau eines kohlenstoffreichen Erdbodens hat neben dem Kampf gegen die globale Erwärmung noch weitere Vorteile. Böden, die reich an organischen Stoffen sind, entwässern gut, verhindern Wasserverschmutzung, unterstützen viele nützliche Mikroben und Insekten und fördern das Pflanzenwachstum mit wenig oder gar keinem synthetischen Dünger (der aus fossilen Brennstoffen gewonnen wird). In einer Studie in Seattle, wo Einfamilienhöfe und Gärten schätzungsweise 25 Prozent der städtischen Landfläche ausmachen, wurde eine klimafreundliche" Rasen- und Gartenpflege mit einer Pflege verglichen, die auf fossile Brennstoffe angewiesen ist. Die Studie kam zu dem Schluss, dass jeder Haushalt, der zu klimafreundlichen Praktiken übergeht, einen Nutzen für die Umwelt und die öffentliche Gesundheit hat - die Vorteile der Kohlenstoffspeicherung nicht mitgerechnet - im Wert von fast 75 Dollar pro Jahr.⁵

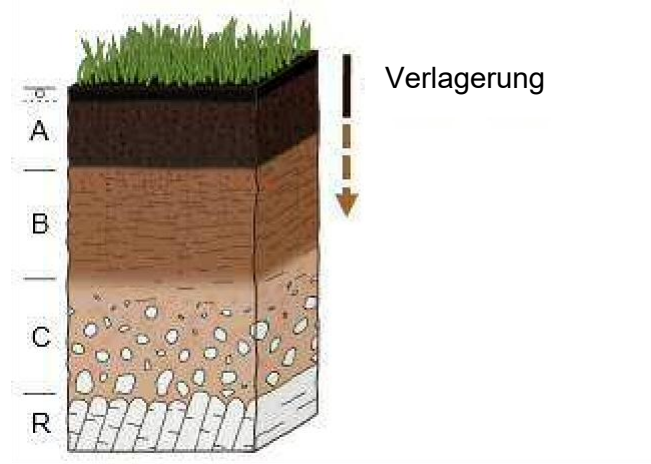
5) Morris, J., and J. Bagby. 2008. Measuring environmental value for natural lawn and garden care practices. *International Journal of Life Cycle Assessment* 13(3):226–234.

Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abgerufen von <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieses Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirken Erdböden als Kohlenstoffsinken/-quellen?*
- *Was bedeutet "Sequestrierung"?*

Profil des Erdbodens



O-Horizont: Streu: Lose, nicht verrottete (unzersetzte) organische Stoffe von Pflanzen und Tieren.
Humus: Verrottetes (zersetztes) organisches Material von Pflanzen und Tieren.

A-Horizont: Oberboden: Hoher Gehalt an organischen Stoffen, vermischt mit einigen mineralischen Partikeln.

B-Horizont: Unterboden: Geringer Gehalt an organischer Substanz, die von oben stammt.

C-Horizont: Übergeordnetes Material: Teilweise verwittertes Gestein mit Gesteinsfragmenten unterschiedlicher Größe

R-Horizont: Grundgestein: Unverändertes Gestein.

Verlagerung : Humus wandert vom O-Horizont nach unten zum A-Horizont, wo er sich anreichert und gespeichert wird

Aufgabe: Beantworte anhand des Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirken Erdböden als Kohlenstoffsinken/-quellen?*
- *Wie können GärtnerInnen ihrem Boden helfen, mehr Kohlenstoff zu speichern?*
- *Welche Probleme bedrohen die Erdböden weltweit?*

Bodenstruktur und Kohlenstoffspeicherung

ÜBER ERDBODEN

Erdboden ist ein Gemisch aus Mineralien, organischen Stoffen, Wasser und Luft. Es gibt viele verschiedene Erdbodentypen auf der ganzen Welt, die alle von der Zusammensetzung des darunter liegenden Gesteins, dem lokalen Klima, den Pflanzenarten, die darin wachsen, und den Tieren, die darin und darauf leben, beeinflusst werden. [...]

Er ist auch ein sehr wichtiger Kohlenstoffspeicher, der etwa dreimal so viel Kohlenstoff enthält wie die Atmosphäre. [...]

BEDROHUNGEN FÜR DEN ERDBODEN

Die meisten Erdböden der Welt sind erheblichen Belastungen ausgesetzt, die entweder direkt auf menschliche Aktivitäten oder indirekt auf den Klimawandel zurückzuführen sind. Der durch Erosion verursachte Verlust an organischer Substanz ist eine der größten Bedrohungen für die Böden auf der ganzen Welt. Erdböden, die wenig organische Substanz enthalten,

- sind weniger produktiv, d. h., sie bringen weniger Pflanzen hervor;
- speichern weniger Wasser - das bedeutet, dass sie schneller austrocknen und weniger gut Wasser aufnehmen können; und
- speichern weniger Kohlenstoff, da organische Stoffe hauptsächlich aus Kohlenstoff bestehen.

Moderne landwirtschaftliche Praktiken haben im letzten Jahrhundert zu einer erheblichen Bodenerosion geführt. In der gesamten EU sind etwa 12 Millionen Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche von starker Erosion betroffen. Man schätzt, dass dies jährlich Kosten in Höhe von etwa 1,25 Milliarden Euro verursacht, was einem Verlust an Ernteproduktivität von etwa 0,43 % pro Jahr entspricht. ⁽¹⁾ [...]

VERBESSERUNG DER BÖDEN MIT KOMPOST

Böden mit einem geringen Gehalt an organischer Substanz können durch die regelmäßige Ausbringung von Qualitätskompost verbessert werden. [...] Experimente haben gezeigt, dass ein großer Teil des im Kompost enthaltenen Kohlenstoffs als organische Substanz im Erdboden gespeichert wird. [...]

KOMPOST SPEICHERT KOHLENSTOFF IM BODEN

[...]

- Ein Teil der organischen Stoffe im Kompost wird in eine stabile Form, die sich die Humus' nennt, umgewandelt - dieser verbleibt viele Jahre lang im Boden.
- Jede Tonne organischer Bodensubstanz enthält das Äquivalent von etwa 3,67 Tonnen atmosphärischem Kohlendioxid.
- Für jede Tonne Kompost (Frischmasse), die auf den Boden aufgebracht wird, können zwischen 60 und 150 kg Kohlendioxidäquivalente gebunden (gespeichert) werden².

1) Panagos, Panos, et al. "Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models." *Land Degradation & Development* 29.3 (2018): 471-484.

1) Berechnungen basierend auf: Gilbert, Ricci-Jürgensen, M & Ramola, A (2020) Quantifying the Benefits to Soil of applying Quality Compost. ISWA, Rotterdam.

European Compost Network: The sustainable use of compost. Fact sheet 1: Soil structure and carbon storage, n.d. Abgerufen von https://www.compostnetwork.info/wordpress/wp-content/uploads/200525_ECN_Factsheet_1_Carbon-storage.pdf (31.03.21).

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieses Textes die folgenden Fragen:

- *Wie können GärtnerInnen ihrem Boden helfen, mehr Kohlenstoff zu speichern?*
- *Welche Probleme bedrohen die Erdböden weltweit?*

Konservierende Landwirtschaft

QUELLEN REDUZIEREN: Ernährung, Landwirtschaft und Landnutzung> *Umstellung der landwirtschaftlichen Praktiken*

SENKEN UNTERSTÜTZEN: Landsenken> *Landwirtschaftliche Praktiken umstellen*

9,43-13,4 GIGATONNEN CO ₂ -ÄQUIVALENT REDUZIERT / SEQUESTRIERT (2020-2050)	\$65.23-91.88 BILLIONEN \$US NETTOERSTKOSTEN (ZUR UMSETZUNG DER LÖSUNG)
---	--

ZUSAMMENFASSUNG DER LÖSUNG*

Bei der konservierenden Landwirtschaft werden Deckfrüchte, Fruchtfolge und minimale Bodenbearbeitung für den Anbau einjähriger Pflanzen eingesetzt. Sie schützt den Erdboden, vermeidet Emissionen und bindet Kohlenstoff.

In landwirtschaftlichen Betrieben, die konservierende Landwirtschaft betreiben, wird nicht gepflügt, und das aus gutem Grund. Wenn Landwirte ihre Felder bearbeiten, um Unkraut zu vernichten und Dünger einzubringen, verdunstet das Wasser im frisch bearbeiteten Boden. Der Boden selbst kann weggeweht oder weggeschwemmt werden, und der darin enthaltene Kohlenstoff wird in die Atmosphäre freigesetzt. Die Bodenbearbeitung kann ein Feld nährstoffarm und weniger lebensfreundlich machen.

Die konservierende Landwirtschaft wurde in den 1970er Jahren in Brasilien und Argentinien entwickelt und beruht auf drei Grundprinzipien:

- Minimale Störung des Bodens: Ohne Bodenbearbeitung säen die Landwirte direkt in den Boden.
- Erhaltung der Bodenbedeckung: Die Landwirte lassen nach der Ernte Ernterückstände zurück oder bauen Deckfrüchte an.
- Steuerung der Fruchtfolge: Die Landwirte wechseln, was und wo sie anbauen.

Die lateinische Wurzel von conserve bedeutet "zusammenhalten". Die konservierende Landwirtschaft hält sich an diese Grundsätze, um den Erdboden als lebendiges Ökosystem zusammenzuhalten, das die Nahrungsmittelproduktion ermöglicht und zum Ausgleich des Klimawandels beiträgt.

Die konservierende Landwirtschaft bindet eine relativ geringe Menge an Kohlenstoff - durchschnittlich eine halbe Tonne pro Acker. Aber angesichts des weltweit verbreiteten jährlichen Anbaus summieren sich diese Tonnen. Da die konservierende Landwirtschaft das Land widerstandsfähiger gegen klimabedingte Ereignisse wie lange Dürren und starke Regenfälle macht, ist sie in einer sich erwärmenden Welt doppelt wertvoll.

AUSWIRKUNG:

Auf der Grundlage des historischen Wachstums großer landwirtschaftlicher Betriebe geht unsere Analyse davon aus, dass die Gesamtfläche der konservierenden Landwirtschaft von 148 Millionen Hektar bis zum Jahr 2035 auf 400 bis 327 Millionen Hektar ansteigen wird. Wir gehen davon aus, dass mit der zunehmenden Verbreitung des regenerativen einjährigen Anbaus die Betriebe, die bereits eine konservierende Landwirtschaft betreiben, als Reaktion auf die Nachfrage der VerbraucherInnen nach weniger schädlichen Herbiziden auf diese effektiveren Bodenfruchtbarkeitsverfahren umstellen werden. Die Vorteile dieser Umstellung werden durch die Lösung des regenerativen einjährigen Anbaus berücksichtigt. Nichtsdestotrotz bietet die konservierende Landwirtschaft in der Zwischenzeit erhebliche Vorteile, indem sie die Kohlendioxidemissionen um 13,4-9,4 Gigatonnen reduziert, basierend auf durchschnittlichen Kohlenstoffbindungsraten von 0,25-0,78 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar und Jahr, je nach Region. Die Errichtungskosten sind mit 91,9-65,2 Mrd. USD gering, während sich die betrieblichen Einsparungen über die gesamte Lebensdauer auf 2,8-1,9 Billionen USD und der Nettogewinn über die gesamte Lebensdauer auf 113,1-77,7 Mrd. USD belaufen.

* Auszug aus dem Buch "[Drawdown](#)"

Project Drawdown: Conservation Agriculture, n.d. Abgerufen von <https://www.drawdown.org/solutions/conservation-agriculture> (31.03.21).

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieses Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirken Böden als Kohlenstoffsinken/-quellen?*
- *Wie können GärtnerInnen ihrem Erdboden helfen, mehr Kohlenstoff zu speichern?*

Denken Sie lange und gründlich über Ihren Rasen nach

Immer mehr Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass Böden, die mit Rasengräsern bewachsen sind, erhebliche Mengen an Kohlenstoff aufnehmen und speichern können.

[...] Ein Rasen besteht aus vielen Tausend einzelnen Graspflanzen, von denen jede einzelne CO₂ aus der Luft aufnimmt und durch Photosynthese in Kohlenhydrate umwandelt. Gras durchläuft einen jahreszeitlichen Zyklus mit schnellen Wachstumsperioden (Frühjahr und Herbst bei Gräsern der kalten Jahreszeit, Sommer bei Gräsern der warmen Jahreszeit) und Blühen (die ausbleiben kann, wenn die blühenden Halme häufig gemäht werden). Während dieses Zyklus werfen die Rasengräser ständig Wurzelmaterial ab⁵⁶ und lagern so Kohlenstoff im Boden ab. Grasschnitt, der nach dem Mähen auf dem Rasen verrottet, ist eine weitere Kohlenstoffquelle, die im Boden darunter gespeichert werden kann. Im Gegensatz zu Gärten, die oft jedes Jahr bearbeitet und neu bepflanzt werden, bleiben Rasenflächen in der Regel ungestört, so dass der Boden über lange Zeiträume Kohlenstoff speichern kann.

Die Geschwindigkeit der Kohlenstoffspeicherung hängt vom Klima, der Bodenart, den Niederschlägen und der Art der Bewirtschaftung der Rasenflächen ab. Eine Studie über 15 Golfplätze hat gezeigt, dass die Kohlenstoffspeicherung in den ersten 25 bis 30 Jahren der Bewirtschaftung von Rasenflächen mit hohem Ertrag rapide ansteigt.⁽⁶³⁾ Andere Studien haben gezeigt, dass auch Rasenflächen in Privathaushalten Kohlenstoff speichern können.^(64, 65, 66) [...]

56) University of Minnesota. 2006. Grass plant growth and its relationship to lawncare. Sustainable Urban Landscape Information Series. Zugriff auf <http://www.sustland.umn.edu/maint/grasspla.htm>, accessed January 28, 2010.

63) Qian, Y., and R.F. Follett. 2002. Assessing soil carbon sequestration in turfgrass systems using long-term soil testing data. *Agronomy Journal* 94:930–935.

64) Zirkle, G.N., B. Augustin, and R. Lal. 2009. The potential for soil organic carbon sequestration in home lawns. Präsentiert beim 'the ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings', November 2.

65) Qian et al. 2003.

66) Pouyat, R.V., I.D. Yesilonis, and N.E. Golubiewski. 2009. A comparison of soil organic carbon stocks between residential turf grass and native soil. *Urban Ecosystems* 12:45–62.

Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abrufbar unter <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).

Aufgabe: Beantworte anhand des Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirken Böden als Kohlenstoffsinken/-quellen?*
- *Wie können GärtnerInnen ihrem Boden helfen, mehr Kohlenstoff zu speichern?*

Lasst den Gartenboden nicht unbewachsen

Ganz gleich, ob Sie Sommergemüse, einjährige Blumen oder mehrjährige Beete anbauen, es gibt Zeiträume - je nach örtlichem Klima vielleicht sogar die Hälfte des Jahres -, in denen die Pflanzen nicht aktiv wachsen. In dieser Zeit ist der kahle Boden nicht nur anfällig für Erosion und Unkraut, sondern auch für Kohlenstoffverluste. Der Einsatz von Deckfrüchten - Gräser, Getreide oder Hülsenfrüchte, die wachsen können, wenn andere Pflanzen nicht wachsen - ist eine tragende Säule des ökologischen Landbaus, da sie zur Entwicklung eines gesunden und produktiven Bodens beitragen, den Bedarf an energieintensiven chemischen Düngemitteln und Pestiziden verringern und große Mengen an Kohlenstoff speichern. Bodendecker sind nicht dazu gedacht, geerntet zu werden, sondern den Boden zu stabilisieren, aufzubauen und mit Nährstoffen zu versorgen, der sonst kahl bleiben würde.

Deckfrüchte werden als "Winterdecke" für den Boden bezeichnet, da sie oft im Herbst gepflanzt werden.²² Sie unterdrücken Unkraut, schützen den Boden vor Regen und Wind (und verringern so Erosion und Wasserabfluss) und erhöhen die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens (was die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Trockenheit verbessert). [...] Wenn die Deckfrüchte im Frühjahr untergepflügt werden, verbessert ihre organische Substanz den Boden, der über Jahre hinweg Kohlenstoff speichert und gleichzeitig Nährstoffe für nachfolgende Anpflanzungen und eine Vielzahl nützlicher Organismen liefert.

22) Enyart, C. 2009. A winter blanket for our soils. North Carolina Cooperative Extension of Lee County unter <http://lee.ces.ncsu.edu/index.php?page=news&ci=AGRI+32>, Zugriff am 1. Februar 2010.

Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abgerufen von <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).

Gruppenaufgabe

Gestalten Sie in Ihrer Gruppe eine Informationstafel im Rahmen eines Lernpfades für Ihre Mitstudierenden. Das allgemeine Thema dieses Lernpfades ist "Der Kohlenstoffkreislauf in unserem Schulgarten".

Inhalt

Ihre Informationstafel soll...

- ... die Rolle von torfhaltigen Blumenerden im Kohlenstoffkreislauf beschreiben.
- ... die grundlegenden Eigenschaften von Moorlandschaften beschreiben.
- ... das Potenzial von Mooren zur Verringerung oder Verstärkung des globalen Klimawandels aufzeigen.

Aufbau

Ihre Informationstafel sollte Folgendes enthalten:

- einen Titel
- einen informativen Text
- Illustrationen (z. B. Fotos, Schaubilder, ...)
- ein Quiz oder Fragen für die BesucherInnen Ihrer Informationstafel

Quellen

Verwenden Sie die folgenden Quellen, um Informationen über Ihr Unterthema zu sammeln.

- Barreto C und Lindo Z (2020) Decomposition in Peatlands: Who Are the Players and What Affects Them? Front. Young Minds. <https://kids.frontiersin.org/article/10.3389/frym.2020.00107> 8:107. doi: 10.3389/frym.2020.00107
- Project Drawdown: Peatland Protection and Rewetting, n.d. Abgerufen von <https://www.drawdown.org/solutions/peatland-protection-and-rewetting> (31.03.21).
- Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abgerufen von <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieses Textes die folgende Frage:

- *Wie wirkt torfhaltige Blumenerde als Kohlenstoffsенke/-quelle?*

Vermeiden Sie Torf [in Ihrer Blumenerde]

[...] Sphagnum-Torfmoos, ein Bestandteil vieler Blumenerde- und Saatgutmischungen, ist seit langem umstritten, weil sein Abbau (hauptsächlich in Kanada und Skandinavien) Torfmoore zerstört, die für die Tierwelt und die Wasserqualität wichtig sind. Torfmoore speichern auch beträchtliche Mengen an Kohlenstoff, der freigesetzt wird, wenn der Torf abgebaut wird.¹³ Suchen Sie nach torffreien Mischungen oder verwenden Sie Ihren eigenen Kompost.

13) Cleary, J., N.T. Roulet, und T.R. Moore. 2005. Treibhausgasemissionen aus der kanadischen Torfgewinnung, 1990-2000: Eine Lebenszyklusanalyse. Ambio 34(6):456-461.

Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abrufbar unter www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf [https://](https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf)(31.03.2021).

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieses Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirkt torfhaltige Blumenerde als Kohlenstoffsенke/-quelle?*
- *Was sind Moorlandschaften*

Zersetzung in Moorlandschaften: Wer sind die Akteure und was beeinflusst sie?

Carlos Barreto *† und Zoë Lindo †

Soil Biodiversity and Ecosystem Function Laboratory, Department of Biology, Biotron Experimental Climate Change Research Centre, Western University, London, ON, Canada

Alle Böden speichern Kohlenstoff. Wenn Pflanzen wachsen, nehmen sie Kohlenstoff aus der Atmosphäre auf, und wenn sie sterben, gelangt dieser Kohlenstoff in den Boden. Dieses abgestorbene Pflanzenmaterial zersetzt sich langsam, da Organismen wie Bakterien, Pilze und winzige Tiere wie Milben und Springschwänze diesen Kohlenstoff als Nahrungsquelle nutzen. Da die Zersetzung in Mooren sehr langsam erfolgt, verbleibt ein Großteil des Kohlenstoffs aus abgestorbenen Pflanzen im Boden, was zur Verlangsamung der Klimaerwärmung beitragen kann. Die Zersetzung in Mooren hängt davon ab, wie feucht der Boden ist, und von den verschiedenen Arten von Pflanzen und Bodenorganismen. Wir haben in einem Mooregebiet im Norden Kanadas herausgefunden, dass sich abgestorbenes Pflanzenmaterial verschiedener Pflanzenarten unterschiedlich schnell zersetzt, und dass in feuchteren Gebieten mehr Milben und Springschwänze zu finden waren, die die Zersetzung unterstützen. Da Moore für die Kohlenstoffspeicherung wichtig sind, ist es wichtig zu verstehen, wer die Akteure der Zersetzung sind, um die Klimaerwärmung zu verlangsamen.

EINFÜHRUNG

ZERSETZUNG

Abbau von toten Pflanzen und Tieren, der als Verlust gemessen wird.

ORGANISMUS

Eine einzelne Pflanze, ein Tier, eine Bakterie oder ein Pilz.

Zersetzung ist der natürliche Prozess der Zersetzung toter Pflanzen und Tiere. Während der Zersetzung verändert sich die chemische Zusammensetzung der toten Pflanzen und Tiere, und Kohlenstoff wird in die Atmosphäre freigesetzt. Die Zersetzung erfolgt durch die Aktivitäten verschiedener **Organismen** wie Pilze (Abbildung 1D), Bakterien (Abbildung 1E), Würmer (Abbildung 1F), Oribatidmilben (Abbildung 1B) und Springschwänze (Abbildung 1C). Bakterien und Pilze zum Beispiel bauen abgestorbenes Pflanzenmaterial direkt ab und gelten als Primärzersetzer. Pilze und Bakterien (Primärzersetzer) werden von Oribatidenmilben und Springschwänzen (Sekundärzersetzer) gefressen. Raubmilben (Abbildung 1A) wiederum verzehren sekundäre Zersetzer. Daher beeinflussen Oribatidmilben und Springschwänze indirekt, wie schnell die Zersetzung erfolgt.

MOORE

Der Begriff „Moor“ bezeichnet den Boden und den Feuchtbiotop-Lebensraum, der auf seiner Oberfläche wächst.

Moore sind wichtige Ökosysteme, in denen sich teilweise zersetzte Vegetation ansammelt (Abbildung 1G) und die somit den im zersetzenden Pflanzenmaterial enthaltenen Kohlenstoff speichern [1] [...]. Ihre wichtigste Pflanzenart sind Moose [...]. Moose sind kleine, langsam wachsende Pflanzen, die zum Überleben viel Wasser benötigen, weil sie keine echten Wurzeln haben. Außerdem zersetzen sie sich nach ihrem Absterben in Moor nur sehr langsam.

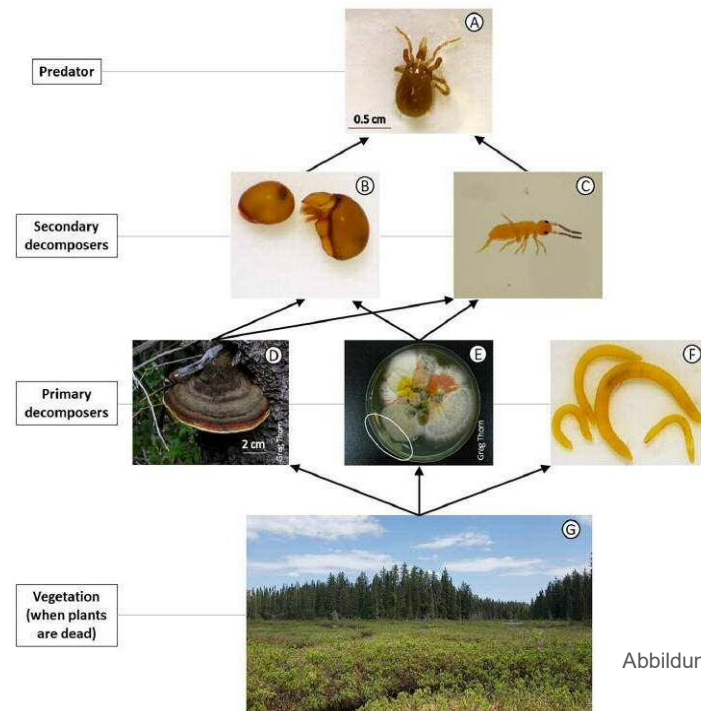


Abbildung 1

[...] Moore sind sehr feucht, und die Zersetzung erfolgt im Vergleich zu anderen Ökosystemen wie Wäldern oder Grasland, die trockener sind, sehr langsam. Infolgedessen sammeln sich mehr abgestorbene Pflanzen an, was bedeutet, dass in Mooren weniger Kohlenstoff an die Atmosphäre abgegeben wird als in vielen anderen Ökosystemtypen. Mit anderen Worten, es gelangt mehr Kohlenstoff in die Moorböden und wird dort gespeichert, als in Form von Kohlendioxid wieder in die Atmosphäre abgegeben wird. Kohlendioxid ist ein Treibhausgas, das die Wärme in der Erdatmosphäre zurückhält, und deshalb können Moore dazu beitragen, die Klimaerwärmung zu verlangsamen oder umzukehren. Torfgebiete könnten dazu beitragen, den Klimawandel umzukehren, indem sie mehr Kohlenstoff in ihren Böden speichern. [...]

[1] Gorham, E. 1991. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecol. Appl.* 1:182–95.

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieses Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirkt torfhaltige Blumenerde als Kohlenstoffsенke/-quelle?*
- *Was sind Moorlandschaften?*
- *Wie groß ist das Potenzial von Moorlandschaften, den globalen Klimawandel zu beeinflussen?*

Schutz und Wiedervernässung von Moorlandschaften

QUELLEN REDUZIEREN: Ernährung, Landwirtschaft und Landnutzung > Ökosysteme schützen

SENKEN UNTERSTÜTZEN: Landsenken > Schutz und Wiederherstellung von Ökosystemen

26,03 - 41,93 GIGATONNEN	0 BILLIONEN \$US
CO ₂ -ÄQUIVALENT	NETTOERSTKOSTEN
REDUZIERT / SEQUESTRIERT	(ZUR UMSETZUNG DER LÖSUNG)
(2020-2050)	

ZUSAMMENFASSUNG DER LÖSUNG*

Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Brennstoffgewinnung gehören zu den Bedrohungen für kohlenstoffreiche Mooregebiete. Schutz und Wiedervernässung können die Emissionen aus der Degradation verringern und gleichzeitig die Rolle der Moorlandschaften als Kohlenstoffsенken unterstützen.

Moorlandschaften, die auch als Moore oder Torfgebiete bezeichnet werden, sind weder fester Boden noch Wasser, sondern etwas dazwischen. Torf ist eine dicke, schlammige Substanz, die aus abgestorbenen und sich zersetzenden Pflanzenmaterialien besteht. Er entsteht im Laufe von Hunderten oder gar Tausenden von Jahren, wenn die Feuchtgebietsvegetation unter einer lebenden Pflanzenschicht und unter weitgehender Abwesenheit von Sauerstoff langsam verrottet.

Obwohl diese einzigartigen Ökosysteme nur 3 Prozent der Landfläche der Erde bedecken, sind sie nach den Ozeanen die zweitgrößten Kohlenstoffspeicher - mit geschätzten 500 bis 600 Gigatonnen *doppelt* so viel wie die Wälder der Welt. Ihr Schutz durch Landerhaltung und Brandverhütung ist eine hervorragende Möglichkeit, die globalen Treibhausgase zu kontrollieren.

Da Torfmoore in der Regel einen Kohlenstoffgehalt von über 50 Prozent haben, werden sie zu mächtigen Treibhauskaminen, wenn sie zerstört werden. Wenn Torf der Luft ausgesetzt wird, oxidiert der in ihm enthaltene Kohlenstoff zu Kohlendioxid. Es kann Tausende von Jahren dauern, bis sich Torf gebildet hat, aber nur wenige Jahre, bis er seine Treibhausgase freisetzt, sobald er abgebaut ist.

Glücklicherweise sind 85 Prozent der weltweiten Moorlandschaften noch intakt. Die Wiederherstellung entwässerter und geschädigter Moore ist zwar nicht so wirksam wie das Aufhalten der Degradation, bevor sie beginnt, aber sie ist eine wichtige Ergänzung zum Schutz.

AUSWIRKUNG:

Wenn die Gesamtfläche der geschützten Mooregebiete bis 2050 von 8,84 Millionen Hektar auf 266,7-448,6 Millionen Hektar ansteigt, können etwa 14,9-27 Gigatonnen Kohlendioxidemissionen vermieden werden. Darüber hinaus würde der Schutz den intakten Bestand von 520-875 Gigatonnen Kohlenstoff oder etwa 1906-3207 Gigatonnen Kohlendioxid-Äquivalent sichern. Obwohl Moorlandschaften nur 3 Prozent der globalen Landfläche ausmachen, sind sie die Böden mit dem größten organischen Reichtum; ihre Degradierung würde eine enorme Menge an Kohlenstoff freisetzen. Unsere Analyse zeigt, dass durch die Wiederbefeuchtung von 35,2-47,0 Millionen Hektar derzeit degradierter Torfgebiete zusätzliche 11,1-14,9 Gigatonnen Kohlendioxidemissionen vermieden werden könnten. Finanzielle Auswirkungen werden nicht projiziert, da sie nicht auf der Ebene der Landbesitzer anfallen.

Project Drawdown: Peatland Protection and Rewetting, n.d. Abgerufen von <https://www.drawdown.org/solutions/peatland-protection-and-rewetting> (31.03.21)

**Gruppenaufgabe**

Gestalten Sie in Ihrer Gruppe eine Informationstafel im Rahmen eines Lernpfades für Ihre Mitstudierenden. Das allgemeine Thema dieses Lernpfades ist "Der Kohlenstoffkreislauf in unserem Schulgarten".

Inhalt

Ihre Informationstafel soll...

... die Rolle des Komposts im Kohlenstoffkreislauf beschreiben.

... die Bedeutung von Mikroben für den Kompostierungsprozess beschreiben.

... beschreiben, wie die Kompostierung zur Verringerung der globalen Erwärmung beitragen kann.

Aufbau

Ihre Informationstafel sollte Folgendes enthalten:

- einen Titel
- einen informativen Text
- Illustrationen (z. B. Fotos, Diagramme, ...)
- ein Quiz oder Fragen für die BesucherInnen Ihrer Informationstafel

Quellen

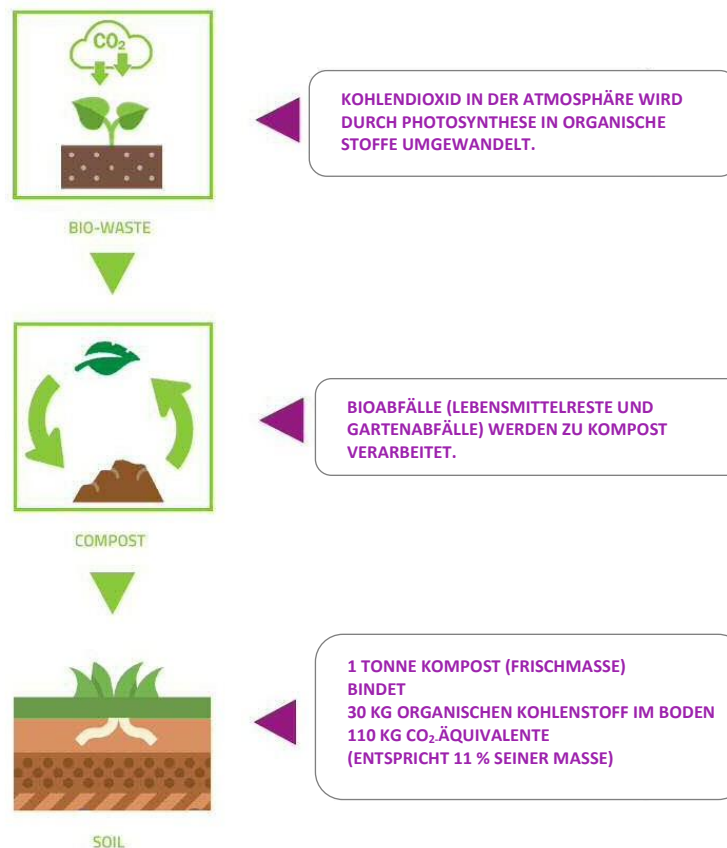
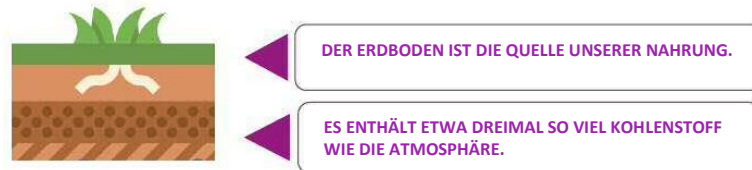
Verwenden Sie die folgenden Quellen, um Informationen über Ihr Unterthema zu sammeln.

- European Compost Network: The sustainable use of compost. Fact sheet 1: Soil structure and carbon storage, n.d. Abgerufen von https://www.compostnetwork.info/wordpress/wp-content/uploads/200525_ECN_Factsheet_1_Carbon-storage.pdf (31.03.21).
- Albright M und Martiny J (2018) Is Throwing an Apple Core Out of the Car Littering? - Microbial Communities in Natural Composting. Front. Young Minds. 6:13. doi: 10.3389/frym.2018.00013
- Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abgerufen von <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).
- https://www.compostnetwork.info/wordpress/wp-content/uploads/200525_ECN_Factsheet_1_Carbon-storage.pdf (31.03.21).

Aufgabe: Beantworten Sie anhand der Grafiken die folgende Frage:

- Wie wirkt Kompost als Kohlenstoffsенke/-quelle?

Die Vorteile von Kompost



²Calculations based on: Gilbert, J., Ricci-Jürgensen, M. & Ramola, A. (2020) Quantifying the Benefits to Soil of Applying Quality Compost. ISWA, Rotterdam.
Original icons from www.flaticon.com by the following authors: Freepik, Geotatah, Pixelperfect, Smashicons, Surang, Ultimatearm & VitalyGorbachev.



Abbildung ‚Vorteile von Kompost‘, eigene Übersetzung nach European Compost Network: The sustainable use of compost. Fact sheet 1: Soil structure and carbon storage, n.d. Abgerufen von https://www.compostnetwork.info/wordpress/wp-content/uploads/200525_ECN_Factsheet_1_Carbon-storage.pdf (31.03.21).

Aufgabe: Beantworte anhand dieses Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirkt Kompost als Kohlenstoffsенke/-quelle?*
- *Warum sind Mikroben für die Kompostierung wichtig?*

**Ist es Abfall, wenn man ein Apfelkerngehäuse aus dem Auto wirft?
Mikrobielle Gemeinschaften in der natürlichen Kompostierung.**

Michaeline B. N. Albright* und Jennifer B. H. Martiny

Abteilung für Ökologie und Evolutionsbiologie, University of California Irvine, Irvine, CA, Vereinigte Staaten

ZERSETZUNG

Der Prozess, bei dem Verbindungen wie Pflanzenmaterialien, die aus komplexem Kohlenstoff bestehen, in einfachere Formen von Kohlenstoff zerlegt werden; auch Fäulnis oder Verrottung genannt.

Haben Sie schon einmal ein Apfelkerngehäuse oder eine Orangenschale aus dem Autofenster geworfen? Ist das Vermüllung? Was passiert, wenn es auf dem Bürgersteig landet? Ist es dasselbe, wenn sie in einem Erdstück am Straßenrand landet? Apfelkerne, Orangenschalen, Blätter und andere Pflanzenmaterialien bestehen aus komplexen Kohlenstoffverbindungen, die im Laufe der Zeit in einfachere Formen von Kohlenstoff zerlegt werden. **Die Zersetzung** ist ein wichtiger Bestandteil des Kohlenstoffkreislaufs. Und die Zersetzung wird größtenteils von mikrobiellen Gemeinschaften durchgeführt, also Gruppen von winzigen lebenden Organismen, unsichtbaren Städten, die überall auf der Erde leben. Können Sie sich diese unsichtbaren Städte vorstellen, die das Kerngehäuse eines Apfels fressen, den Sie weggeworfen haben, oder einen Laubhaufen auf dem Boden? Wie schnell zersetzen sich die toten Pflanzen? Und wohin geht der Kohlenstoff?

KOHLNSTOFF-ZYKLUS

Eine Reihe von Prozessen, durch die Kohlenstoffverbindungen in der Umwelt ihre Form ändern. Zwei Hauptkomponenten sind die Aufnahme von Kohlendioxid (CO₂) aus der Atmosphäre durch Pflanzen und die Rückführung von Kohlenstoff (C) in die Atmosphäre während der Zersetzung.

WAS IST ZERSETZUNG?

Ein Beispiel für die Zersetzung ist die Kompostierung, d. h. das Anlegen eines Haufens oder einer Tonne mit Essensresten und Gartenabfällen und die Zersetzung dieser Abfälle zur Bildung von Erde. Zersetzung ist der Prozess, durch den Verbindungen wie Pflanzengewebe, die aus komplexem Kohlenstoff bestehen, in einfachere Formen von Kohlenstoff zerlegt werden. Das Element Kohlenstoff (C) ist die Grundlage allen Lebens auf der Erde und ist Teil des Ozeans, der Luft, der Felsen und sogar von uns. Im Rahmen des **Kohlenstoffkreislaufs** wechselt Kohlenstoff zwischen verschiedenen Formen. In der Atmosphäre verbindet sich der Kohlenstoff mit Sauerstoff und bildet ein Gas namens Kohlendioxid (CO₂). Pflanzen brauchen CO₂, Wasser, **Nährstoffe** und Sonnenlicht, um zu wachsen. Der Kohlenstoff wird von den Pflanzen in Form von komplexen Verbindungen aufgenommen. Schließlich sterben die Pflanzen ab und zersetzen sich. Im Rahmen des Zersetzungsprozesses wird ein Teil des Kohlenstoffs als CO₂ in die Luft freigesetzt und ein Teil des Kohlenstoffs im Boden gespeichert. Andere Nährstoffe, wie Stickstoff und Phosphor, werden ebenfalls von den abgestorbenen Pflanzen freigesetzt und düngen den Boden [...].

NÄHRSTOFFE

Stoffe, die die für Wachstum und Leben notwendige Nahrung liefern.

MIKROBIELLE GEMEINSCHAFTEN

Gruppen von Mikroorganismen (Lebensformen, die oft zu klein sind, um sie zu sehen),

WISSEN SIE, WIE SICH TOTE PFLANZEN ZERSETZEN?

Mikroben, also winzige lebende Organismen wie Bakterien und Pilze, bauen Pflanzengewebe ab und nutzen es als Nahrung und Energiequelle. Mikroben leben auf allen Teilen der Erde. Wenn verschiedene Arten von Mikroben gemeinsam an einem Ort vorkommen,

wie z. B. Bakterien und Pilze, die sich einen gemeinsamen Lebensraum teilen.

bezeichnen WissenschaftlerInnen sie als **mikrobielle Gemeinschaften**. Obwohl diese Gemeinschaften aus Millionen einzelner Mikroben bestehen, sind sie so klein, dass wir sie nicht sehen können; sie sind wie unsichtbare Städte, die mitten unter uns leben. Aber nur weil sie klein sind, heißt das nicht, dass sie nicht wichtig sind.

Mikroben Gemeinschaften sind für das Leben auf der Erde von entscheidender Bedeutung. Eine der wichtigsten Aufgaben der mikrobiellen Gemeinschaften besteht darin, tote Pflanzen und Tiere zu zersetzen, um den Kohlenstoffkreislauf zu unterstützen und Nährstoffe in den Boden zu bringen [...]. Während die Mikroben den Kohlenstoff aus den abgestorbenen Pflanzen nutzen, geben sie einen Teil davon als CO₂ in die Luft ab und speichern einen Teil des Kohlenstoffs im Boden. Dieser Bodenkohlenstoff nimmt viele Formen an. Zum Beispiel wird ein Teil des Kohlenstoffs in die Zellen der Mikroben eingebaut, wenn sie wachsen, und ein Teil des Kohlenstoffs trägt zur Bildung neuer Bodenpartikel bei oder haftet an älteren Bodenpartikeln. [...]

Die Kompostierung beschleunigt den natürlichen Zersetzungsprozess, indem sie Bedingungen schafft, die es den mikrobiellen Gemeinschaften ermöglichen, besonders effizient zu arbeiten. Die Zersetzung findet jedoch nicht nur im Kompost statt, sondern ist auch in der natürlichen Umwelt von wesentlicher Bedeutung. Was passiert, wenn die Blätter von den Bäumen fallen? Nun, in Ihrem Garten könnten Sie sie zusammenharken und in ihnen herumspringen. Aber was wäre, wenn Sie das nicht täten? Sie würde sich das Laub nicht Jahr für Jahr höher und höher aufürmen. Sie würden schließlich von Mikroben zersetzt, genau wie das Material in einem Komposthaufen. [...]

WARUM SIND WISSENSCHAFTLER:INNEN DARAN INTERESSIERT, MEHR ÜBER DIE ZERSETZUNG ZU ERFAHREN?

Zersetzung ist ein Teil des Recyclingprozesses der Natur. Sie ist nicht nur ein Ende, sondern auch ein Anfang. Sie ist Teil des globalen Kohlenstoffkreislaufs, der für das Leben auf der Erde entscheidend ist. Insbesondere bei pflanzlichem Material in natürlichen Ökosystemen wollen die Forscher wissen, wie sich die Zersetzung auf die Bodenqualität auswirkt und wie sich die Zersetzung mit dem Klimawandel verändern könnte. Werden wärmere Temperaturen die Zersetzung beschleunigen, so dass mehr CO₂ in die Atmosphäre gelangt? Möglicherweise, aber die mikrobiellen Gemeinschaften arbeiten in wärmeren Klimazonen nicht mehr so schnell, oder sie wechseln ihre Nahrungsgrundlage. Der Zersetzungsprozess wird durch ein komplexes Zusammenspiel vieler Faktoren angetrieben, und wir wissen noch nicht, wie sie alle zusammenwirken. [...]

Albright M und Martiny J (2018) Is Throwing an Apple Core Out of the Car Littering? - Microbial Communities in Natural Composting. Front. Young Minds. 6:13. doi: 10.3389/frym.2018.00013
<https://kids.frontiersin.org/article/10.3389/frym.2018.00013>

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieses Textes die folgenden Fragen:

- *Warum sind Mikroben für die Kompostierung wichtig?*
- *Wie kann der Kompost in Ihrem Garten dazu beitragen, die globale Erwärmung zu reduzieren?*

Recycling auf den Garten ausdehnen

Nach Angaben der US-Umweltschutzbehörde machen Gartenabfälle und Lebensmittelabfälle zusammen etwa ein Viertel der festen Siedlungsabfälle des Landes aus.⁴¹ Wenn diese organischen Abfälle auf Mülldeponien entsorgt werden, wird ein Großteil des Kohlenstoffs unterirdisch gespeichert, aber der Abfall, der sich zersetzt, setzt Methan [CH₄] frei - ein Gas, das die Wärme 23-mal stärker einfängt als CO₂. Weltweit macht das auf Deponien und anderen Mülldeponien erzeugte Methan etwa 4 bis 4 Prozent aller vom Menschen verursachten wärmeableitenden Gase aus.⁴² GärtnerInnen können dazu beitragen, die mit der Abfallentsorgung verbundene Verschmutzung durch die globale Erwärmung zu verringern, indem sie Laub, Gras, holzige Gartenabfälle, abgestorbene Gartenpflanzen und Küchenabfälle zu Mulch oder Kompost verarbeiten und dann im Garten verwenden. Das "Recycling" dieser Abfälle verringert nicht nur die Methanemissionen aus den Deponien, sondern verbessert auch den Gartenboden und hilft ihm, Kohlenstoff zu speichern.

Kompost, eine beliebige Mischung aus verrottenden organischen Materialien (z. B. Laub, Tiermist, Lebensmittelabfälle), entsteht durch einen natürlichen Prozess, bei dem Bakterien, Pilze und andere Organismen Abfälle zu einem nährstoffreichen Bodenverbesserungsmittel abbauen. Bei der Kompostierung entstehen zwar Treibhausgase, aber Studien zeigen, dass die besten Verfahren zur Herstellung und Verwendung von Kompost geringere Auswirkungen auf das Klima haben als Deponien.^(43,44,45) [..]

22) Lindemann, W.C., and C.R. Glover. 2003. Nitrogen fixation by legumes. New Mexico State University Cooperative Extension. Online at http://aces.nmsu.edu/pubs/_a/a-129.pdf, Zugriff am January 12, 2010

41) Environmental Protection Agency. 2009c. Composting. Online unter <http://www.epa.gov/waste/conserve/rrr/composting/index.htm>, Zugriff am 1. Februar 2010.

42) Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006b. Solid waste disposal. In: IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Volume 5: Waste.. Online unter http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf, Zugriff am 27. Februar 2010

43) Lou, X.F., und J. Nair. 2009. The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions: A review. *Bioresource Technology* 100:3792–3798.

44) Brown, S., C. Kruger, und S. Subler. 2008. Greenhouse gas balance for composting operations. *Journal of Environmental Quality* 37:1396-1410.

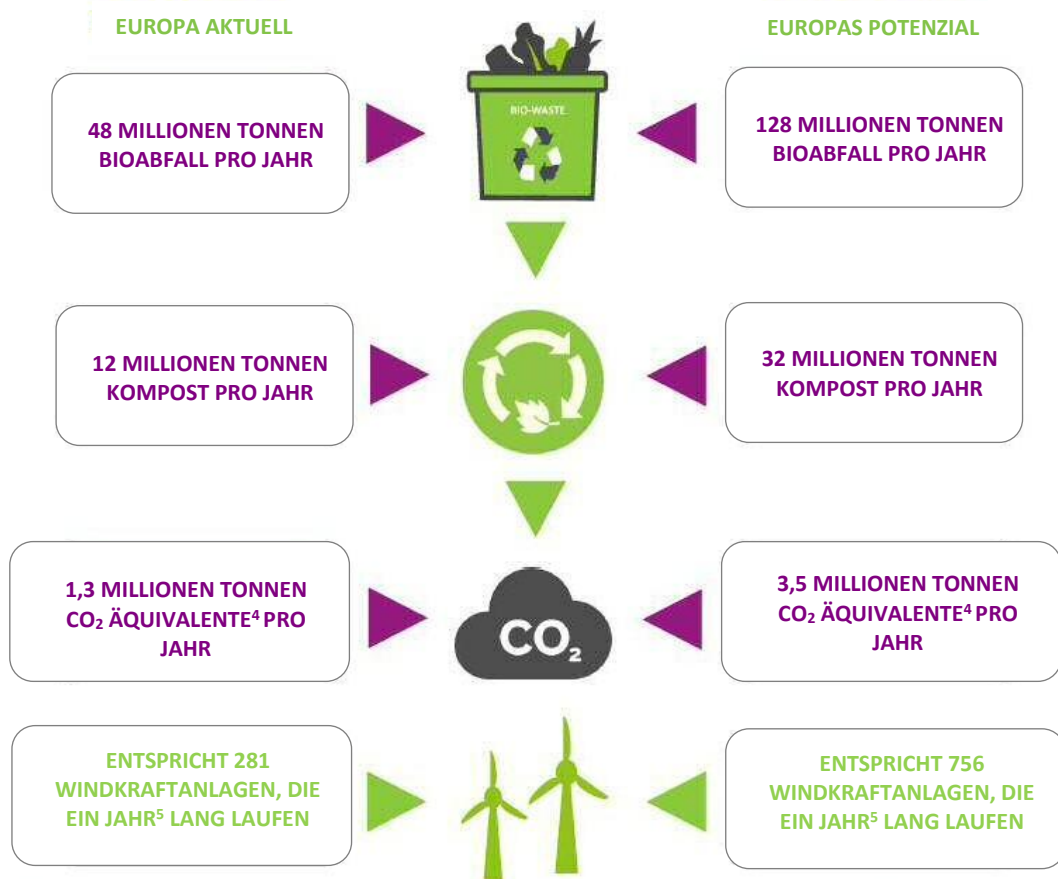
45) Recycled Organics Unit. 2003. Life cycle inventory and life cycle assessment for windrow systems. Report prepared for NSW Department of Environment and Conservation (Sustainability Division). Sydney: The University of New South Wales.

Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abrufbar unter <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieser Grafik die folgende Frage:

- *Wie kann der Kompost in Ihrem Garten dazu beitragen, die globale Erwärmung zu verringern?*

Kohlenstoffspeicherung im Boden - Europäisches Potenzial von Bioabfällen



³. In 2018 approximately 48 million tonnes of bio-waste was treated, resulting in an estimated 12 million tonnes of compost (74% of the total) and 4 million tonnes of anaerobic digestate (26% of the total). This assumes a 33% conversion of bio-waste into compost and digestate. Scaling up, the median value of 118-138 million tonnes of bio-waste was taken, and it was assumed that there would be a pro-rata increase in compost and digestate production (i.e. 74% of the total would be compost and 26% digestate).

⁴. Calculations based on Gilbert *et al.* (2020); see footnote 2. A C-sequestration rate of 50 kg soil organic carbon per tonne of compost (dry matter; or 30 kg on a fresh mass basis) was assumed; however, as soil and climatic conditions differ widely across Europe, this rate will vary between regions and member states.

⁵. www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator

Abbildung ‚Europas Potenzial von Bioabfällen‘, eigene Übersetzung nach

[https://www.compostnetwork.info/wordpress/wp-](https://www.compostnetwork.info/wordpress/wp-content/uploads/200525_ECN_Factsheet_1_Carbon-lagerung.pdf)

[content/uploads/200525_ECN_Factsheet_1_Carbon-lagerung.pdf](https://www.compostnetwork.info/wordpress/wp-content/uploads/200525_ECN_Factsheet_1_Carbon-lagerung.pdf) (31.03.21).

7 Düngemittel



Gruppenaufgabe - Düngemittel

Gestalten Sie in Ihrer Gruppe eine Informationstafel im Rahmen eines Lernpfades für Ihre Mitstudierende. Das allgemeine Thema dieses Lernpfades ist "Der Kohlenstoffkreislauf in unserem Schulgarten".

Inhalt

Ihre Informationstafel sollte ...

... die Rolle von Düngemitteln im Kohlenstoffkreislauf beschreiben.

... beschreiben, wie die Freisetzung von Kohlenstoff durch den Einsatz von Düngemitteln im Garten reduziert werden kann.

... das industrielle Stickstofffixierungsverfahren, das zur Herstellung von Bestandteilen synthetischer Düngemittel verwendet wird, benennen.

Aufbau

Ihre Informationstafel sollte Folgendes enthalten:

- einen Titel
- einen informativen Text
- Illustrationen (z. B. Fotos, Diagramme, ...)
- ein Quiz oder Fragen für die BesucherInnen Ihrer Informationstafel

Quellen

Verwenden Sie die folgenden Quellen, um Informationen über Ihr Unterthema zu sammeln.

- Marinelli J: Your Yard Is a Stealthy Fossil Fuel Guzzler - Give It a Climate Makeover, 22.03.2019. Abgerufen von <https://www.audubon.org/news/your-yard-stealthy-fossil-fuel-guzzler-give-it-climate-makeover> (31.03.2021).
- Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abrufbar unter <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).
- Sedlacek C, Giguere A und Pjevac P (2020) Is Too Much Fertilizer a Problem? Front. Young Minds. 8:63. doi: 10.3389/frym.2020.00063
- Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abrufbar unter <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021)

Aufgabe: Beantworten Sie anhand des Textes die folgende Frage:

- *Wie wirken Düngemittel, die im Garten verwendet werden, als Kohlenstoffsinken/-quellen?*

Minimieren Sie kohlenstoffhaltige Inputs

[...] Synthetische Düngemittel - vor allem solche auf Stickstoffbasis - erfordern bei ihrer Herstellung viel Energie, wodurch eine beträchtliche Menge an CO₂ entsteht.¹⁴ Auch organische Düngemittel auf Stickstoffbasis (Kompost, Tierdung) können zusätzliche wärmespeichernde Gase erzeugen, vor allem, wenn der Zeitpunkt und die Menge des Düngers nicht genau abgestimmt sind.¹⁵ Auf den landwirtschaftlichen Betrieben in den USA nehmen die Pflanzen weniger als die Hälfte des ausgebrachten Stickstoffdüngers auf. Ein Teil des Überschusses fließt in Flüsse und andere Gewässer ab, ein Teil versickert im Grundwasser, und ein Teil wird in Lachgas umgewandelt - ein Gas, das die Wärme 320-mal stärker einfängt als CO₂.^{(16.) (17)} In ähnlicher Weise haben Studien ergeben, dass ein übermäßiger Einsatz von Düngemitteln in Hausgärten und auf Rasenflächen - insbesondere auf gut bewässerten Rasenflächen - eine Quelle für Lachgas sein kann.^{(18.) (19)}

Auch Pestizide (zu denen Insektizide, Herbizide und Fungizide gehören) tragen zur globalen Erwärmung bei. Wie synthetische Düngemittel benötigen auch Pestizide viel Energie für die Herstellung, die Verpackung und den Transport. Eine kürzlich durchgeführte Untersuchung von landwirtschaftlichen Betrieben zeigt, dass die Produktion von Herbiziden (Unkrautvernichter, die am schnellsten wachsende Klasse von Pestiziden, die im Garten verwendet werden²⁰) mehr Kohlenstoffemissionen verursacht als andere Arten von Pestiziden. Und Glyphosat - der Wirkstoff des weit verbreiteten Herbizids Roundup - gehört zu den kohlenstoffintensivsten.²¹

14) Lal 2004.

15) Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006a. N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. In: IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Online unter http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf.

16) Environmental Protection Agency. 2010. Nitrous oxide: Science. Online unter <http://www.epa.gov/nitrousoxide/scientific.html>, Zugriff am 28. Januar 2010.

17) Environmental Protection Agency. 2009b. Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990–2007. Online unter http://epa.gov/climatechange/emissions/downloads09/GHG2007entire_report-508.pdf, Zugriff am 28. Januar 2010.

18) Kaye, J.P., I.C. Burke, A.R. Mosier, and J.P. Guerschman. 2004. Methane and nitrous oxide fluxes from urban soils to the atmosphere. *Ecological Applications* 14(4):975–981.

19) Livesley, S.J., B.J. Dougherty, A.J. Smith, D. Navaud, L.J. Wylie, and S.K. Arndt. 2010. Soil atmosphere exchange of carbon dioxide, methane and nitrous oxide in urban garden systems: Impact of irrigation, fertilizer and mulch. *Urban Ecosystems*, January 9.

20) Kiely, T., D. Donaldson, and A. Grube. 2004. Pesticides industry sales and usage, 2000 and 2001 market estimates. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. Online unter <http://www.epa.gov/oppbead1/pestsales>, abgerufen am 11. Februar 2010.

21) Lal 2004.

22) Enyart, C. 2009.

Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abrufbar unter <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).

Aufgabe: Beantworte anhand des Textes die folgende Frage:

- *Wie wirken Düngemittel, die im Garten verwendet werden, als Kohlenstoffsinken/-quellen?*
- *Wie heißt das industrielle Stickstofffixierungsverfahren, das zur Herstellung von Bestandteilen synthetischer Düngemittel hergestellt werden?*

Ist zu viel Düngemittel ein Problem?

Christopher J. Sedlacek ^{(1,2)*}, Andrew T. Giguere ^{1,3} und Petra Pjevac ^{1,4}

¹ Abteilung für Mikrobielle Ökologie, Zentrum für Mikrobiologie und Umweltsystemwissenschaften, Universität Wien, Wien, Österreich

² The Comammox Research Platform, Universität Wien, Wien, Österreich

³ Zentrum für mikrobielle Gemeinschaften, Universität Aalborg, Aalborg, Dänemark

⁴ Joint Microbiome Facility der Medizinischen Universität Wien und der Universität Wien, Wien, Österreich

**HABER-BOSCH-
VERFAHREN**

Ein industrielles Stickstofffixierungsverfahren, das in einem Labor durchgeführt werden kann, um Düngemittelkomponenten herzustellen. Es wurde von den Wissenschaftlern Fritz Haber und Carl Bosch entdeckt und ist nach ihnen benannt.

Wie bereits erwähnt, liegt der meiste Stickstoff auf der Erde als Stickstoffgas vor, das für Pflanzen und Tiere unbrauchbar ist. In den frühen 1900er Jahren entdeckten Wissenschaftler, wie man Stickstoffgas aus der Atmosphäre in stickstoffhaltige Verbindungen umwandeln kann, die zur Düngung von Böden verwendet werden können [...]. Diese industrielle Fixierung wird als Haber-Bosch-Verfahren bezeichnet. Fast der gesamte Stickstoff in industriellen Düngemitteln wird durch das Haber-Bosch-Verfahren gebunden.

Diese industrielle Fixierung von Stickstoff wird in Chemielabors und großen Fabriken auf der ganzen Welt durchgeführt. Für das Haber-Bosch-Verfahren muss Stickstoffgas mit Wasserstoffgas (H₂) gemischt und unter enormen Druck gesetzt werden (200-facher Atmosphärendruck). Das ist der Druck, den Sie spüren würden, wenn Sie 2.000 Meter unter dem Meer tauchen würden - das ist eine längere Strecke als 6 übereinander gestapelte Eifeltürme! Dieses unter Druck stehende Gasgemisch wird dann auf sehr hohe Temperaturen (450°C/842°F) erhitzt. Um diese hohen Drücke und Temperaturen aufrechtzuerhalten, ist eine enorme Menge an Energie erforderlich. Schätzungen zufolge verbraucht das Haber-Bosch-Verfahren jährlich 1-2 % der weltweiten Energieversorgung [2].

[1] Erisman, J. W., Galloway, J. N., Dice, N. B., Sutton, M. A., Bleeker, A., Grizzetti, B., et al. 2015. Nitrogen: Too Much of a Vital Resource. Science Brief. Zeist: WWF Netherlands.

Aufgabe: Beantworten Sie anhand dieses Textes die folgende Frage:

- *Wie können Sie die durch den Einsatz von Düngemitteln in Ihrem Garten verursachte Kohlenstofffreisetzung verringern?*

Wie Sie den Einsatz von Chemikalien in Ihrem Garten begrenzen können

Wählen Sie nicht-synthetische Produkte. Die Zahl der US-Haushalte, die nicht-synthetische Düngemittel und Produkte zur Insekten- und Unkrautbekämpfung verwenden, ist von schätzungsweise 5 Millionen Haushalten im Jahr 2004 auf 12 Millionen im Jahr 2008 gestiegen.⁸ Eine organische Düngemittelloption, kompostierter Mist, hat einen kleineren Kohlenstoff-Fußabdruck als industrieller Dünger.⁹ Und im Vergleich zu chemischen Pestiziden sind organische Mittel wie Bierköder für Schnecken, insektizide Seifen, Neemöl sowie Pulver und Sprays, die aus dem natürlich vorkommenden Bt-Bakterientoxin gewonnen werden, klimafreundlicher und sicherer für Haustiere, Kinder und Wildtiere.

Wechseln Sie einjährige Pflanzen ab. Wenn Sie einen großen Gemüsegarten haben, pflanzen Sie nicht jedes Jahr die gleichen Pflanzen an der gleichen Stelle. Ein vierjähriger Fruchtwechsel (z. B. Blattgemüse, Früchte (wie Tomaten), Wurzelgemüse, Hülsenfrüchte [wiederholen])¹⁰ kann verhindern, dass bestimmte Schädlinge und Krankheiten Fuß fassen, und macht es einfacher, sie ohne Chemikalien zu bekämpfen. Außerdem benötigen Sie weniger Dünger, wenn Sie Hülsenfrüchte mit Nicht-Hülsenfrüchten abwechseln, da Hülsenfrüchte Stickstoff im Boden hinterlassen.

Kennen Sie Ihren Düngerbedarf. Viele Gärtner schätzen einfach, was ihr Boden braucht, wenn sie Kompost oder andere Düngemittel ausbringen. Das Ergebnis ist, dass viele entweder zu wenig oder zu viel Dünger ausbringen. [...] Standard-Bodentests sind kostengünstig und messen den Phosphor-, Kalium-, Kalzium- und Magnesiumgehalt, den pH-Wert des Bodens und andere Indikatoren.

8) National Gardening Association. 2008. Garden market research: How many organic gardeners are there? Online at <http://www.gardenresearch.com/home?q=show&id=2896>, abgerufen am 11. Februar 2010.

8) Lal, R. 2004. Carbon emissions from farm operations. *Environment International* 30:981–990.

9) Kuepper, G., and L. Gegner. 2004. Organic crop production overview: Fundamentals of sustainable agriculture. ATTRA publication IP170. Fayetteville, AR: National Sustainable Agriculture Information Service. Online unter <http://attra.ncat.org/attra-pub/organiccrop.html>, Zugriff am 2. März 2010.

Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abgerufen von <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021)

Aufgabe: Beantworten Sie anhand des Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirken Düngemittel, die im Garten verwendet werden, als Kohlenstoffsinken/-quellen?*
- *Wie kannst du die Freisetzung von Kohlenstoff durch den Einsatz von Düngemitteln in deinem Garten verringern?*

Schluss mit der Düngemittelgewohnheit

[...] "Die meisten Gärtner sind überrascht, wenn sie erfahren, dass die Verwendung von Stickstoffdüngern einer der größten Verursacher von Treibhausgasemissionen bei der Gartenarbeit und der Rasenpflege ist", sagt David Wolfe, Professor für Pflanzen- und Bodenökologie an der Cornell University. Synthetische Düngemittel sind in der Herstellung extrem energieintensiv - für jede Tonne Stickstoff gelangen laut Wolfe vier bis sechs Tonnen Kohlenstoff in die Atmosphäre. Außerdem liefern die meisten Düngemittel mehr Stickstoff, als die Pflanzen aufnehmen können, und die Mikroben im Boden wandeln den überschüssigen Stickstoff in Lachgas um, das 300 Mal mehr Wärme speichern kann als CO₂.

Sowohl bei der Verwendung synthetischer als auch organischer Düngemittel wird Lachgas freigesetzt. Organische Düngemittel sind jedoch besser als synthetische, da die enormen CO₂-Emissionen, die bei der Herstellung entstehen, größtenteils entfallen. Und wenn Sie Gartenabfälle, die in Ihrem eigenen Garten kompostiert wurden, als Hauptnahrungsquelle für Ihre Pflanzen verwenden, vermeiden Sie auch die Treibhausgasemissionen, die mit der Verpackung und dem Transport von im Laden gekauften Produkten verbunden sind. [...]

Marinelli J: Your Yard Is a Stealthy Fossil Fuel Guzzler - Give It a Climate Makeover, 22.03.2019. Abgerufen von <https://www.audubon.org/news/your-yard-stealthy-fossil-fuel-guzzler-give-it-climate-makeover> (31.03.2021).



Gruppenaufgabe

Gestalten Sie in Ihrer Gruppe eine Informationstafel im Rahmen eines Lernpfades für Ihre Mitstudierende. Das allgemeine Thema dieses Lernpfades ist "Der Kohlenstoffkreislauf in unserem Schulgarten".

Inhalt

Ihre Informationstafel sollte ...

- ... die Rolle von motorbetriebenen Gartengeräten im Kohlenstoffkreislauf beschreiben.
- ... beschreiben, wie Sie die Freisetzung von Kohlenstoff durch Gartenpflege reduzieren können.
- ... den Beitrag von mit fossilen Brennstoffen betriebenen Motoren zum globalen Klimawandel beschreiben.
- ... (ODER die Rolle der fossilen Brennstoffe im globalen Kohlenstoffkreislauf beschreiben)

Aufbau

Ihre Informationstafel sollte Folgendes enthalten:

- einen Titel
- einen informativen Text
- Illustrationen (z. B. Fotos, Diagramme, ...)
- ein Quiz oder Fragen für die BesucherInnen Ihrer Informationstafel

Quellen

Nutzen Sie die folgenden Quellen, um Informationen über Ihr Unterthema zu sammeln.

- Luterbacher C und Luterbacher J (2015) Break it Down! How Scientists are Making Fuel Out of Plants. Front. Young Minds. 3:10. doi: 10.3389/frym.2015.00010;
- Marinelli J: Your Yard Is a Stealthy Fossil Fuel Guzzler - Give It a Climate Makeover, 22.03.2019. Abgerufen von <https://www.audubon.org/news/your-yard-stealthy-fossil-fuel-guzzler-give-it-climate-makeover> (31.03.2021).
- Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abrufbar unter <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).

Aufgabe: Beantworten Sie anhand des Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirken motorbetriebene Gartengeräte als Kohlenstoffsinken/-quellen?*
- *Wie lässt sich die durch die Gartenpflege verursachte Kohlenstofffreisetzung verringern?*

Minimieren Sie kohlenstoffemittierende Inputs

Die Art der Werkzeuge und Chemikalien, die Sie im Garten verwenden - was WissenschaftlerInnen als "Input" bezeichnen -, kann die Menge der wärmebindenden Gase beeinflussen, die Ihr Garten absorbiert oder abgibt. Benzinbetriebene Geräte wie Rasenmäher und Laubbläser sind offensichtliche Quellen von CO₂.

Nutzen Sie die Kraft des Menschen

Jäten, beschneiden und harken Sie Laub von Hand, wann immer dies möglich ist. Und wenn Sie einen Rasen haben, sollten Sie statt eines benzinbetriebenen Rasenmähers einen Schiebe- oder Elektromäher verwenden. Jede Gallone Benzin, die Sie verbrauchen, setzt 20 Pfund CO₂ in die Atmosphäre frei.⁶ Ein durchschnittlicher Rasenmäher stößt außerdem in einer Stunde so viel smogbildende Schadstoffe aus wie ein durchschnittliches Auto, das fast 200 Meilen fährt.⁷

Union of Concerned Scientists: The Climate-Friendly Gardener. A Guide to Combating Global Warming from the Ground, April 2010. Abgerufen von <https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/climate-friendly-gardener.pdf> (31.03.2021).

Aufgabe: Beantworten Sie anhand des Textes die folgenden Fragen:

- *Wie wirken motorbetriebene Gartengeräte als Kohlenstoffsinken/-quellen?*
- *Wie kann man die durch die Gartenpflege verursachte Kohlenstofffreisetzung reduzieren?*

Ihr Garten ist ein heimlicher Fossilbrennstoff-Fresser - geben Sie ihm ein Klima-Makeover

[...] Viele GärtnerInnen gehen davon aus, dass ihre Aktivitäten gut für das Klima sind, weil die Gärten voller Pflanzen sind, die Kohlendioxid, das führende Treibhausgas, absorbieren. Aber die Pflege eines typischen Gartens "ist unglaublich abhängig von fossilen Brennstoffen", sagt [Doug] Kent, der Autor von *A New Era of Gardening* (2001), dem ersten in den Vereinigten Staaten veröffentlichten Buch über kohlenstoffarmes Gärtnern. Er weist darauf hin, dass viele Gärten in Wirklichkeit mehr CO₂ erzeugen, als sie aufnehmen - oft sehr viel mehr. [...]

Entscheiden Sie sich für die Kraft des Menschen

In der Landschaftspflege kommt eine verblüffende Vielfalt an Elektrowerkzeugen zum Einsatz - nicht nur Rasenmäher und Gebläse, sondern auch Rasenkantenschneider, Heckenscheren, Unkrauthäcksler, Häcksler, Schredder, Gartenfräse und mehr.

Wenn Sie sich nicht auf Ihren Unkrautvernichter verlassen können, um Ihre Landschaft unter Kontrolle zu halten, was sollen Sie dann tun? Kent, der an der California State Polytechnic University, Pomona, ökologische Landschaftsgestaltung und -pflege lehrt, singt ein Loblied auf die Kraft des Menschen. Um den Beitrag Ihrer Landschaft zum Klimawandel zu verringern, sagt er: "Das Beste, was Sie tun können, ist, den Einsatz von Maschinen zu reduzieren". Und der Einsatz von Handwerkzeugen wie Spindelmähern und Harken ist ein gutes Training, fügt er hinzu. Dieser von Menschen betriebene Ansatz zur Landschaftsgestaltung ist durchaus machbar, wenn Sie die Größe Ihres Rasens reduzieren und wartungsintensive Elemente wie gepflegte Hecken vermeiden.

Einige Menschen haben ihre gasbetriebenen Gartengeräte gegen energieeffizientere - und leisere - elektrische Geräte ausgetauscht. Aber wenn Ihr Strom nicht aus Sonnen- oder Windenergie oder anderen erneuerbaren Quellen stammt, tragen sie immer noch zu den gesamten Kohlenstoffemissionen bei. [...]

Schluss mit der Wasservergeudung

[...] Als ob das nicht schon schlimm genug wäre, entfallen auf das Pumpen, die Aufbereitung und die Verteilung von Wasser [in Gärten] schätzungsweise 3 bis 4 Prozent des nationalen Stromverbrauchs [in den USA], was bedeutet, dass die Bewässerung für einen erheblichen Teil der CO₂-Emissionen verantwortlich ist.

Der effektivste Weg, die Wasserverschwendung zu stoppen, ist der Anbau von Pflanzen, die an die Bedingungen auf Ihrem Grundstück und die Niederschlagsmenge in Ihrer Region angepasst sind. Das Gießen von Hand ist die klimafreundlichste Art, sie bei Bedarf mit Wasser zu versorgen. [...]

Weg mit dem Rasen

Es überrascht nicht, dass das endlose Mähen, Sprengen, Düngen und Bewässern, das mit der Pflege von Rasenflächen verbunden ist, zu einer erheblichen Klimabilanz führt. [...] Wenn Sie Ihren Rasen durch einheimische Bäume, Sträucher und Bodendecker ersetzen, können Sie nicht nur die Treibhausgasemissionen Ihrer Landschaft reduzieren, sondern auch Vögel in Ihren Garten zurücklocken und dabei auch noch gut aussehen. [...]

Marinelli J: Your Yard Is a Stealthy Fossil Fuel Guzzler - Give It a Climate Makeover, 22.03.2019. Abgerufen von <https://www.audubon.org/news/your-yard-stealthy-fossil-fuel-guzzler-give-it-climate-makeover> (31.03.2021).

Aufgabe: Nutze die folgende Quelle, um die folgende Frage zu beantworten:

- *Wie tragen mit fossilen Brennstoffen betriebene Motoren zum globalen Klimawandel bei?*
- *ODER: Welche Rolle spielen die fossilen Brennstoffe im globalen Kohlenstoffkreislauf?*

Break it Down! Wie WissenschaftlerInnen Treibstoff aus Pflanzen herstellen

Celia E. S. Luterbacher ⁽¹⁾ , Jeremy S. Luterbacher ²

¹ Human Brain Project, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Schweiz

²

³ Institut für chemische Wissenschaften und Ingenieurwesen, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Schweiz ³
Center for Microbial

FOSSILE BRENNSTOFFE

Fossile Brennstoffe sind über Millionen von Jahren im Untergrund entstanden und bestehen aus organischen Stoffen, die aus dem Gewebe alter Pflanzen und Tiere stammen. Zu den fossilen Brennstoffen gehören Kohle, Erdgas und Erdöl. Erdöl kann zu anderen Brennstoffen, wie z. B. Diesel und Benzin, raffiniert werden.

GLOBALE ERWÄRMUNG

Wenn zu viel des Gases Kohlendioxid (CO₂) in die Atmosphäre gelangt, kann es die Sonnenstrahlen im Inneren der Atmosphäre abfangen. Dieses Phänomen wird als Treibhauseffekt bezeichnet und kann zu einem generellen Anstieg der globalen Temperaturen führen, der als globale Erwärmung bezeichnet wird.

Wenn Sie morgens mit dem Bus fahren, werden Sie wahrscheinlich mit Diesel oder Benzin angetrieben, die beide aus Erdöl hergestellt werden. Erdöl gehört zu den **fossilen Brennstoffen**, d. h. es wird aus zersetzten, versteinerten Organismen - wie alten Pflanzen, Plankton und Algen - hergestellt, die seit Millionen von Jahren unter der Erdoberfläche begraben sind.

Fossile Brennstoffe wie Erdöl, Erdgas und Kohle werden aus den Tiefen der Erde entnommen und zum Antrieb von Autos, zum Heizen von Gebäuden und zur Stromerzeugung verwendet. Erdöl kann auch zur Herstellung von Chemikalien auf Erdölbasis (Petrochemikalien) verwendet werden, die in vielen alltäglichen Dingen zu finden sind, wie z. B. in den Sohlen Ihrer Schuhe oder den Plastikbezügen der Bussitze.

Das Gute an fossilen Brennstoffen ist, dass sie eine hohe Energiedichte aufweisen, d. h. sie enthalten viel Energie pro Volumeneinheit. Das bedeutet, dass fossile Brennstoffe sehr gut geeignet sind, um Autos anzutreiben und Wärme zu erzeugen. Der Nachteil fossiler Brennstoffe besteht darin, dass die Erde nur über eine begrenzte Menge von ihnen verfügt. Da fossile Brennstoffe Millionen von Jahren brauchen, um sich zu bilden, werden wir sie irgendwann verbrauchen, bevor weitere hergestellt werden. Außerdem wird bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen oder Petrochemikalien das Gas Kohlendioxid (CO₂) freigesetzt. CO₂ ist als Treibhausgas bekannt, da es die Sonnenstrahlen in der Erdatmosphäre zurückhalten kann [...]. Die Verbrennung fossiler Brennstoffe erhöht die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, was zu Klimastörungen einschließlich der globalen Erwärmung führen kann. Wenn zu viel des Gases Kohlendioxid (CO₂) in die Atmosphäre gelangt, kann es die Sonnenstrahlen im Inneren der Atmosphäre einfangen. Dieses Phänomen wird als Treibhauseffekt bezeichnet und kann zu einem allgemeinen Anstieg der globalen Temperaturen, der so genannten globalen Erwärmung, führen.

((1)) [...].

(1) Tester, J. W. 2005. Nachhaltige Energie. Cambridge, MA: MIT Press.

Luterbacher C und Luterbacher J (2015) Break it Down! How Scientists are Making Fuel Out of Plants. Front. Young Minds. 3:10. doi: 10.3389/frym.2015.00010;
<https://kids.frontiersin.org/article/10.3389/frym.2015.00010>