

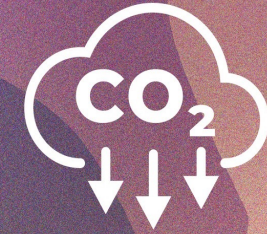
**BILDUNGS-
KONFERENZ**

**SCIENCE
WORKSHOP**

Education program

**STAKEHOLDER
WORKSHOP**

**CDR
DIALOG
2023**



**CO₂-ENTNAHME
MIT WISSENSCHAFT,
WIRTSCHAFT, POLITIK
UND BILDUNG
DISKUTIEREN**

**10. – 12. OKTOBER
DEUTSCHES MUSEUM, MÜNCHEN**

Teaching materials developed for the CDRterra education program were presented as part of the special exhibit for CDR at the Science Communication Lab of the Deutsches Museum.

The types of materials shown were:

1. Simulation game
2. Mysteries
3. Experiments for biology and chemistry classes on the principles of how some selected CDR methods work.

Simulation game

Infocards for the game



Aufforstung/Wiederaufforstung/Wiederherstellung von Wäldern

Beschreibung:
 Aufforstung: Schaffung neuer Wälder
 Wiederaufforstung: Ersatz von gefällten Bäumen in bestehenden Wäldern
 Wiederherstellung von Wäldern: Verbesserung des Zustands bestehender geschädigter Wälder zur Wiederherstellung der ökologischen Vielfalt

Zusätzliche Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> Verbesserte Biodiversität, Schutz vor Erosion und Überschwemmungen, verbesserter Bodenzustand Konkurrenz mit der Landwirtschaft um Landflächen Monokulturen von CO₂-absorbierenden Bäumen können die Artenvielfalt bedrohen. Wälder sind anfällig für Brände, Stürme, Krankheiten und Schädlinge. Zerstörte Wälder setzen gebundenes CO₂ frei. Verringerung der Albedo oder Erwärmung der Atmosphäre durch erhöhte Evapotranspiration. Sättigung: alte Wälder nehmen wenig oder kein CO₂ auf.
Bedenken	<ul style="list-style-type: none"> Zusätzliche Einkünfte für die Gemeinde durch Brennholz, Medikamente, Waldprodukte und Tourismus Verbesserte Luft- und Wasserqualität
potentielle soziale Auswirkungen	<ul style="list-style-type: none"> verbesserte Lebensmittelqualität mehr Einkommen für die Landwirtschaft durch verbesserte Erträge neue Investitionen benötigt für die Anschaffung neuer Maschinen bei der landwirtschaftlichen Methodenumstellung verbesserte Lebensgrundlage

Pflanzenkohle

Beschreibung:
 Bei der Verbrennung von Biomasse in einer sauerstoffarmen Umgebung (Pyrolyse) wird Pflanzenkohle (Biochar) hergestellt. Diese hat viele Verwendungsmöglichkeiten u.a. als Bodenverbesserer. Pflanzenkohle enthält sehr stabil und kann über lange Zeiträume, sogar Jahrhunderten, gespeichert werden.

Beschleunigte Verwitterung oder Mineralisierung

Beschreibung:
 Gesteine wie Basalt oder Olivin werden abgebaut, fein gemahlen und auf Böden oder im Meer ausgebracht. Sie reagieren mit dem CO₂ aus der Atmosphäre und bilden stabile Mineralien, in denen das CO₂ über lange Zeiträume gespeichert wird. Auch Abfallminerale aus dem Bergbau können verwendet werden, wenn sie mit der Kohlenstoffabscheidung aus Kraftwerken gekoppelt werden.

Kohlenstoffsequestrierung im Boden

Beschreibung:
 Auch bekannt als "Carbon Farming" oder "regenerative Landwirtschaft", steigert die Fähigkeit der Böden, mehr Kohlenstoff zu speichern durch Verbesserung und Modernisierung der Bewirtschaftungsmethoden. Beispiele: Umstellung zu Direktsaat, Fruchtfolge, Verwendung von Kompost, Agroforstwirtschaft, Weidemanagement.

Direkte Luftabscheidung und Kohlenstoffspeicherung (DACCS)

Beschreibung:
 CO₂ wird mechanisch direkt aus der Atmosphäre gesammelt und in flüssige oder feste CO₂-haltige Verbindungen umgewandelt. Das CO₂ kann aus diesen Verbindungen wieder extrahiert und für Produkte wie synthetische Kraftstoffe, gewächshäuserhaltige Getränke oder in geologischen Lagerstätten gespeichert werden.


Zusätzliche Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> benötigt keine großen Landflächen; keine Konkurrenz mit Nahrungsmittelproduktion das gewonnene CO₂ kann zur Herstellung von langlebigen kohlenstoffarmen Produkten wie Recycling Zement verwendet werden.
Bedenken	<ul style="list-style-type: none"> Hohe Energiekosten Je nach Art der Wiederverwendung des CO₂ kann es wieder in die Atmosphäre gelangen Der Transport des abgeschiedenen CO₂ zur Endlagerstätte erfordert eine komplexe Logistik (Pipeline, Frachtschiffe) und viel Kraftstoff. Die Injektion von CO₂ in geologische Formationen kann zu Erdbeben oder Bodenanstiegungen führen und unterirdische Mineralien beeinträchtigen.
Potentielle soziale Auswirkungen	<ul style="list-style-type: none"> Zusätzliche Arbeitsplätze in neuen Technologien werden geschaffen. CO₂ kann aus der Lagerstätte auslaufen und Grund- und Trinkwasser kontaminieren.

Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung (BECCS)

Beschreibung:
 Diese Methode umfasst zwei Prozesse: Zuerst wird Biomasse durch Verbrennung in Energie (Wärme, Strom oder Kraftstoffe) umgewandelt. Dabei wird das bei der Verbrennung freigesetzte CO₂ aufgefangen und gespeichert oder in anderen Produkten verwendet, wo es über einen langen Zeitraum gespeichert wird.

Simulation game

CDR Portfolio



CDR Portfolio – Kurzversion

CDR Methoden								
		Auffor- stung und Agroforst	Biokohle	Bodenkoh- lenstoffan- reicherung	Beschleu- nigte Ver- witterung	BECCS	DACCS	
Phase 1 (2025-2035) Anfangsfinanzierung €800 Millionen	max. Potential (Mt CO ₂ /Jahr)	6	5	4	3	1	1	
	Kosten (€ Mio/Mt CO ₂)	30	50	50	100	150	200	
	Investition (€ Mio)							Gesamt- investition
	Zielmenge CO ₂ zum Entnehmen (Mt CO ₂ /Jahr)							Gesamtziel- menge CO ₂
	Mt CO ₂ /Jahr tatsächlich entnommen 2030-2040							Mt CO ₂ - entnommen (/Jahr x 10)
						Gesamt Mt CO ₂ entnommen in 10 Jahren _____		
Phase 2 (2035-2045) Berechnete Neufinanzierung???	max. Potential (Mt CO ₂ /Jahr)	12	10	6	9	24	16	
	Kosten (€ Mio/Mt CO ₂)	50	40	30	50	100	75	
	Investition (€ Mio)							Gesamt- investition
	Zielmenge CO ₂ zum Entnehmen (Mt CO ₂ /Jahr)							Gesamtziel- menge CO ₂
	Mt CO ₂ /Jahr tatsächlich entnommen 2040-2050							Mt CO ₂ - entnommen (/Jahr x 10)
						Gesamt Mt CO ₂ entnommen in 10 Jahren _____		
					Gesamt Mt CO ₂ entnommen in 20 Jahren (Phase 1 + Phase 2) _____			

Mystery

CDRterra Logo des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Sommerzeit ist Grillzeit

Einstiegs Geschichte

Der Sommer ist da! Sonne, Strand, Meer und Eis. Der Grillsaison hat begonnen. Zum Supermarkt fahren und Grillfleisch besorgen: saftige Steaks oder schön pikant marinierte Nackensteaks. Und natürlich ist das Grillen nicht komplett ohne knackige Wurst. Während wir aber unser Sommergrillen genießen, sitzt Joselildo im Krankenhaus und bangt um das Leben seines Sohnes, der sich beim Baden etwas eingefangen hat.



Image created with DALL-E 2

CDRSynTra

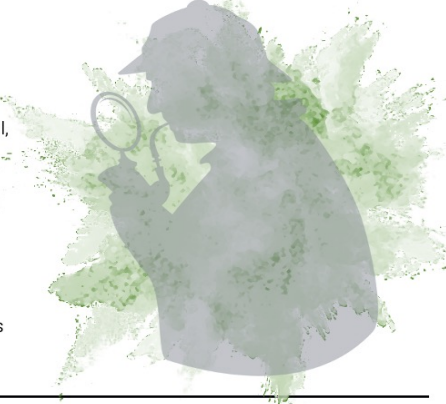
Mystery

CDRterra Logo des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Die Influencerin

Einstiegs Geschichte

Michele ist eine Influencerin mit 100K Followern. Sie zeigt auf ihrem YouTube Kanal, wie Mädchen sich schön schminken können, das richtige Auftragen von Mascara und Lippenstift oder auch welche Shampoos und Seifen die Haare und Haut geschmeidig machen. Eine Kosmetikfirma ist auf Michele aufmerksam geworden und hat ihr ein Angebot gemacht, ihre Kosmetika zu bewerben. „Schnelles Geld machen bei etwas wobei man noch Spaß hat?“, dachte Mina, „Gleich zuschlagen!“.



CDRSynTra

Mystery

CDRterra Logo des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Musik aus dem Wald

Einstiegs Geschichte

Taylor und Jason singen für ihr Leben gern. Dazu begleiten sie sich mit sehr schönen Gitarren aus hochwertigem Holz. Aber bald gibt es dieses Holz nicht mehr, und verbunden damit auch die Lebensgrundlage vieler Menschen, die wiederum zum Verschwinden des Holzes beitragen. Zac hat jedoch einen Weg gefunden, wie die Menschen sich nachhaltig selbst helfen können, und dass die Musik aus dem Wald noch über Generationen hinweg erklingen wird.

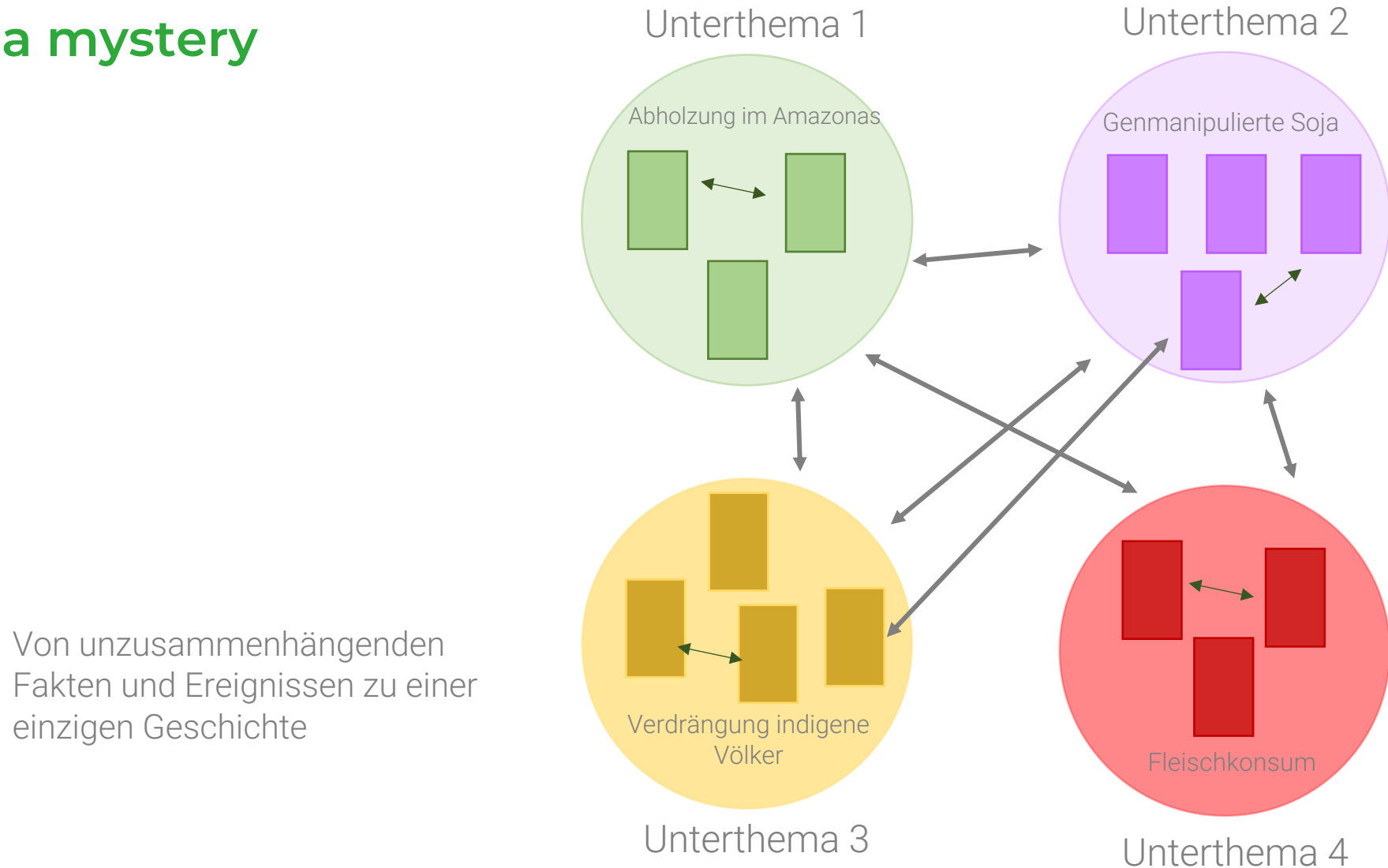


Image created with DALL-E 2

CDRSynTra

Mystery

How to solve a mystery



Sample cards for a mystery

Title:
If you barbecue, you're not just burning the coals.

Topics covered: deforestation, meat consumption, soya imports, social inequality

Mystery: It's summertime! The barbecue season is on. Everybody loves to barbecue, but Josemildo's son had to be brought to the hospital so you can enjoy your steak, burger and... what?

Mystery: It's summer, barbecue time! Everybody loves to barbecue, but why should Josemildo's son had to be brought to the hospital so you can enjoy your steak, burger and... what?

Clues out of 21: agribusinesses are involved in livestock farming. The majority of these is run by big business (green), which need massive amounts of feeds, many of which contain soy.

Meat sold in German supermarkets is cheap. The packaging is full of food quality labels including animal welfare (orange), which denote best product „Made in Germany“. However, there is no established label for deforestation-free supply chains.

A pig eats about 250 kg of feed before it is sold. German meat producers rely on soy protein to make that egg grow rapidly. In 2022 Germany imported 5.4 million tons of soy about half of these came from Brazil. * Wilhelm Windisch, TUM.

In 2008 the soy moratorium was passed in Brazil. This prohibits the clearing of forests for new soy plantations. As a result, forests previously cleared for grazing and now abandoned, have been converted to soybean plantations. More forests have been cleared for grazing cattle. The amount of land in Brazil covered by soy has risen to more than 300,000 square kilometers.

The village of Mundurucu in the rainforest has a direct link to the schooner that ends up in places in Hannover or Hamburg. Ships, which transport the soy oil down the Amazon over the Atlantic to Europe. To farm soy used in meat production in Europe, Brazilian rainforests are being cut down.

Eighty percent of global soy production goes to the livestock industry. In the EU, soy (orange) is added to animal feed for farmers, no matter what kind of livestock they maintain and what they produce.

ROUND TABLE ON RESPONSIBLE SOY ASSOCIATION?

What is the Round Table on Responsible Soy Association?

Only a small amount intended for direct human consumption, in the form of tofu or soy milk is certified by the RTRS. Of the 350 million tons of soy that were harvested around the world in 2021, RTRS only certified 4.6 million tons, slightly over 1 percent of the total.

In the past, fish was abundant in the rivers. The river was even a source of drinking water. Now the waters are poisoned by pesticides used in nearby soy plantations.

Children from Mundurucu and Josemildo's village get rashes after swimming in the pesticide and herbicide contaminated rivers.

This plane is spraying pesticides above the Amazon forest. Large-scale planting of transgenic crops encourages the use of pesticides, and much of what is sprayed is washed through drift to neighboring areas.

By 2050, current trends in agricultural expansion will eliminate a total of 40% of Amazon forests, including at least two thirds of the forest cover of six major watersheds and 12 ecoregions, releasing carbon into the atmosphere... equivalent to four years of current annual emissions world wide.

Nature, March 2006 ¹⁷

Left is forest, on the right fields. Large tracts of Amazon forest have been cleared to give way to agriculture.

Old, burn, pile-up and burn again: that is how to transform a rainforest for agriculture. The logs are piled up in rows, which will later be burned again.

To increase the sales of their herbicide product (Round up), Bayer and Cargill sell the farmers genetically manipulated soybeans for planting, which should be maintained in weed-free farms.

Round up™ is a glyphosate-based carcinogenic herbicide. It kills all weeds and other useful ground cover plants, which are important food for many insects.

Cargill sells gene-manipulated soy from Bayer for planting to farmers. The soy needs a lot of fertilizer to grow fast. It is also sensitive to weeds. Bayer and Cargill sells the fertilizer and herbicides to the farmers.

Soybean plantations are moving nearer and nearer to their village, affecting the quality of their environment as well as their livelihoods.

AREA OF SOYA PRODUCTION IN MATO GROSSO

(million of hectares)

Source: CDR4U - available till: July 2019

The Cargill agribusiness company built a soy terminal near Josemildo's village. This made the export of soy easier. Infrastructure was built causing real estate prices to skyrocket. Landgrabbing and murders led to fights over forestland increased.




A soy port operated by Cargill has improved marketing for soy but has done little to help the rainforest. 81% of the Brazilian soybeans that ended up in Europe were grown on illegally deforested fields.

From space, you can clearly see the human impact on the Amazon

Due to the sheer size of the Amazon, it is extremely difficult to track illegal forest clearings. To evade the satellites, soybean farmers, property speculators and loggers often start fires when the cloud cover is so thick that the smoke cannot be seen.

Pesticides and herbicides can cause severe skin conditions such as allergic contact dermatitis, photosensitization dermatitis, primary irritant dermatitis, blistering, pain, long, hyperpigmentation of the affected area, skin burning, skin cancer, and other irritations.

Deforestation in the Amazon is increasing. In 2021, Brazil lost 12,000 square kilometers of forest, an area the size of the state of Rio de Janeiro.

<p>Experiment</p> <p>Einfache Methode zur Messung der Gaslöslichkeit in einer Wasserprobe</p>  <p>Die Fähigkeit des Wassers, Gas zu lösen bzw. aufzunehmen, hängt von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem Temperatur, Salzgehalt, Partialdruck des Gases in der umgebenden Luft und pH. Hier ist eine einfache Methode zur Bestimmung der Löslichkeit eines Gases in Wasser beschrieben. Hierfür werden ein kleines Volumen von Wasser und wiederverwendbare, nicht zerbrechliche Materialien benutzt.</p> <p>CDRterra</p> <p>CDRSyntra</p>	<p>Experiment</p> <p>Wie Pflanzen atmen</p>  <p>An der Unterseite von Blättern sind kleine Öffnungen (Stomata), die beim Gas- und Wasseraustausch zwischen der Pflanze und der Umgebungsluft eine wichtige Rolle spielen. Wie verhalten sich diese in Trockenperioden? Was sind die Folgen für Pflanzen, die lange Zeit ohne Regen auskommen müssen?</p> <p>CDRterra</p> <p>CDRSyntra</p>	<p>Experiment</p> <p>Wie kalt oder warm darf es sein?</p>  <p>Dieses einfache klassische Experiment wurde abgewandelt, um zu zeigen, dass Pflanzen Veränderungen der Temperatur und der CO₂-Konzentration bis zu einem bestimmten Minimum und Maximum standhalten können. Das Experiment ist auch für kleine Kinder geeignet.</p> <p>CDRterra</p> <p>CDRSyntra</p>	<p>Experiment</p> <p>Die Stabilität des Kohlenstoffs in Pflanzenkohle</p>  <p>Pflanzenkohle (Biochar) kann nur dann eine wirksame Form der Kohlenstoffspeicherung sein, wenn der enthaltene Kohlenstoff fest gebunden ist. Vor allem, wenn sie auf Feldern ausgebracht wird, wo sie mit Substraten wie H₂O und Säuren reagieren kann. Pflanzenkohle und Holzasche kommen aus dem gleichen Ausgangsmaterial und bestehen zum größten Teil aus Kohlenstoff. Doch wie stabil ist der in beiden enthaltene Kohlenstoff?</p> <p>CDRterra</p> <p>CDRSyntra</p>
1	2	3	4
<p>Experiment</p> <p>Beschleunigte Verwitterung</p>  <p>Die Verwitterung von Gesteinen ist ein natürlicher Prozess, der CO₂ aus der Atmosphäre entnimmt. Die Zeitskala für Gesteinsverwitterung liegt aber in der Größenordnung von Tausenden von Jahren. Wie kann dieser Prozess beschleunigt werden, um den Klimawandel wirksam abzumildern?</p> <p>CDRterra</p> <p>CDRSyntra</p>	<p>Experiment</p> <p>Wie wirkt sich Pflanzenkohle auf den Nährsalzhaushalt des Bodens?</p>  <p>Pflanzenkohle, ein kohlenstoffreiches Material, wird Landwirten als Bodenverbesserungsmittel empfohlen, da sie die Fähigkeit des Bodens, Nährstoffe zu speichern, verbessern soll. Stimmt das? Wir finden es in diesem Experiment heraus.</p> <p>CDRterra</p> <p>CDRSyntra</p>	<p>Experiment</p> <p>Ist Pflanzenkohle so gut wie behauptet?</p>  <p>Der Pflanzenkohle wird nachgesagt, dass sie die Wasserspeicherungsfähigkeit des Bodens verbessert. Wann ist diese Eigenschaft von Vorteil für Pflanzen und wann eher nicht?</p> <p>CDRterra</p> <p>CDRSyntra</p>	<p>Experiment</p> <p>Pflanzenkohle als Wasserspeicher</p>  <p>Durch Einbringung von Pflanzenkohle in den Boden soll die Speicherfähigkeit für Wasser erhöht und damit eine langfristige Verbesserung der Wasserversorgung der Pflanzen erreicht werden, besonders bei langanhaltenden Trockenperioden. Wir testen mit diesem Experiment, wie gut Pflanzenkohle Wasser speichern kann.</p> <p>CDRterra</p> <p>CDRSyntra</p>

Experiment



GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Die Stabilität des Kohlenstoffs in Pflanzenkohle



Pflanzenkohle (Biochar) kann nur dann eine wirksame Form der Kohlenstoffspeicherung sein, wenn der enthaltene Kohlenstoff fest gebunden ist. Vor allem, wenn sie auf Feldern ausgebracht wird, wo sie mit Substanzen wie H_2O_2 und Säure reagieren kann. Pflanzenkohle und Holzasche kommen aus dem gleichen Ausgangsmaterial und bestehen zum größten Teil aus Kohlenstoff. Doch wie stabil ist der in beiden enthaltene Kohlenstoff?

Was du brauchst:

Pipette, Petrischalen, 3%-iges Wasserstoffperoxid (H_2O_2), Essig, Lupe, Pflanzenkohle, Holzasche, Holzspäne.

- Gib die gleiche Menge an Pflanzenkohle, Holzasche und Holzspänen in separate Petrischalen.
- Gib zu den Proben ein paar Tropfen H_2O_2 bzw. Essig.
- Beobachte mit der Lupe die Blasenbildung in jeder Probe.



Den Versuch variieren:

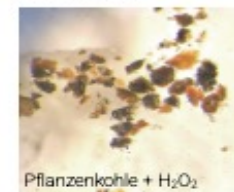
Vergleiche, wie die 3 Materialien mit H_2O_2 und Essig reagieren.

Zu erwartendes Ergebnis:

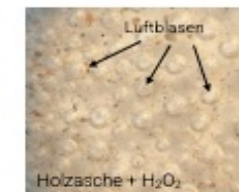
Je nach Form des Kohlenstoffs reagiert er mehr oder weniger mit H_2O_2 und Säure. Eine der reaktivsten Formen von Kohlenstoff ist Kalziumkarbonat ($CaCO_3$). Wenn H_2O_2 oder Säure zu Kalziumkarbonat zugegeben wird, erfolgen diese Reaktionen:



Die beobachteten Blasen sind je nach zugegebener Substanz entweder Sauerstoff oder Kohlendioxid.



Pflanzenkohle + H_2O_2



Holzasche + H_2O_2



Holzspäne + H_2O_2

- H_2O_2 kommt im Boden natürlich vor. Es kann durch Enzyme zu Sauerstoff und Wasser abgebaut werden. Auch Kohlenstoff kann H_2O_2 abbauen.
- Holzasche entsteht durch Verbrennung und Biochar durch Pyrolyse (das Erhitzen organisches Materials unter Ausschluss von Sauerstoff).
- Die meisten Blasen werden bei der Zugabe von H_2O_2 und Essig in der Holzasche gebildet, da ein großer Anteil des Kohlenstoffs in Holzasche als reaktivem Kalziumkarbonat ($CaCO_3$) vorkommt. In Pflanzenkohle und in Holzspänen ist er in aromatischen Verbindungen festgebunden und reagiert mit H_2O_2 und Essig nicht.
- Holzspäne können durch bakterielle Abbauprozesse abgebaut werden, wobei unter O_2 -Verbrauch CO_2 freigesetzt wird.

Next steps

1. Design of subpage in CDRterra website for the online publication of teaching materials.
2. Complete write up of experiments including suggestions on how to integrate them in the current curricula.
3. Development of further experiments (e.g. DACCS, CCS, EOA)
4. Dissemination activities (teacher training) lined-up for 2024
 - March 2024 Teacher Training at the Geoforschungszentrum Potsdam
 - April 2024 Workshops for geography teachers in Rhineland-Palatinate
 - April 2024 EGU-GIFT Workshop in Vienna
 - Others
5. Collaboration with OPENSEA Helgoland (School lab of AWI in Helgoland) for development of teaching materials for mCDR

