

Phase	Inhalt	Sozialform/ Methode	Medien	Zeit
Sicherung	Besprechung der Notizen der SuS aus der Vorstunde → Verständnisfragen zur PPT bis dato? → Wiederholung so funktioniert der anthropogene Treibhauseffekt.			5 min
Erarbeitung I	PPP-Präsentation zum Treibhauseffekt letzte Folie: Die Treibhausgasemissionsquellen aus der Landwirtschaft	LSG	PPP	10 min
Erarbeitung II	Methode Placemet → Lösungsansätze suchen (In Vierergruppen: Das können wir Landwirte gegen den Klimawandel tun (vertretbar). → Pro Gruppe zwei Lösungsansätze vorstellen! Was Ihrer Ansicht nach im Bereich des Machbaren liegt. Was ist für Sie machbar und sinnig bzw. ökonomisch tragbar ist.	SA GA	Methode Placemet	25 min
Sicherung Tafel	Gruppen stellen ihre Ergebnisse vor. → speichert Treibhausgas CO₂ bzw. C ein und erhöht die Wasserhaltefähigkeit, weniger Erosionen, weniger Verschlammung, sichert Nährstoffverfügbarkeit, erhöht biologische Aktivität, besseres Krümelgefüge, Filter- und Puffervermögen	LSG		15 min + 10 min
Erarbeitung II	Wollen uns folgenden Fragestellungen nähern: <ol style="list-style-type: none"> Welche Rolle kann die Landwirtschaft bei der Bindung von CO₂ spielen? Welchen Nutzen kann die Landwirtschaft aus der C-Bindung im Boden ziehen? Zunächst ein paar Fakten (Tafel → S schreiben ab) Massenverhältnis von CO ₂ zu C von 1: 3,67. Das bedeutet: Aus der halben Tonne Kohlenstoff , die in einer Tonne Holz steckt, entstehen bei der Verbrennung etwa 1,83 Tonnen CO ₂ . Humus besteht zu etwa 50 % aus Kohlenstoff (C), (Bodenzustandserhebung des Thünen-Institut 2018): in Ackerböden = rund 96 Tonnen organischen Kohlenstoff pro Hektar → rund 350 Tonnen CO ₂ gebunden/ha. in Dauergrünlandböden = 135 Tonnen pro Hektar → rund 500 Tonnen CO ₂ gebunden/ha. Moorböden oder moorähnliche Böden haben zwar nur einen Anteil von sechs Prozent an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche, sie speichern mit 507 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar aber ein Vielfaches von dem → rund 1900 Tonnen CO ₂ /ha. Rund zwei Drittel des organischen Kohlenstoffs	LSG SA	AB I Maßnahmen Humusanreicherung	10 min + 15 min

	<p>befinden sich im Oberboden, das heißt also in den oberen 30 Zentimetern.</p> <p>S lesen den Text und Erarbeiten Rahmenbedingen Humusaufbau.</p> <p>Sicherung in der nächsten Stunde</p>			
--	--	--	--	--

Kohlendioxid hat eine molare Masse von 44 Gramm pro Mol – bei **Kohlenstoff** sind es 12 Gramm pro Mol. Somit ergibt sich ein Massenverhältnis von CO₂ zu **Kohlenstoff** von $44/12 = 3,67$. Das bedeutet: Aus der halben Tonne **Kohlenstoff**, die in einer Tonne Holz steckt, entstehen bei der Verbrennung etwa 1,83 Tonnen CO₂.

Nachdem Sie im letzten Beitrag erfahren haben, dass die CO₂ - Fixierung im Boden die Bodenfruchtbarkeit und die Ertragssicherheit erhöht und gleichzeitig durch die Bindung von CO₂ aus der Atmosphäre das Klima schützt, lesen Sie diesmal, wie viel Kohlenstoff in welchem Zeitraum durch Humusaufbau im Boden gebunden werden kann.

Das Potenzial unserer Böden

Das Thünen-Institut hat 2018 mit der „Bodenzustandserhebung Landwirtschaft“ einen aktuellen und einheitlichen Datensatz zur Situation des Kohlenstoffgehalts der Böden in Deutschland erarbeitet und veröffentlicht. Diese Bestandsaufnahme zeigt, dass landwirtschaftlich genutzte Böden derzeit rund **2,4 Milliarden** Tonnen Kohlenstoff speichern – und damit mehr als doppelt so viel CO₂ wie alle Bäume in den Wäldern Deutschlands zusammen.

Weiterhin geht die Studie der Frage nach, wie unterschiedliche Faktoren die Höhe des Humusgehalts im Boden beeinflussen. Die jeweilige Speicherleistung ergibt sich aus dem komplexen Zusammenspiel zwischen der Menge und Zusammensetzung der eingebrachten organischen Substanz sowie deren Umsetzung, Abbau und Stabilisierung im Boden. Diese Prozesse werden maßgeblich durch Bodeneigenschaften wie biologische Aktivität, Textur, pH-Wert, Wassersättigung und Sauerstoffverfügbarkeit, durch die Zusammensetzung der **eingetragenen organischen Substanz** sowie durch **Klimafaktoren** wie etwa Temperatur und Niederschlag beeinflusst. Die Humusgehalte in landwirtschaftlich genutzten Böden sind deshalb sehr variabel: Sie reichen von unter einem Masse-Prozent in sehr schwach humosen Böden bis zu 100 Prozent in Moorböden. „Die Höhe der Humusvorräte in unseren Böden wird [jedoch] in erster Linie durch Standortfaktoren beeinflusst. Auf der einzelnen Fläche bestimmen darüber hinaus die landwirtschaftliche Nutzung und Bewirtschaftung die Humusvorräte“¹.

Welche Maßnahmen bringen wie viel Kohlenstoff in den Boden?

Böden unter Dauergrünland weisen im Mittel **höhere Humusvorräte** auf als vergleichbare Böden unter Ackernutzung. Der ganzjährige Bewuchs, eine intensive Durchwurzelung sowie der übliche Einsatz von organischen Düngern führen auf vergleichbaren Standorten dazu, dass die Vorräte an organischem Bodenkohlenstoff unter Acker rund **ein Drittel niedriger** sind als bei Grünlandnutzung².

Aber auch beim Ackerbau haben Landwirte verschiedene Möglichkeiten, den Humusaufbau über den Eintrag von Pflanzenresten zu fördern: Dazu gehören insbesondere der **Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten** für eine möglichst ganzjährige Begrünung des Bodens, der Anbau mehrjähriger Kulturen wie z. B. Klee gras, der Verbleib von Ernteresten auf dem Acker sowie ein hohes und sicheres Ertragsniveau, das auch mit entsprechend großen Mengen von Ernterückständen einhergeht. So wurde nachgewiesen, dass die Vorräte an organischem

Kohlenstoff in Ackerböden durch langjährigen Zwischenfruchtanbau innerhalb von 20 Jahren im Mittel **um acht Tonnen Kohlenstoff pro Hektar** im Oberboden gesteigert werden konnten³.

»Hierbei ist jedoch nicht außer Acht zu lassen, dass durch die Düngeverordnung Grenzen zur Düngemenge und somit natürlich auch für die Humusanreicherung gesetzt sind.«

Auch die **organische Düngung**, insbesondere von Stallmist und Kompost, kann im Vergleich zu Ackerböden ohne organische Düngung wesentlich zum Aufbau von Humus beitragen und langfristig zwei **bis 22 Tonnen pro Hektar** mehr Kohlenstoff im Boden binden⁴. Geht man von zwei Tonnen Kohlenstoff pro Hektar aus, wäre bei einer Acker- und Grünlandfläche von ungefähr 16 Millionen Hektar in Deutschland eine Bindung von rund 32 Millionen Tonnen CO₂ denkbar. Bei dem aktuellen Preis eines CO₂-Zertifikats von etwa **25 € pro Tonne**⁵ würde dies einem Wert von rund 800 Millionen € oder 50 € pro Hektar entsprechen.

Bei der organischen Düngung ist jedoch nicht außer Acht zu lassen, dass durch die Düngeverordnung Grenzen zur Düngemenge und somit natürlich auch für die Humusanreicherung gesetzt sind.

Im ökologischen Landbau, bei dem ausschließlich organischer Dünger und kein mineralischer Dünger eingesetzt, wird mehr Klee gras oder Luzerne gras als stickstofffixierende und humusmehrende Kultur angebaut. Zusammen im globalen Durchschnitt ergibt sich daraus ein Potenzial, die Kohlenstoffvorräte im Boden im Vergleich zu konventionell bewirtschafteten Böden um etwa drei bis vier Tonnen pro Hektar zu erhöhen⁶.

Humusaufbau im Unterboden

Unterböden unterhalb von 30 cm Tiefe weisen **generell niedrigere Humusgehalte** auf als Oberböden und haben dadurch ebenfalls ein großes Potenzial, dauerhaft zusätzlichen organischen Kohlenstoff zu speichern. Durch tiefwurzeln de Pflanzen lässt sich mehr Humus in die Tiefe bringen. Auch Regenwürmer und ein durchlässiger, nicht verdichteter Boden sind dazu wichtig. Eine technische Maßnahme zur Kohlenstoffsequestrierung im Unterboden von Ackerflächen ist ein **Tiefumbruch**, bei dem humusreiches Oberbodenmaterial in den Unterboden eingepflügt und dort stabilisiert wird. Im Mittel werden hierdurch die Vorräte an organischem Bodenkohlenstoff **in Mineralböden um 15 Tonnen pro Hektar** erhöht⁷. Solche Maßnahmen sind jedoch wegen der hohen Kosten und möglicher negativer Nebenwirkungen **nicht auf allen Flächen sinnvoll nutzbar**.

Konservierende Bodenbearbeitung punktet nicht bei der Kohlenstoffspeicherung

Konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaatverfahren haben laut einer Studie von Luo et al. (2010)⁸ in den meisten Fällen keinen signifikanten Einfluss auf die Humusvorräte im Bodenprofil. Sie führen zwar zu einer Humusanreicherung in den obersten Zentimetern des Bodens, gleichzeitig aber auch zu einem Humusverlust in den darunterliegenden Bodenschichten.

Zeit spielt eine Rolle

Alle genannten Maßnahmen wirken in erster Linie über den erhöhten Eintrag an organischem Kohlenstoff humusaufbauend. Ihr Potenzial zur Kohlenstoffanreicherung in Böden ist damit sowohl **mengenmäßig als auch zeitlich begrenzt**, da sich ein neues Gleichgewicht zwischen Eintrag und Mineralisation von organischem Kohlenstoff einstellt. Entsprechend ist auch die Klimaschutzwirkung durch die zusätzliche Bindung von Kohlenstoff im Boden begrenzt.

Wird die humusaufbauende Maßnahme beendet, gehen die zuvor angereicherten Kohlenstoffvorräte rasch wieder verloren. Diese Zusammenhänge verdeutlichen, dass Klimaschutz durch Humusaufbau in jedem Fall Kontinuität erfordert. Außerdem steht ein vermehrter Humusaufbau in Konkurrenz zu anderen Zielen, wie beispielsweise der energetischen Verwertung von Ernteresten.

Welche weiteren Konkurrenzsituationen sich dadurch ergeben und welche Auswirkungen ein vermehrter Humusaufbau auf die Ökosysteme sowie die Nahrungsmittelproduktion hat, erfahren Sie im [nächsten Beitrag](#).

Quelle: <https://www.agrando.de/blog/dialog-humus/>