



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

All about that b...iomass

Wie Biomasse und Negativemissionen zusammenspielen



CDR-Bildungskonferenz zur CO₂-Entnahme, 11.10.2023, München

Ronja Wollnik

- BioNET-Homepage:
<https://cdrterra.de/consortia/bionet>
- Steckbriefsammlung:
https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00088415
- Publikation (Preprint):
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3452150/v1>
- Steckbrief-Webseite:
<https://datalab.dbfz.de/bionet/home>



Bitte zitieren als:

Wollnik, R., Borchers, M., Seibert, R., Abel, S., Herrmann, P., Elsasser, P., Hildebrandt, J., Mühlich, M., Eisenschmidt, P., Meisel, K., Henning, P., Radtke, K. S., Selig, M., Kazmin, S., Thrän, D., & Szarka, N. (2023). Factsheets for bio-based carbon dioxide removal options in Germany [Data set]. Open Agrar Repository. <https://doi.org/10.48480/x293-8050>

Bitte zitieren als:

Wollnik, R., Borchers, M., Seibert, R., Abel, S., Herrmann, P., Elsasser, P., Hildebrandt, J., Meisel, K., Henning, P., Radtke, K. S., Selig, M., Kazmin, S., Szarka, N. & Thrän, D. (2023). Dynamics of bio-based carbon dioxide removal in Germany. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3452150/v1>

Ronja Wollnik



- **Wiss. Mitarbeiterin Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), Arbeitsgruppe Biomasse im Energiesystem**
- **Forschungsschwerpunkte: Negativemissionen, BECCS, multidimensionale Bewertung, Szenarien**



Ronja Wollnik

**AG Biomasse im Energiesystem
Bereich Bioenergiesysteme
Ronja.wollnik@dbfz.de**

Agenda

A large, light green arrow pointing to the right, containing three rounded rectangular boxes. The boxes are filled with a darker green color and contain white text. The first box is on the left, the second in the middle, and the third on the right.

Einführung
Biomasse

Biomasse und CDR

Unterrichtsformate



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Einführung Biomasse



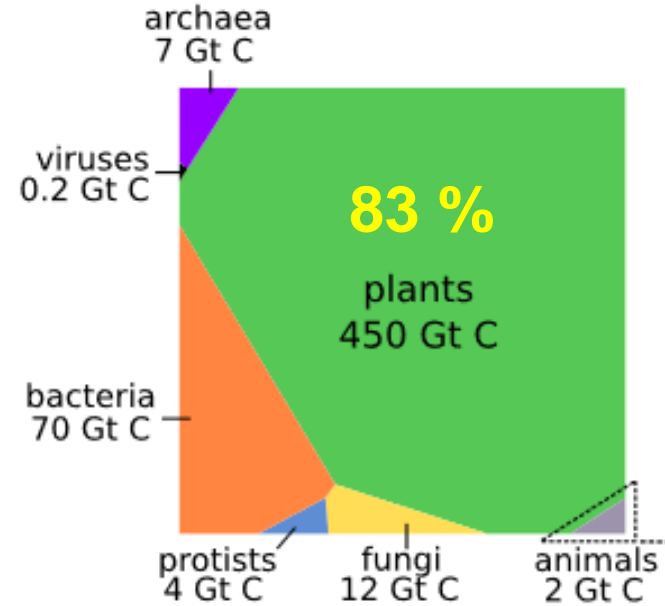
Was ist Biomasse?

Definition

KONTEXT

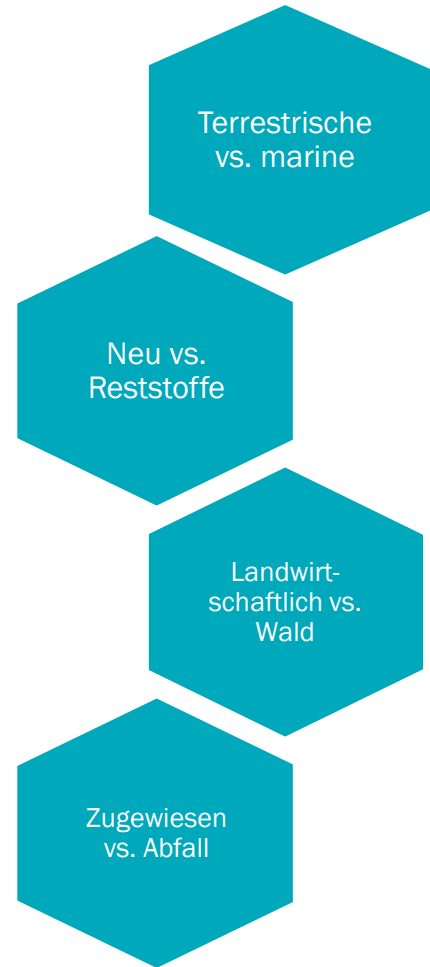
Material biologischen Ursprungs, das in relativ kurzer Zeit durch Photosynthese gebildet wird. (IPCC; WG III, 2011)

!! in geologische Formationen eingeschlossenes Material
!! in Fossilien oder Torf umgewandeltes Material



Was ist Biomasse?

Klassifizierung

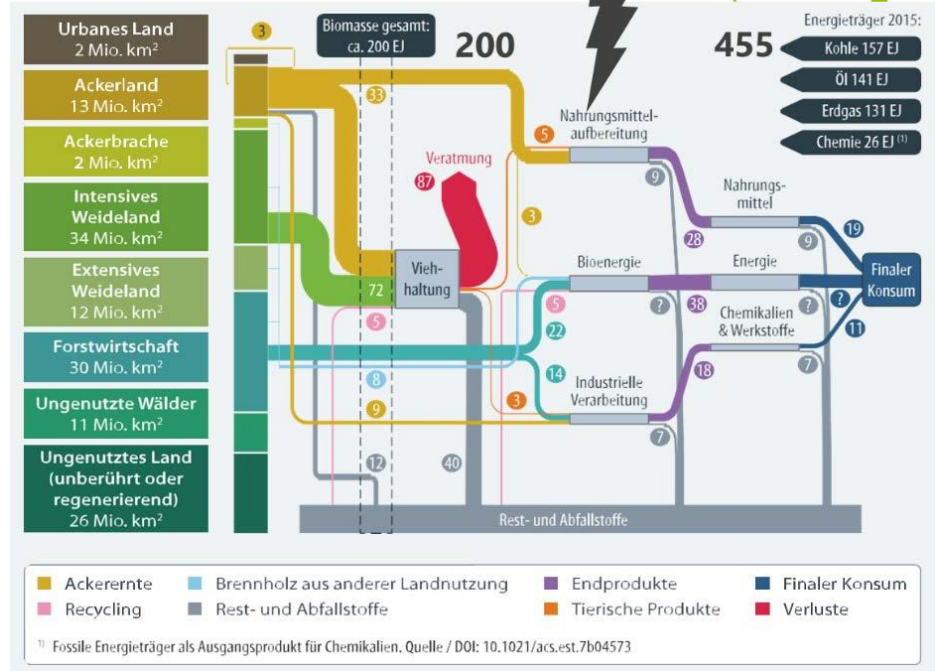


Biomassenutzung in Deutschland und weltweit



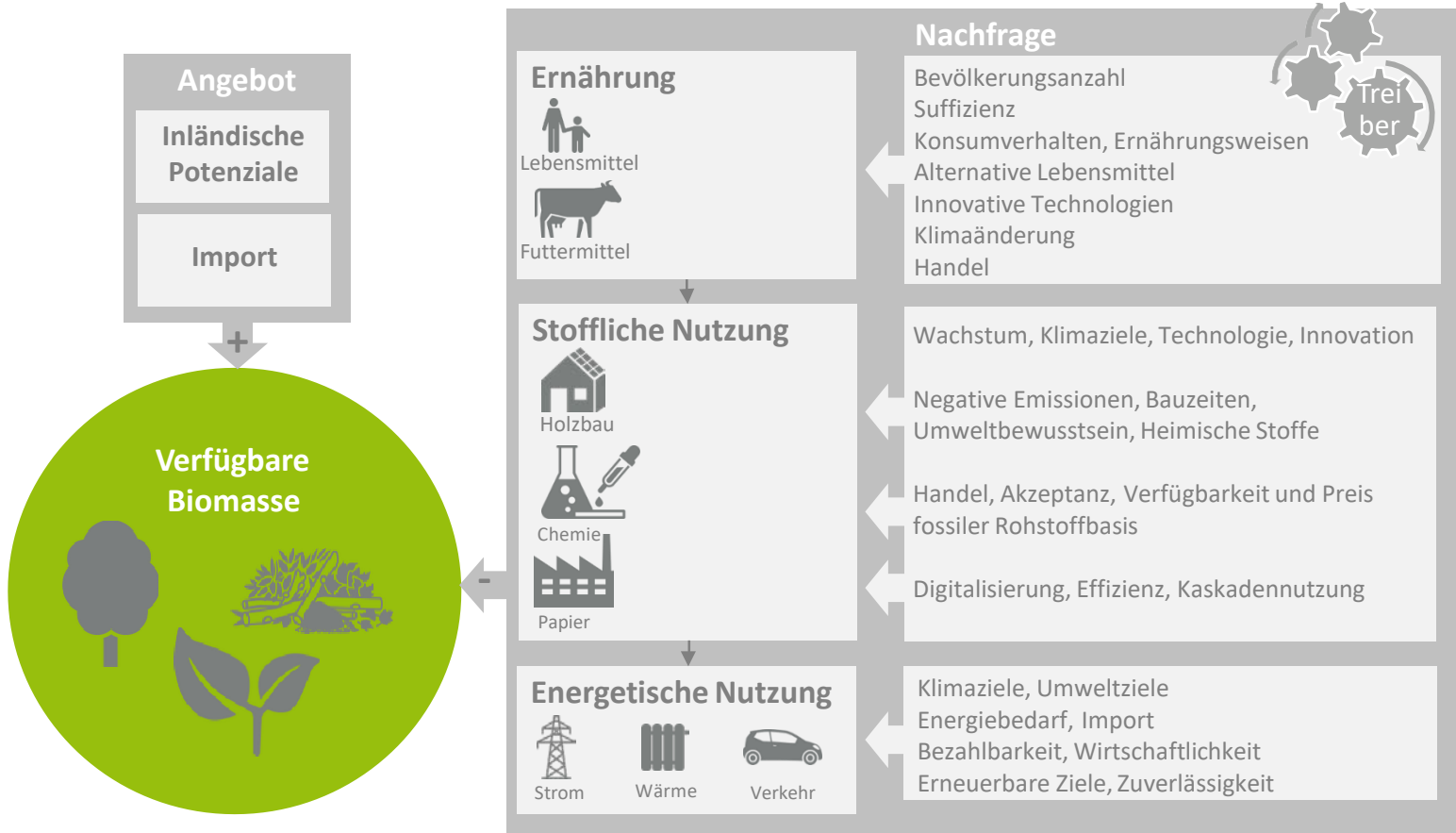
Grafik: Joshua Röbisch.

- Flächen überwiegend genutzt
- Große Verluste entlang der Wertschöpfungskette
- Reststoffe nur teilweise genutzt
- Biomasse kann die fossilen Rohstoffe nicht ersetzen



Thran und Mösenfechtel, 2020: Das System Bioökonomie, Springer.

Einflussfaktoren der Biomassenutzung





GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Biomasse und CDR



Quiz time – Wahrnehmung von CDR



Notwendigkeit | Ist es notwendig? (CO₂-Emissionsbudget & schwer zu vermeidende Emissionen)

- Wie viel CDR braucht Deutschland im Jahr 2050, um die Restemissionen auszugleichen (in Tonnen CO₂)?
 - 5-45 Mt CO₂
 - 5-45 Gt CO₂

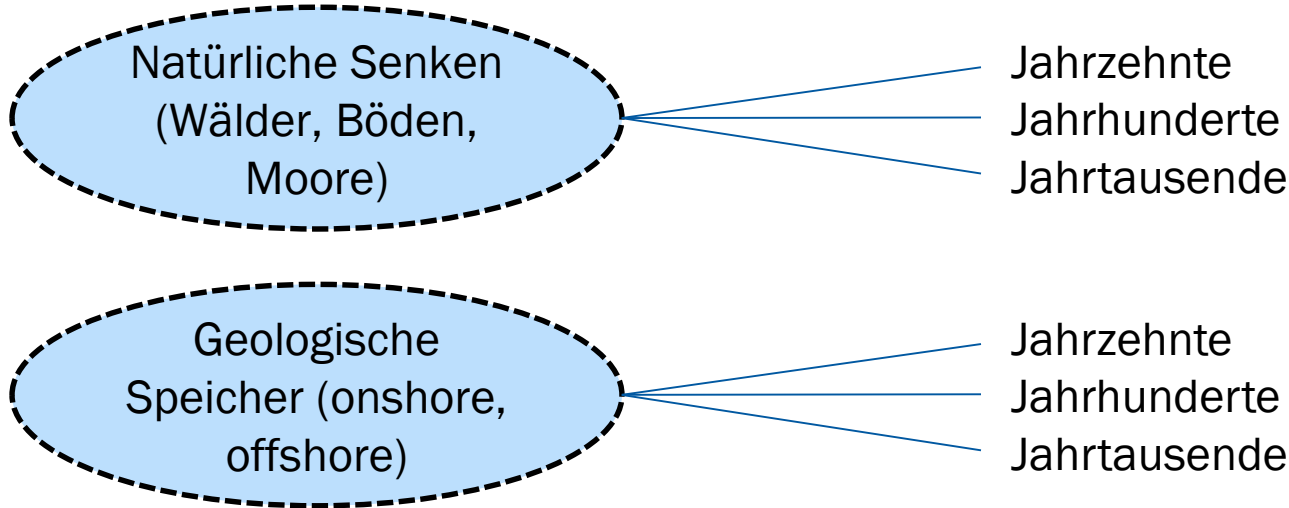
 - 30-90 Mt CO₂
 - 30-90 Gt CO₂

 - 100-250 Mt CO₂
 - 100-250 Gt CO₂

Quiz time – Wahrnehmung von CDR

Sicherheit | Ist es sicher? (z.B. Unsicherheit, Risiko, Dauerhaftigkeit)

- Wie lange kann Kohlenstoff in terrestrischen Senken (z.B. Böden) und wie lange als CO₂ unter der Erde (geologisch) gespeichert werden?

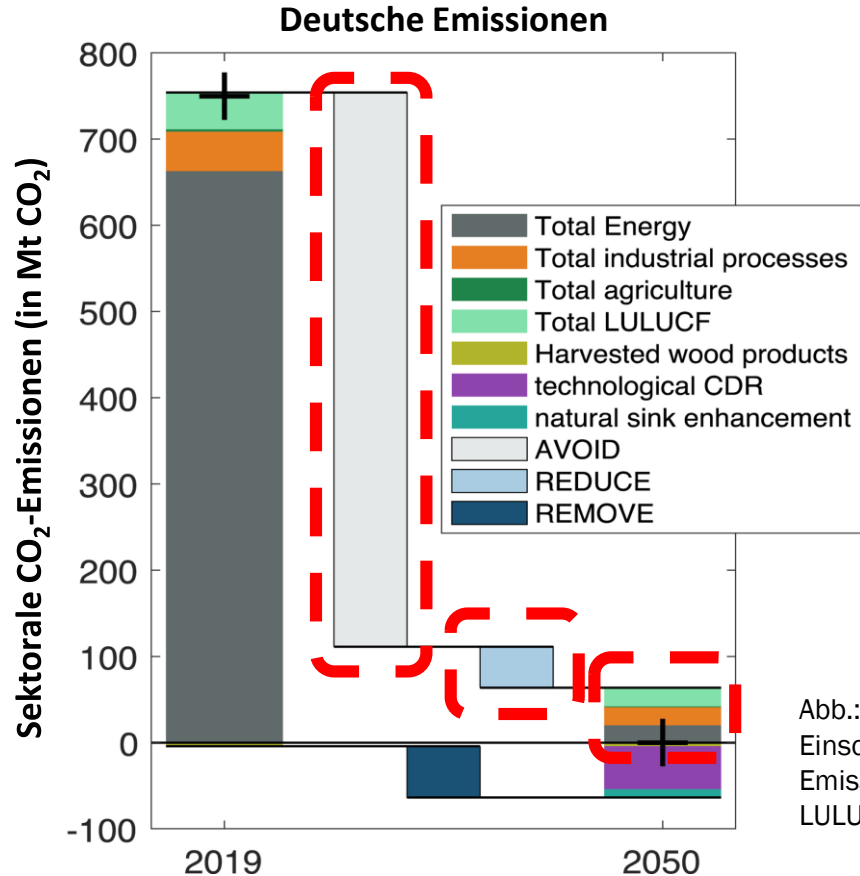


Quiz time – Wahrnehmung von CDR

Kosten | Ist das teuer?

- Wie hoch sind die Kosten bzw. die Kostenspanne für die Entnahme und Speicherung von CO₂? (€ pro Tonne CO₂)
 - -45 bis 800
 - 0 bis 350
 - 200 bis 1000

Warum negative Emissionen?

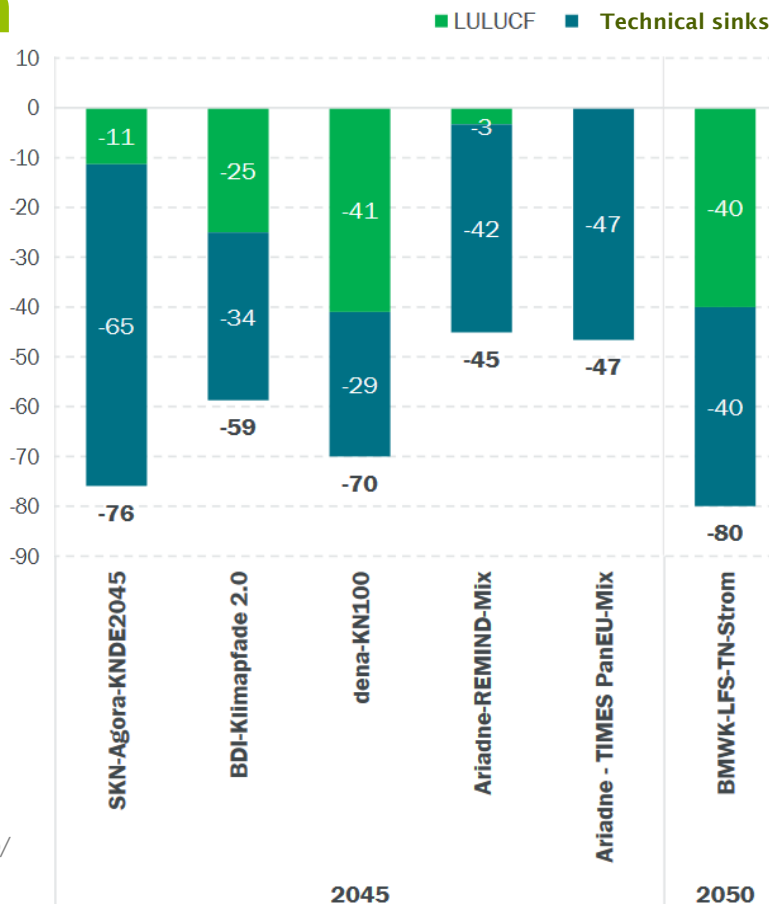


1. Emissionen vermeiden (AVOID) und reduzieren (REDUCE) hat Priorität.
2. Die Residualemissionen im Jahr 2045/2050 betragen ca. 30-90 Millionen Tonnen (je nach Studie).
3. Die Ziele im Klimaschutzgesetz sind Treibhausgasneutralität bis 2045 und negative Emissionen nach 2050.

Abb.: Vergleich zwischen CO₂-Emissionssystemen im Jahr 2019 und 2050. Einschließlich Darstellungen der vermiedenen, verringerten und entfernten Emissionen, die dazu führen, dass bis 2050 Netto-Null-Emissionen erreicht wird. LULUCF: Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft.

Residualemissionen

- Bisherige Schätzungen zu Residualemissionen in Deutschland („Big 5“)



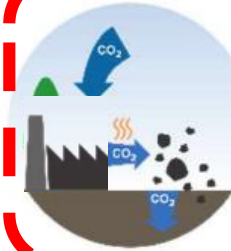
Lübbers, S., Wunsch, M., Lovis, M., Wagner, J., Sensfuß, F., Luderer, G., & Bartels, F. (2022). Vergleich der "Big 5" Klimaneutralitätsstudien. Available from <https://www.dena.de/newsroom/publikationsdetailansicht/pub/vergleich-der-big-5-klimaneutralitaetsszenarien/>

Biobasierte CO₂-Entnahme

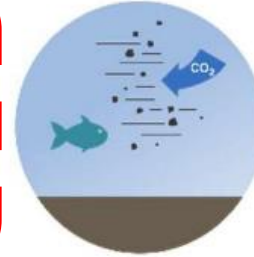
Biobasiert: Nutzen Biomasse oder biogenes CO₂



Aufforstung und Wiederaufforstung



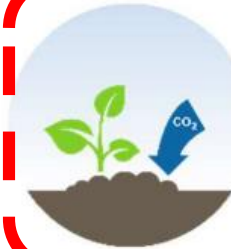
Pflanzenkohle



Ozean-Alkalisierung



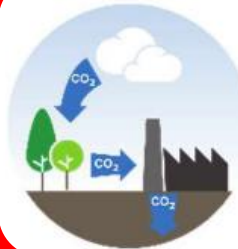
Beschleunigte Verwitterung



C-Anreicherung auf Äckern



Luftfilter-Anlagen



Bioenergie mit CCS

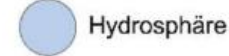
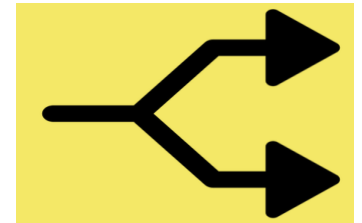


Abb.: Exemplarische CO₂-Entnahmepfade.

3 Phasen:

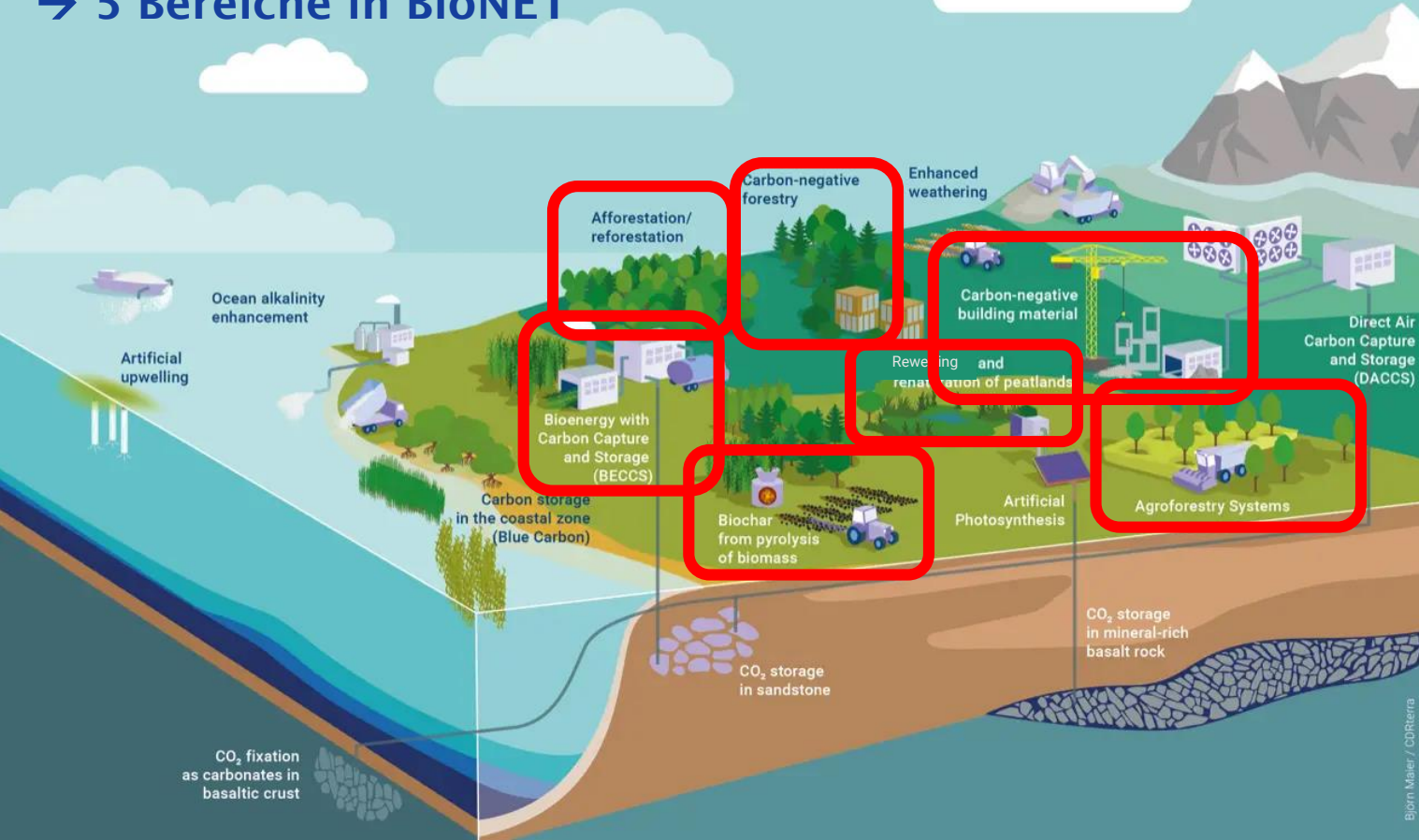
- Bereitstellung von Informationen (Datenbank und Steckbriefe) zu NETs (n=24)
- Partizipativer Ansatz (**Umfrage, Interviews, Workshops**), um die soziale und institutionelle Machbarkeit in Fallstudienregionen zu erörtern (Mecklenburg-Vorpommern, Mitteldeutschland, Rhein-Neckar)
- Umfassende Analyse von nationalen **Szenarien** für NETs
- **Entwicklung von Politikempfehlungen basierend auf:**
 - partizipative Einschätzungen zu NETs
 - Daten und Modellierung zu Status Quo und zukünftigen Potenzialen von NETs

Steckbriefe verfügbar unter: doi.org/10.48480/x293-8050



Methoden der CO₂-Entnahme

→ 5 Bereiche in BioNET




Welche CDR-Konzepte betrachten wir in BioNET?




Landwirtschaft und Böden

- Ganzjährige Bodenbedeckung
- Organischer Dünger und Kompost
- Direktsaat
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- Agroforstwirtschaft
- Biokohle/Pflanzenkohle als Bodenzusatz




Moor-Wiedervernässung und Paludikulturen

- Wiedervernässung von Mooren
- Paludikultur




Waldbauliche Maßnahmen

- Dauerhafte und temporäre Stilllegung
- Waldflächenenerweiterung durch (gelenkte) natürliche Sukzession
- Aufforstung mit verschiedenen Baumarten (Buche, Douglasie, Eiche, Kiefer)



Langlebige Baumaterialien

- Tragende Elemente aus Ingenieurholzprodukten
- Nawaro-basierte Dämmstoffe
- Pyrogene Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (PyCCS)



Bioenergie mit CCS

- Biogas-Produktion
- Biogas-Aufbereitung zu Biomethan
- Biomasse-Verbrennung (aus Paludikulturen und holzartige Biomasse)
- Biomasse-Vergasung
- Bioethanol-Produktion

Abbildungen: www.bionuobject.com

Auswahlkriterien:

- ✓ Biobasiert
- ✓ Langfristige CO₂-Entnahme
- ✓ Netto-negativ
- **Vorzugsweise:**
- ✓ Hohes Potenzial in Deutschland
- ✓ Hoher Technologie-Reifegrad

Beispiele für biobasierte CDR



Landwirtschaft und Böden

- Ganzjährige Bodenbedeckung
- Organischer Dünger und Kompost
- Direktsaat
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- Agroforstwirtschaft
- Biokohle/Pflanzenkohle als Bodenzusatz



Moor-Wiedervernässung und Paludikulturen

- Wiedervernässung von Mooren
- Paludikultur



Waldbauliche Maßnahmen

- Dauerhafte und temporäre Stilllegung
- Waldflächenerweiterung durch (gelenkte) natürliche Sukzession
- Aufforstung mit verschiedenen Baumarten (Buche, Douglasie, Eiche, Kiefer)



Langlebige Baumaterialien

- Tragende Elemente aus Ingenieurholzprodukten
- Nawaro-basierte Dämmstoffe
- Pyrogene Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (PyCCS)



Bioenergie mit CCS

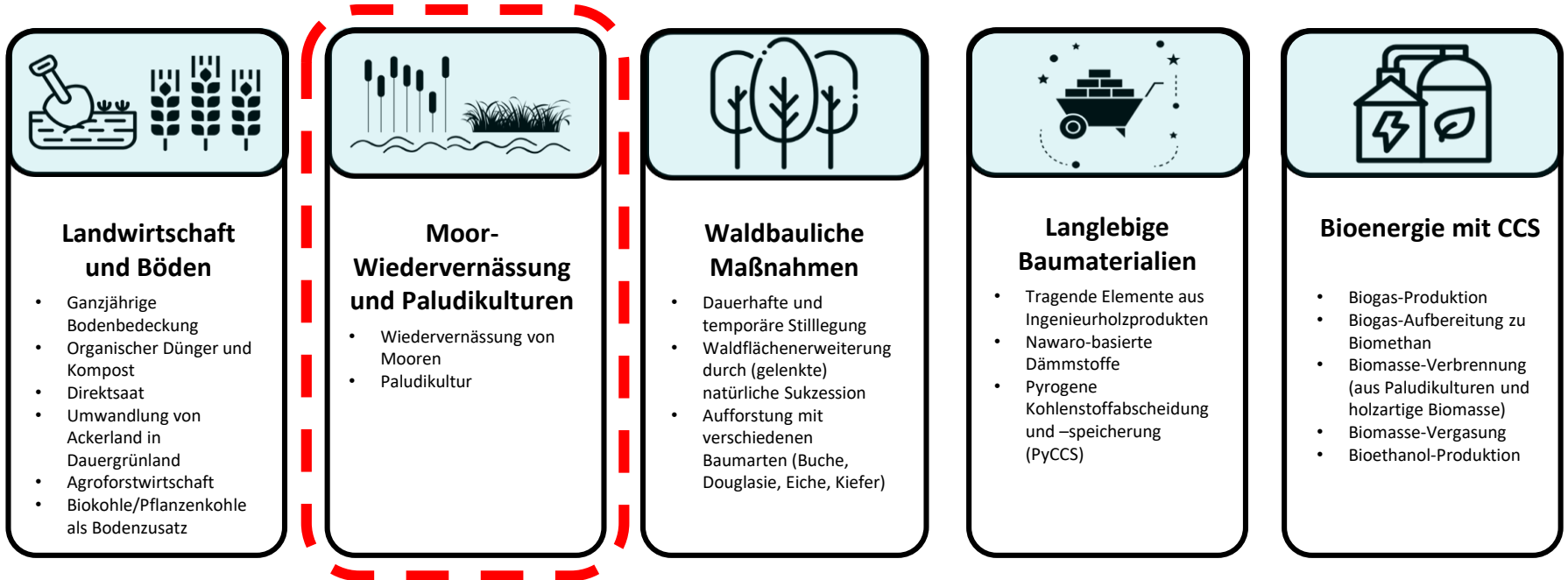
- Biogas-Produktion
- Biogas-Aufbereitung zu Biomethan
- Biomasse-Verbrennung (aus Paludikulturen und holzartige Biomasse)
- Biomasse-Vergasung
- Bioethanol-Produktion

Beispiel Ganzjährige Bodenbedeckung

- Ackerboden das ganze Jahr über mit Pflanzen bedeckt
- Anbaumethoden: Anbau von Pflanzen mit hohen Restbeständen, saisonale Deckfrüchte, mehrjährige Gräser in Dauer- oder Fruchtfolgekulturen, Untersaaten oder vielseitiger Zwischenfruchtanbau
- Starke Kohlenstoffspeicherung im Boden in den ersten beiden Jahrzehnten nach Anwendungsbeginn
- CO₂-Entnahmepotenzial ca. 1,2 t CO₂ pro ha pro Jahr
- Einarbeitung der Zwischenfrüchte in den Boden kann die Nährstoffverfügbarkeit erhöhen



Beispiele für biobasierte CDR



Beispiel Paludikultur

- Produktive Landnutzung auf nassen und wiedervernässten Mooren
- Wiedervernässung kann den Netto-C-Verlust sofort reduzieren oder stoppen
- außerdem neue C-Festlegung in der Streuschicht und im Torf
- CO₂-Entnahmepotenzial ca. 4 t pro ha und Jahr im Mittel über 20 Jahre
- Nutzung der Biomasse: z.B. Baumaterialien, Dämmstoffe, Substrate, Papier, Verpackungen, Energieerzeugung




Beispiele für biobasierte CDR




Landwirtschaft und Böden

- Ganzjährige Bodenbedeckung
- Organischer Dünger und Kompost
- Direktsaat
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- Agroforstwirtschaft
- Biokohle/Pflanzenkohle als Bodenzusatz



Moor-Wiedervernässung und Paludikulturen

- Wiedervernässung von Mooren
- Paludikultur




Waldbauliche Maßnahmen

- Dauerhafte und temporäre Stilllegung
- Waldflächenerweiterung durch (gelenkte) natürliche Sukzession
- Aufforstung mit verschiedenen Baumarten (Buche, Douglasie, Eiche, Kiefer)



Langlebige Baumaterialien

- Tragende Elemente aus Ingenieurholzprodukten
- Nawaro-basierte Dämmstoffe
- Pyrogene Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (PyCCS)



Bioenergie mit CCS

- Biogas-Produktion
- Biogas-Aufbereitung zu Biomethan
- Biomasse-Verbrennung (aus Paludikulturen und holzartige Biomasse)
- Biomasse-Vergasung
- Bioethanol-Produktion

Beispiel Aufforstung

- Z.B. buchendominierte, anpassungs- und widerstandsfähige Mischwälder als Kohlenstoffsenken
- Pflanzen von Setzlingen auf zuvor nicht forstwirtschaftlich genutzten Flächen (z.B. landwirtschaftliche Nutzflächen)
- C-Speicherung u.a. in Biomasse, Böden, Totholz
- Im Einzelbaum und im Bestand zeitlich begrenzt (> 160 Jahre), aber permanenter Landnutzungswandel erlaubt Speicheraufbau
- CO₂-Entnahmepotenzial für Buchenwälder ca. 3,8 t CO₂ pro ha pro Jahr ab Alter 30 auf der Aufforstungsfläche

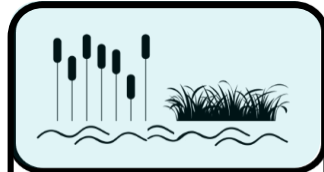


Beispiele für biobasierte CDR



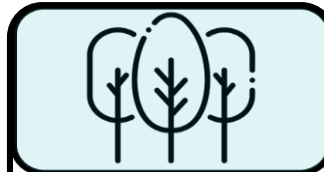
Landwirtschaft und Böden

- Ganzjährige Bodenbedeckung
- Organischer Dünger und Kompost
- Direktsaat
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- Agroforstwirtschaft
- Biokohle/Pflanzenkohle als Bodenzusatz



Moor-Wiedervernässung und Paludikulturen

- Wiedervernässung von Mooren
- Paludikultur



Waldbauliche Maßnahmen

- Dauerhafte und temporäre Stilllegung
- Waldflächenerweiterung durch (gelenkte) natürliche Sukzession
- Aufforstung mit verschiedenen Baumarten (Buche, Douglasie, Eiche, Kiefer)



Langlebige Baumaterialien

- Tragende Elemente aus Ingenieurholzprodukten
- Nawaro-basierte Dämmstoffe
- Pyrogene Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (PyCCS)



Bioenergie mit CCS

- Biogas-Produktion
- Biogas-Aufbereitung zu Biomethan
- Biomasse-Verbrennung (aus Paludikulturen und holzartige Biomasse)
- Biomasse-Vergasung
- Bioethanol-Produktion

Beispiel PyCCS

- Pflanzenkohle: Produkt aus der Pyrolyse von Abfallsubstraten, z.B. Grünschnitt, Papierabfall oder Klärschlamm
- Einsatz in Baumaterialien:

Pflanzenkohlebeton als Zementersatz ca. 91,6 t CO₂ einmalig pro ha

Dachbegrünung ca. 83 t CO₂ einmalig pro ha

Versickerungsmulden in Baumrigolen ca. 554 t CO₂ einmalig pro ha



Beispiele für biobasierte CDR



Landwirtschaft und Böden

- Ganzjährige Bodenbedeckung
- Organischer Dünger und Kompost
- Direktsaat
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- Agroforstwirtschaft
- Biokohle/Pflanzenkohle als Bodenzusatz



Moor-Wiedervernässung und Paludikulturen

- Wiedervernässung von Mooren
- Paludikultur



Waldbauliche Maßnahmen

- Dauerhafte und temporäre Stilllegung
- Waldflächenerweiterung durch (gelenkte) natürliche Sukzession
- Aufforstung mit verschiedenen Baumarten (Buche, Douglasie, Eiche, Kiefer)



Langlebige Baumaterialien

- Tragende Elemente aus Ingenieurholzprodukten
- Nawaro-basierte Dämmstoffe
- Pyrogene Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (PyCCS)



Bioenergie mit CCS

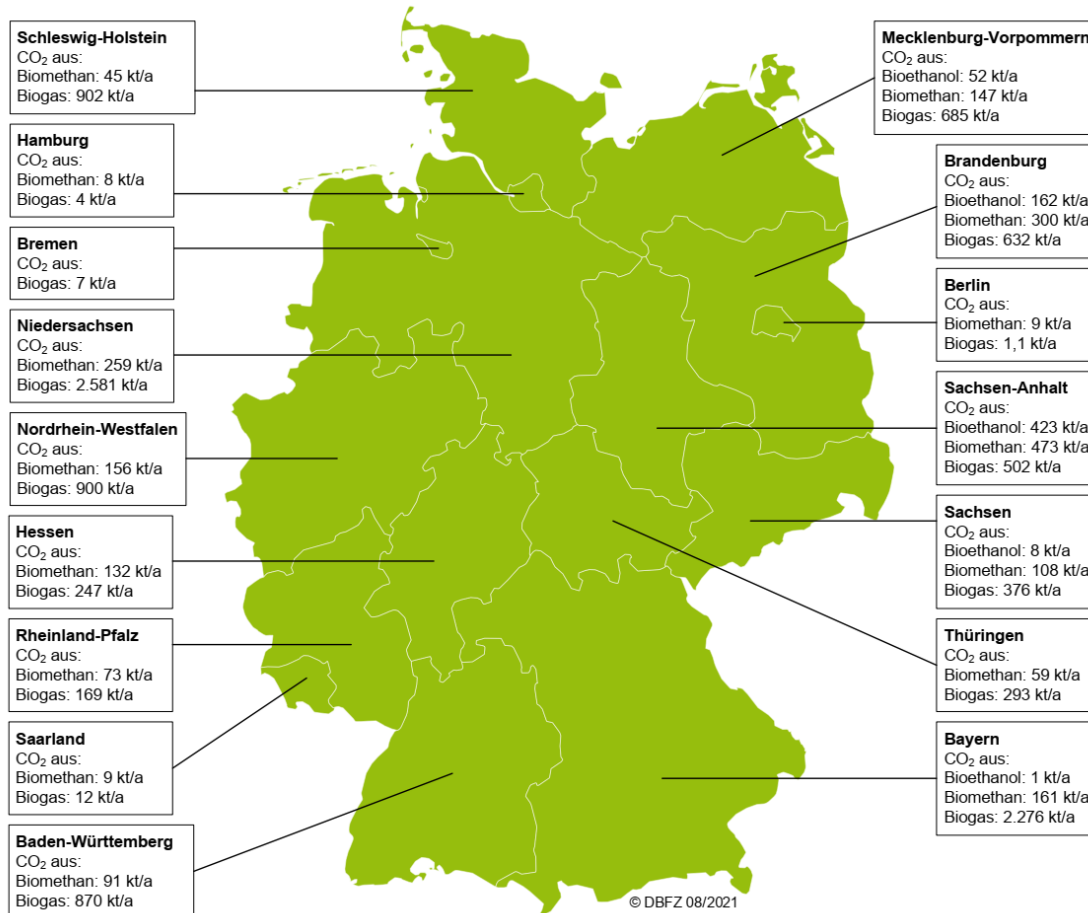
- Biogas-Produktion
- Biogas-Aufbereitung zu Biomethan
- Biomasse-Verbrennung (aus Paludikulturen und holzartige Biomasse)
- Biomasse-Vergasung
- Bioethanol-Produktion

Beispiel Biomethan mit CCS

- Nutzung von bestehenden Anlagen
- Trennung von CO₂ und Methan in Biogas-Aufbereitungsanlagen
- CO₂ wird konditioniert, transportiert und unterirdisch gespeichert
- Modellanlage mit 2 500 kW_{el} installierter Leistung Volllastbetrieb und CO₂-Abscheidung durch Druckwasserwäsche: ca. 6.500 t CO₂ pro Jahr
- Verwertung landwirtschaftlicher Reststoffe
- Netzeinspeisung des Biomethans ins Erdgasnetz



Abschätzung biogene CO₂-Punktquellen in Deutschland



- » Größenordnung CO₂-Gesamtemissionen bei der Produktion von
Biogas ca. 10,5 Mio t/a
Biomethan ca. 2,0 Mio. t/a
Bioethanol ca. 0,65 Mio. t/a
- » Zusätzlich ggf. noch Biomasseheizkraftwerke mit ca. 3,4 Mio. t/a CO₂

Hinweis: ohne Holzverarbeitung und -nutzung, eigene Berechnung auf Basis von [AEE (2021); bdeu (2021); Billig (2019)], Annahmen: CO₂-Gehalt in Biogas: 45 % v/v; Energiegehalt in Biogas: 6,25 kWh/m³ (i. N.); Effizienz der Energieerzeugung aus Biogas: 40,16 %

Quiz time – Wahrnehmung von CDR

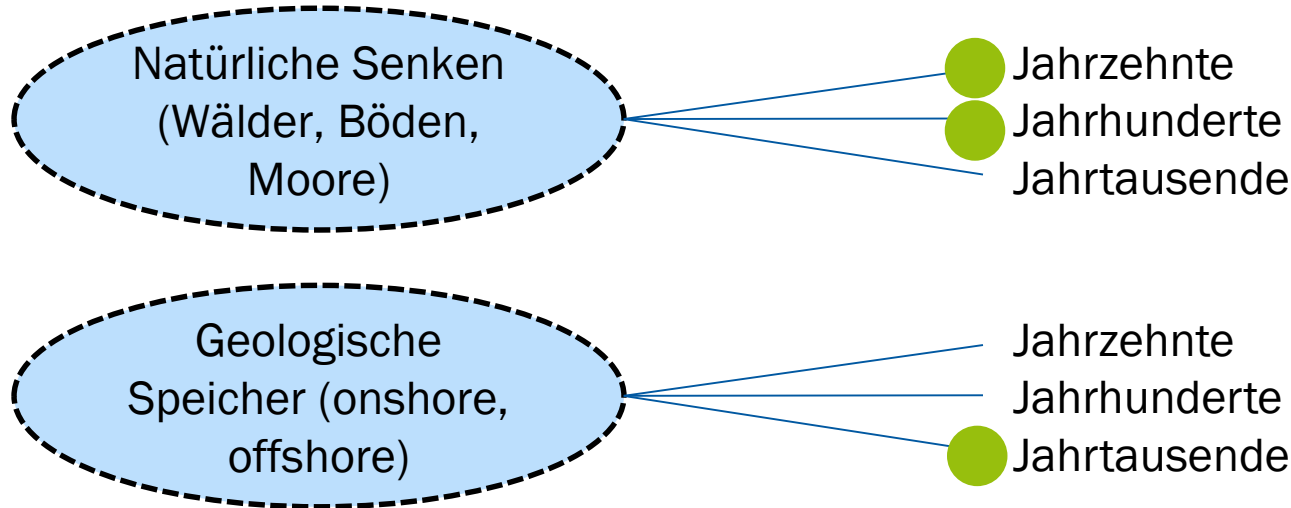
Notwendigkeit | Ist es notwendig? (CO₂-Emissionsbudget & schwer zu vermeidende Emissionen)

- Wie viel CDR braucht Deutschland im Jahr 2050, um die Restemissionen auszugleichen (in Tonnen CO₂)?
 - 5-45 Mt CO₂
 - 5-45 Gt CO₂
 - 30-90 Mt CO₂
 - 30-90 Gt CO₂
 - 100-250 Mt CO₂
 - 100-250 Gt CO₂

Quiz time – Wahrnehmung von CDR

Sicherheit | Ist es sicher? (z.B. Unsicherheit, Risiko, Dauerhaftigkeit)

- Wie lange kann Kohlenstoff in terrestrischen Senken (z.B. Böden) und wie lange als CO₂ unter der Erde (geologisch) gespeichert werden?



Quiz time – Wahrnehmung von CDR

Kosten | Ist das teuer?

- Wie hoch sind die Kosten bzw. die Kostenspanne für die Entnahme und Speicherung von CO₂? (€ pro Tonne CO₂)
 - -45 bis 800
 - 0 bis 350
 - 200 bis 1000

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

Scoping carbon dioxide removal options for Germany–What is their potential contribution to Net-Zero CO₂?

Borchers et al. (2022), Front. Clim.
<https://doi.org/10.3389/fclim.2022.810343>



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Unterrichtsformate



Allgemein



Landwirtschaft und Böden

- Ganzjährige Bodenbedeckung
- Organischer Dünger und Kompost
- Direktsaat
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- Agroforstwirtschaft
- Biokohle/Pflanzenkohle als Bodenzusatz



Moor- Wiedervernässung und Paludikulturen

- Wiedervernässung von Mooren
- Paludikultur



Waldbauliche Maßnahmen

- Dauerhafte und temporäre Stilllegung
- Waldflächenerweiterung durch (gelenkte) natürliche Sukzession
- Aufforstung mit verschiedenen Baumarten (Buche, Douglasie, Eiche, Kiefer)



Langlebige Baumaterialien

- Tragende Elemente aus Ingenieurholzprodukten
- Nawaro-basierte Dämmstoffe
- Pyrogene Kohlenstoffabscheidung und –speicherung (PyCCS)



Bioenergie mit CCS

- Biogas-Produktion
- Biogas-Aufbereitung zu Biomethan
- Biomasse-Verbrennung (aus Paludikulturen und holzartige Biomasse)
- Biomasse-Vergasung
- Bioethanol-Produktion

Allgemein

Klimakoffer Harald Lesch und LMU

<https://klimawandel-schule.de/de/der-lmu-klimakoffer>

Bestelllink für den Koffer: <https://intern.klimawandel-schule.de/>



Wissenschaftliche Hintergründe und Folgen des Klimawandels können mit den Experimenten des Klimakoffers für Schülerinnen und Schüler experimentell erfahrbar gemacht werden.

Mit relativ einfachen Aufbauten können damit, von der Absorption von Wärmestrahlung durch CO₂, über den Albedo-Effekt, bis hin zur Versauerung der Meere, verschiedene naturwissenschaftliche Zusammenhänge in Schülerexperimenten untersucht werden.

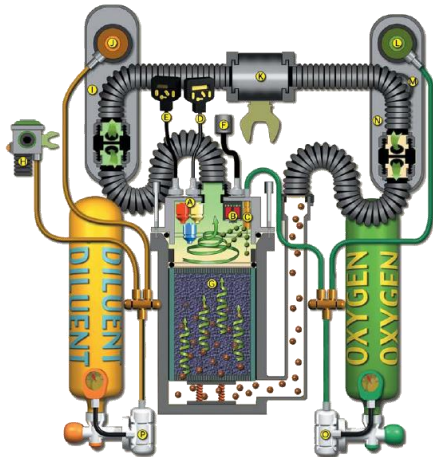
MEHRWERT

Praktische
Experimente

Allgemein

CO₂-Experimente

- Mit Tauchgerät (Rebreather) CO₂ in der eigenen Atemluft messen



Bildquelle: <https://www.divebandits.de/images/stories/rebreather/rb.png>

- Wetterballon bauen: <https://www.nawischool.de/content/projekt-atmosphaerenforscher/>

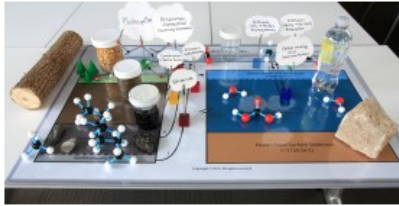


MEHRWERT

Praktische Experimente

Wisconsin Energy Institute

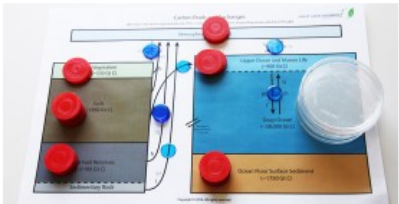
<https://energy.wisc.edu/education/for-educators/educational-materials>



Hands-On Qualitative Introduction to the Carbon Cycle

Stand-Alone Activity | Middle School, High School, Undergraduate, Nonformal

This introduction to the carbon cycle helps students visualize and model global carbon pools in the environment. Students will identify the primary forms of carbon in global pools as well as the carbon transforming process associated with key global carbon fluxes.



Poker Chip Model: Global Carbon Pools and Fluxes

Stand-Alone Activity | Middle School, High School, Undergraduate, Nonformal

This activity helps students visualize and model a commonly published diagram of global carbon pools and net fluxes between pools with anthropogenic influences. Biology, Chemistry, Earth Science, Engineering, Environmental Science, Physical Science, Physics

MEHRWERT

Praktische
Experimente und
Unterrichtsmaterial

Allgemein

Biomasse-Arbeitsblätter

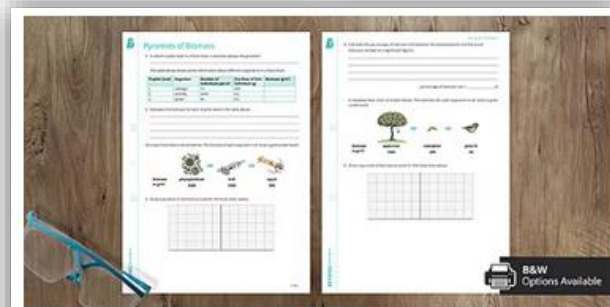
<https://www.twinkl.de/search?q=biomass>



AQA GCSE Ecology: Pyramids of **Biomass** (Biology Only)



Energy from Living Things PowerPoint



GCSE Ecology: Pyramids of **Biomass** Worksheet

MEHRWERT

Unterrichtsmaterial:
Arbeitsblätter und
Hintergrund-
informationen

Allgemein

Innotruck

<https://www.innotruck.de/initiative-innotruck-startseite>

- **Bereitgestellt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung**
- **Möglichkeit Themen zu platzieren**



MEHRWERT

Mobile Ausstellung,
Ausprobieren

Allgemein

Citizen Science

<https://www.buergerschaftenwissen.de/>



PlanBirke+C - Bürger erforschen den Waldwandel - Klimawirksamkeit, Biodiversität & Wasserhaushaltsfunktion

online mitforschen für Kinder geeignet

sofort losforschen mit App

„Ein Baum zur Nutz und Freud“ (W. Busch)
PlanBirke-plus-C ist eine bürgerbeteiligte Plattform zur Birke im Klimawandel. Die Pionierbaumart steht für Walderneuerung und -Waldbewirtschaftung. Das Projekt schließt Wissenslücken, sucht den Dialog mit Waldakteuren und sensibilisiert die Öffentlichkeit.

Klima, Landnutzung, Pflanzen

mehr →



SenseBox - Die Kiste mit Sinn

für Kinder geeignet mit App

Bau dir selbst eine Wetter- und Umweltmessstation. Deine Daten und die aller anderen Senseboxes fließen in eine Online-Karte ein, die für alle offen ist.

Klima, Technik, Wetter

mehr →



CollActive Materials - Co-Spekulieren zu den Zukünften der Luft

Welche Rolle könnte Luft in Zukunft spielen? Bei CollActive Materials kommen Menschen aus Forschung und Gesellschaft zusammen, um zu dieser Frage zu spekulieren. In einem Co-Design-Prozess entsteht eine öffentliche Ausstellung mit spekulativen Prototypen aus möglichen und unmöglichen Zukünften.

Gesellschaft, Klima, Technik

mehr →

MEHRWERT

Mitforschen

Primo Levi - Geschichte eines C-Atoms



[...] Kann man überhaupt von „einem bestimmten“ Kohlenstoffatom sprechen? Für den Chemiker bestehen da gewisse Zweifel, denn bis heute (1970) ist kein Verfahren bekannt, mit dessen Hilfe man ein einzelnes Atom sichtbar machen oder zumindest isolieren könnte; keine Zweifel indes bestehen für den Erzähler, der sich darum zu erzählen anschickt.

Unser Held ist also seit Hunderten von Millionen Jahren an drei Sauerstoffatome und ein Kalziumatom gebunden – in einem Kalkfelsen: er hat bereits eine lange kosmische Geschichte hinter sich, die wir aber unberücksichtigt lassen wollen. Die Zeit existiert für ihn nicht oder nur in Gestalt langsamer, täglicher oder jahreszeitlicher Temperaturschwankungen, wenn er, was ein Glück für diese Erzählung wäre, nicht zu tief unter die Erdoberfläche zu liegen kam. Sein Dasein, an dessen Monotonie man nicht ohne Grauen denken kann, besteht in einem erbarmungslosen Wechsel von Warm und Kalt, das heißt aus kürzeren oder weiteren Schwingungen (immer gleicher Frequenz): für ihn, der doch potentiell lebendig ist, eine Gefangenschaft, würdig der katholischen Hölle. Zu ihm passt bis zu diesem Augenblick nur die Gegenwart, die Zeit der Beschreibung, und nicht eine der Vergangenheitsformen, welche Zeiten der Erzählung sind: er ist erstarrt zu einer ewigen Gegenwart, die kaum von dem mäßigen Vibrieren der Temperaturschwankungen erschüttert wird.



Aber zum Glück für den Erzähler, der andernfalls aufgehört hätte zu erzählen, liegt die Kalkbank, zu der das Atom gehört, an der Erdoberfläche. Das Atom liegt da, erreichbar für den Menschen und seine **Spitzhacke** (Ehre der Spitzhacke und ihren moderneren Entsprechungen – sie sind immer noch die wichtigsten Mittler im jahrtausendealten Zwiegespräch zwischen den Elementen und dem Menschen): irgendwann, zu einem Zeitpunkt, den ich als Erzähler ganz willkürlich in das Jahr 1840 verlege, wurde es von einem Schlag mit der Spitzhacke herausgebrochen, es wanderte in den Kalkofen und wurde in die Welt der veränderlichen Dinge gestürzt. Es wurde erhitzt, damit es sich vom Kalzium trennte, das sozusagen mit den Füßen auf der Erde blieb und einem weniger glänzenden Schicksal entgegenging, von dem hier nicht die Rede sein soll; das Kohlenstoffatom aber, noch immer an zwei der einstigen drei Gefährten, die Sauerstoffatome, geklammert, flog zum Schornstein hinaus und erhob sich in die Lüfte. Hatte es in seiner Geschichte bis da- hin keinerlei Bewegung gegeben, so kam nun Leben in sie.



Der Wind erfasste das Atom, warf es zu Boden und hob es zehn Kilometer in die Höhe. Ein **Falke** atmete es ein, es gelangte in seine tief atmenden Lungen, drang aber nicht in sein Blut ein und wurde ausgeschieden. Dreimal löste es sich im Meereswasser auf, einmal im Wasser eines tosenden Wildbachs, und wurde wieder ausgestoßen. Acht Jahre lang reiste es mit dem Wind: mal tief, mal hoch, über Meere und zwischen Wolken, über Wälder, Wüsten und endlose Eisflächen; dann geriet es in Gefangenschaft und in ein organisches Abenteuer. [...]

Allgemein



Landwirtschaft und Böden

- Ganzjährige Bodenbedeckung
- Organischer Dünger und Kompost
- Direktsaat
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- Agroforstwirtschaft
- Biokohle/Pflanzenkohle als Bodenzusatz



Moor- Wiedervernässung und Paludikulturen

- Wiedervernässung von Mooren
- Paludikultur



Waldbauliche Maßnahmen

- Dauerhafte und temporäre Stilllegung
- Waldflächenerweiterung durch (gelenkte) natürliche Sukzession
- Aufforstung mit verschiedenen Baumarten (Buche, Douglasie, Eiche, Kiefer)



Langlebige Baumaterialien

- Tragende Elemente aus Ingenieurholzprodukten
- Nawaro-basierte Dämmstoffe
- Pyrogene Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (PyCCS)



Bioenergie mit CCS

- Biogas-Produktion
- Biogas-Aufbereitung zu Biomethan
- Biomasse-Verbrennung (aus Paludikulturen und holzartige Biomasse)
- Biomasse-Vergasung
- Bioethanol-Produktion

Landwirtschaft und Böden

Exkursionen zu Versuchsfeldern und Anbaumethoden anschauen

z.B. Uni Giessen



Ganzjährige
Bodenbedeckung



Direktsaat



Pflanzenkohle als
Bodenzusatz

- Exkursionen zu Landwirtschaftsbetrieben
- Challenges für den Schulgarten
 - Wie bekommt man die größte Sonnenblume?
 - Kompost und Biomüll
- Challenges für Balkon und Garten

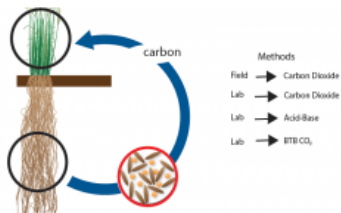
MEHRWERT

Exkursionen,
praktisches
Arbeiten

Landwirtschaft und Böden

Wisconsin Energy Institute

<https://energy.wisc.edu/education/for-educators/educational-materials>



Measuring Soil Microbial Activity

Investigation | Middle School, High School, Undergraduate

This activity examines how soil microbes, such as bacteria and fungi, are involved in carbon cycling. Students design experiments to explore the relationship between microbial respiration rates and soil variables.

Agriculture, Biology, Chemistry, Earth Science, Environmental Science, Physical Science



Root Depth Model

Stand-Alone Activity | Middle School, High School, Undergraduate

In this activity, raffia ribbon is used to create a visual representation of the differing root depths in biofuel crops and prairie plants. The wall hanging can be used to promote discussion about plants' ability to sequester carbon and contribute to soil carbon.

Agriculture, Biology, Environmental Science

MEHRWERT

Praktische
Experimente und
Unterrichtsmaterial

Landwirtschaft und Böden

Pflanzenforschung macht Schule

<https://scholae.pflanzenforschung.de/s1/home>

A photograph of a green tractor driving through a field of yellow rapeseed plants. The tractor is viewed from a front-quarter perspective, moving away from the viewer. The background shows a line of trees under a slightly overcast sky.

45
min

Das Geheimnis der Zwischenfrüchte

nachhaltig & schön

In dieser Unterrichtseinheit geht es um den Anbau von Zwischenfrüchten in der Landwirtschaft. Der Zwischenfruchtanbau ist seit jeher alte Praxis. Trotz-dem sind auch hier noch viele Fragen offen. Im Verlauf der Unterrichtseinheit werden die unzähligen positiven Effekte von Zwischenfrüchten thematisiert. Au-ßerdem wird CATCHY, ein Forschungsprojekte zum The-ma, vorgestellt und ein Video betrachtet. Die Inhalte sind bereits für die Sekundarstufe I geeignet.

Begleitmaterial

MEHRWERT

Infografiken,
Quizspiele

Allgemein



Landwirtschaft und Böden

- Ganzjährige Bodenbedeckung
- Organischer Dünger und Kompost
- Direktsaat
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- Agroforstwirtschaft
- Biokohle/Pflanzenkohle als Bodenzusatz



Moor-Wiedervernässung und Paludikulturen

- Wiedervernässung von Mooren
- Paludikultur



Waldbauliche Maßnahmen

- Dauerhafte und temporäre Stilllegung
- Waldflächenerweiterung durch (gelente) natürliche Sukzession
- Aufforstung mit verschiedenen Baumarten (Buche, Douglasie, Eiche, Kiefer)



Langlebige Baumaterialien

- Tragende Elemente aus Ingenieurholzprodukten
- Nawaro-basierte Dämmstoffe
- Pyrogene Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (PyCCS)



Bioenergie mit CCS

- Biogas-Produktion
- Biogas-Aufbereitung zu Biomethan
- Biomasse-Verbrennung (aus Paludikulturen und holzartige Biomasse)
- Biomasse-Vergasung
- Bioethanol-Produktion

Moor-Wiedervernässung und Paludikultur

Moorkoffer

<https://www.moorwissen.de/moorp%C3%A4dagogik.html>



Beispiel Denkhüte:

Der **grüne** Hut: Du übernimmst das kreative Denken. Du machst unkonventionelle Vorschläge, die zur Problemlösung beitragen.

Der **schwarze** Hut: Du vertrittst die pessimistische Anschauung des Problems. Du weist auf die Nachteile, Hindernisse und Risiken hin.

Der **rote** Hut: Du achtest auf die Emotionen, Einstellungen und Vorurteile der anderen und bringst dies zur Sprache. Du kommunizierst das, was sonst unausgesprochen bleibt.

Wie hast du dich mit diesem Hut gefühlt?

Welche Auswirkungen hatten die unterschiedlichen Perspektiven auf die Diskussion?

Was kannst du dir von dieser Übung in deine nächste Diskussion mitnehmen?

MEHRWERT

Praktische Experimente und Unterrichtsmaterial

Moor-Wiedervernässung und Paludikultur

Moorkoffer

<https://www.moorwissen.de/moorp%C3%A4dagogik.html>

Beispiel Moore vernässen-Spiel:

Tabea Feldmann

MOORKOFFER



Bildung für nachhaltige Entwicklung

im Moor

28 vielfältige Methoden

inklusive eines Planspiels, eines Rollenspiels, beispielhaften Exkursionsabläufen und weiterführenden Empfehlungen

Jedes nasse Moor verhindert Treibhausgasemissionen und trägt zur Erreichung der globalen Klimaziele bei. Doch Achtung, die Zeit rennt! Messt die Zeit, bis ihr in beiden Ländern alle Moore wieder vernässt habt. Eine Minute = vier Jahre. Ihr müsst also in weniger als 20 Minuten die Moore vernässt haben, um das 1,5°C-Ziel bis zum Jahr 2100 zu erreichen.

Mein Land heißt:

🌊	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A									
B									
C									
D									
E									
F									
G									
H									
I									

- ▬ 4 x Kesselmoor
- ▬▬ 3 x Hangmoor
- ▬▬▬ 2 x Quellmoor
- ▬▬▬▬ 1 x Verlandungsmoor
- ▬▬▬▬▬ 1 x Überflutungsmoor



Das Partnerland heißt:

🌊	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A									
B									
C									
D									
E									
F									
G									
H									
I									

Moor-Wiedervernässung und Paludikultur

Moorkoffer

<https://www.moorwissen.de/moorp%C3%A4dagogik.html>



Infos & externe Links

[Moor-Klimabildung mit dem Moorkoffer](#) - Powerpoint-Präsentation

Moor-Klimabildung mit dem Moorkoffer - gehaltener Online-Vortrag ([Teil 1](#) und [Teil 2](#)) verfügbar auf YouTube

[Zukunftswerkstatt Moor-Klimabildung 10.11.2022 - Ergebnisse](#)

Bildungsmaterialien zum Thema Küstenüberflutungs Moore - Moore an der Ostsee vom Verbundprojekt Schatzküste [Materialien - Verbundprojekt Vernetzte Vielfalt an der Schatzküste \(xn-schatzküste-geb.com\)](#)

Stiftung Naturschutzfonds Brandenburg: Naturerleben für Kinder: Lilian im Land der Moore (Mitmachheft, Video) [Naturerleben für Kinder - Stiftung Naturschutzfonds Brandenburg](#)

Aktion Moorschutz – Projekt MooNi Umweltbildung [MooNi-Umweltbildung > Aktion Moorschutz \(aktion-moorschutz.de\)](#)

Nusko, Nadine, Foes, Eva, Aenis, Thomas&Zeit, Jutta (2008): Moor-Pädagogik im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin. Leitfaden. In: Foes, Eva, Nadine Nusko, Thomas Aenis, Jutta Zeit: "Erlebnis Moor". CD, Humboldt-Universität zu Berlin, elektronische Veröffentlichung im Eigenverlag. https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/daoe/bk/forschung/newalnet/publikationen/dokumente/auszuege_aus_dem_leitfaden.pdf

Foes, Eva, Nusko, Nadine, Aenis, Thomas&Zeit, Jutta (2008): 27 Bildungsmodule zum Thema Moor. Materialband. In: Foes, Eva, Nadine Nusko, Thomas Aenis, Jutta Zeit: Erlebnis "Moor". CD, Humboldt-Universität zu Berlin, elektronische Veröffentlichung im Eigenverlag. https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/daoe/bk/forschung/informe/publikationen/dokumente/auszuege_aus_dem_materialband.pdf

Bildungsmaterialien in Englischer Sprache vom Irish Peatland Conservation Council [Bogs in the Classroom - Resources for TeachersIrish Peatland Conservation Council \(ipcc.ie\)](#)

Allgemein



Landwirtschaft und Böden

- Ganzjährige Bodenbedeckung
- Organischer Dünger und Kompost
- Direktsaat
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- Agroforstwirtschaft
- Biokohle/Pflanzenkohle als Bodenzusatz



Moor-Wiedervernässung und Paludikulturen

- Wiedervernässung von Mooren
- Paludikultur



Waldbauliche Maßnahmen

- Dauerhafte und temporäre Stilllegung
- Waldflächenerweiterung durch (gelenkte) natürliche Sukzession
- Aufforstung mit verschiedenen Baumarten (Buche, Douglasie, Eiche, Kiefer)



Langlebige Baumaterialien

- Tragende Elemente aus Ingenieurholzprodukten
- Nawaro-basierte Dämmstoffe
- Pyrogene Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (PyCCS)



Bioenergie mit CCS

- Biogas-Produktion
- Biogas-Aufbereitung zu Biomethan
- Biomasse-Verbrennung (aus Paludikulturen und holzartige Biomasse)
- Biomasse-Vergasung
- Bioethanol-Produktion

Waldbauliche Maßnahmen



- **Exkursionen: Aufforstungsflächen, Baumschulen, Kalamitätsflächen**
- **Präsentation/Lehrfilm entwerfen und Schulen besuchen**
- **Fokus auf kulturelle Leistung von Wäldern, Mensch-Natur-Beziehung**

MEHRWERT

Bezug zur Natur
fördern

Waldbauliche Maßnahmen

Bildungsordner C-Speicherung in Wäldern

<https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/14086/25j9UI4T0jSj2.pdf?sequence=1>

Thomas Aenis, Hans-Peter Ende, Eva Foos & Uwe Jens Nagel (Hrsg.)

Klimaplastische Wälder im nordostdeutschen Tiefland

Leitfaden zur Bildung für eine nachhaltige Entwicklung

Beispiel Rathaussitzung:

Waldbesitzer - Erlenbruchwald	
■ wenig Nutzholz	■ kaum Verdienst
■ Naturschutz und Erholung	■ jammert ständig
Reitverein	
■ gut ausgewiesene & ausgebaute Reitwege	■ im Erlenbruch keine festen Wege möglich
■ gesunde Luft	■ viel Natur
Mitarbeiter des Planungsbüros	
■ legt einen Bauplan vor	■ nur Interesse für seine Belange
■ Natur interessiert nicht	

MEHRWERT

Projektwoche,
Arbeitsblätter,
Experimente,
Planspiele

Allgemein



Landwirtschaft und Böden

- Ganzjährige Bodenbedeckung
- Organischer Dünger und Kompost
- Direktsaat
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- Agroforstwirtschaft
- Biokohle/Pflanzenkohle als Bodenzusatz



Moor-Wiedervernässung und Paludikulturen

- Wiedervernässung von Mooren
- Paludikultur



Waldbauliche Maßnahmen

- Dauerhafte und temporäre Stilllegung
- Waldflächenerweiterung durch (gelenkte) natürliche Sukzession
- Aufforstung mit verschiedenen Baumarten (Buche, Douglasie, Eiche, Kiefer)



Langlebige Baumaterialien

- Tragende Elemente aus Ingenieurholzprodukten
- Nawaro-basierte Dämmstoffe
- Pyrogene Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (PyCCS)



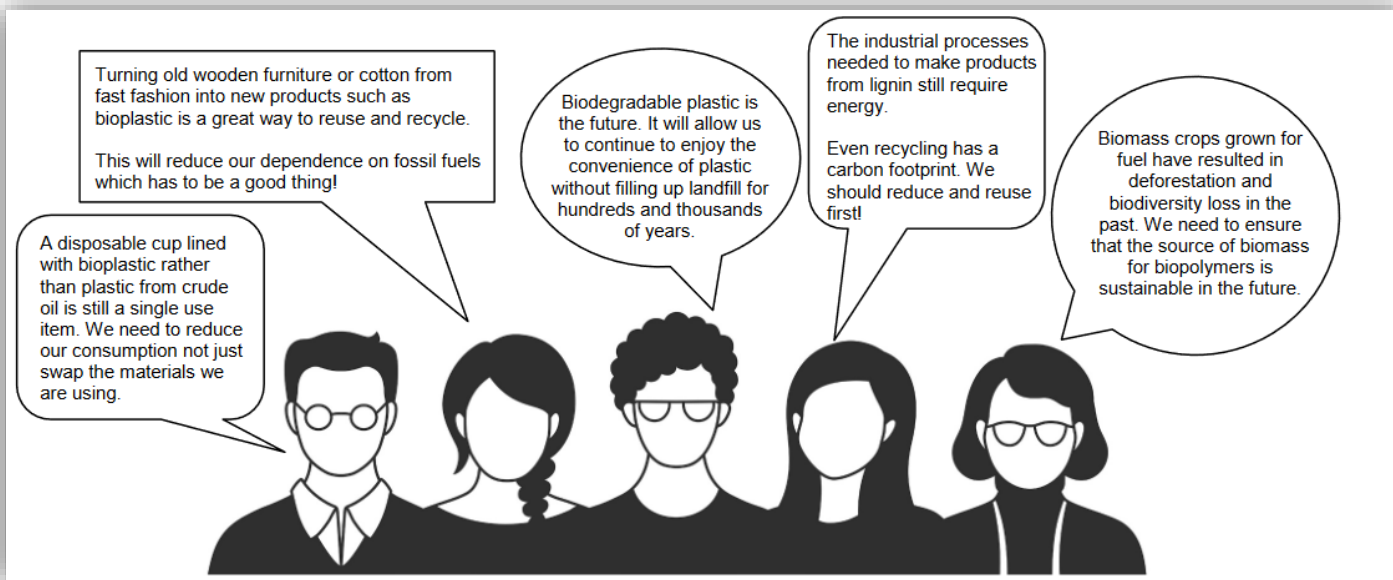
Bioenergie mit CCS

- Biogas-Produktion
- Biogas-Aufbereitung zu Biomethan
- Biomasse-Verbrennung (aus Paludikulturen und holzartige Biomasse)
- Biomasse-Vergasung
- Bioethanol-Produktion

Langlebige Baumaterialien

Making materials from biomass

<https://edu.rsc.org/feature/making-materials-from-biomass/4012606.article>



MEHRWERT

Handreichung, die in stoffliche Biomassennutzung einführt

Plant based plastics discussion: <https://edu.rsc.org/download?ac=508732>

+ weitere Materialien für den Chemieunterricht

Langlebige Baumaterialien



- **Material sammeln (Haus, Garten, Park) und besprechen: Eigenschaften, CO₂-Einsparpotenziale**
- **Kreativwerkstatt Baumaterialinnovationen**
- **Exkursionen: lokale Zimmereien, Bauwirtschaft --> Kontrast zwischen Bauen mit Beton und Bauen mit Holz**
- **Konsumverhalten: Bau als Teil von Konsum, Suffizienz**

MEHRWERT

Praktisches
Kennenlernen und
Diskussionsfragen

Langlebige Baumaterialien

Zukunftslernort Oberlausitz

<https://life-and-technology.eu/projekte/zukunftslernort-oberlausitz/>



Erfinderkiste 

3-D-DRUCK FÜR KINDER

SAMSTAG, 23.04.22
14:30 - 16:00 UHR
ERFINDERKISTE ODERWITZ

- für Schüler von 9-13 Jahren
- mit professioneller Begleitung
- Ausprobieren der 3-D-Technik

Das Angebot findet zusätzlich zur Öffnungszeit der Erfinderkiste statt:
Familiensamstag-Öffnungszeit von 13:00-17:30 Uhr!

Anmeldung für das 3-D-Angebot für Kinder unter:
hallo@lernwerkstatt-oderwitz.de 

MEHRWERT

Förderung
außerschulischer
Angebote

Allgemein



Landwirtschaft und Böden

- Ganzjährige Bodenbedeckung
- Organischer Dünger und Kompost
- Direktsaat
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland
- Agroforstwirtschaft
- Biokohle/Pflanzenkohle als Bodenzusatz



Moor-Wiedervernässung und Paludikulturen

- Wiedervernässung von Mooren
- Paludikultur



Waldbauliche Maßnahmen

- Dauerhafte und temporäre Stilllegung
- Waldflächenerweiterung durch (gelenkte) natürliche Sukzession
- Aufforstung mit verschiedenen Baumarten (Buche, Douglasie, Eiche, Kiefer)



Langlebige Baumaterialien

- Tragende Elemente aus Ingenieurholzprodukten
- Nawaro-basierte Dämmstoffe
- Pyrogene Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (PyCCS)



Bioenergie mit CCS

- Biogas-Produktion
- Biogas-Aufbereitung zu Biomethan
- Biomasse-Verbrennung (aus Paludikulturen und holzartige Biomasse)
- Biomasse-Vergasung
- Bioethanol-Produktion

Bioenergie mit CCS



Wisconsin Energy Institute

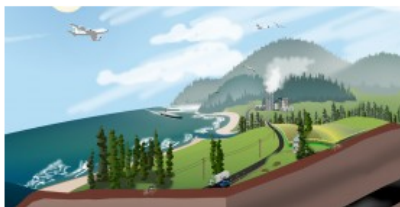
<https://energy.wisc.edu/education/for-educators/educational-materials>



Fermentation in a Bag

Investigation, Stand-Alone Activity | Elementary, Middle School, High School

In this simple experiment, students investigate the process of fermentation in resealable bags with bakers yeast, warm water and various sources of plant sugar. Agriculture, Biology, Environmental Science



Biofuels vs Fossil Fuels Unit

Unit | Middle School, High School

The Biofuels vs Fossil Fuels unit has students explore the similarities and differences between fossil fuels and biofuels. In the process, students investigate the carbon-transforming processes of combustion, photosynthesis, fermentation and respiration.

Agriculture, Biology, Chemistry, Earth Science, Environmental Science

MEHRWERT

Praktische
Experimente und
Unterrichtsmaterial

Bioenergie mit CCS

Bioenergy Classroom

<https://www.energy.gov/eere/bioenergy/educational-resources-bioenergy-classroom>



MEHRWERT

Handreichung, die allgemein in Biomasse/ Bioenergie einführt

FUN IN THE SUN	THE RAW BASICS	FROM FIELD TO PUMP	FUELING THE FUTURE	CHECK YOUR SOURCE	BIOBENEFITS
100	100	100	100	100	100
200	200	200	200	200	200
300	300	300	300	300	300
400	400	400	400	400	400
500	500	500	500	500	500

You selected: Biobenefits for 200

Using biofuels can reduce life-cycle _____ emissions. This is a type of gas that traps heat in the atmosphere.

Return to Main Board

Answer

Bioenergie mit CCS

Bioenergy Classroom

<https://www.energy.gov/eere/bioenergy/educational-resources-bioenergy-classroom>

5 FUN FACTS ABOUT WASTE

3 Different places = different wastes = different resources

There are many differences between living in the city and the country. That means the waste from these places tends to look a lot different, too. With many more people, cities create more food scraps than small rural towns. But out in the country, there is more animal waste like manure because of numerous farms.

These different places produce different wastes—and both can be used to make valuable resources. Both manure and food scraps are “**organic wastes**,” or leftovers from plants and animals that break down over time. These can be turned into useful resources with different values:

- **Manure**—can be used as a fertilizer for plants and crops for food, fuel, and fiber.
- **Food Scraps**—release gases as they decompose (break down) that can be burned to create energy.



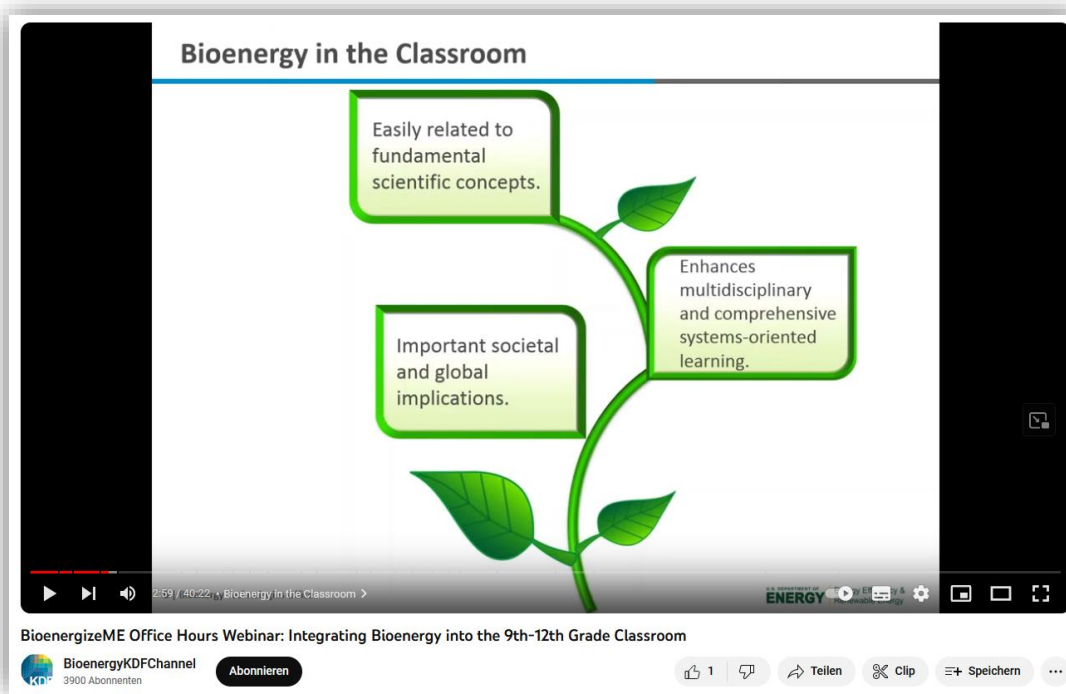
MEHRWERT

Handreichung, die
allgemein in
Biomasse/
Bioenergie einführt

Bioenergie mit CCS

Bioenergy Classroom

<https://www.youtube.com/watch?v=4NJnDY9GDFk>



Bioenergy in the Classroom

Easily related to fundamental scientific concepts.

Important societal and global implications.

Enhances multidisciplinary and comprehensive systems-oriented learning.

BioenergizeME Office Hours Webinar: Integrating Bioenergy into the 9th-12th Grade Classroom

BioenergyKDFchannel
3900 Abonnenten

Abonnieren

1 | Teilen | Clip | Speichern

MEHRWERT

Handreichung, die allgemein in Biomasse/Bioenergie einführt

Oder natürlich Sie kommen ans DBFZ!



25. April 2024

Girls' Day
Mädchen-Zukunftstag

Jungen-Zukunftstag
Boys' Day

2025



- **Biomasse kann CO₂ aufnehmen und so zu negativen Emissionen beitragen.**
- **Es gibt viele Möglichkeiten, die Vor- und Nachteile mit sich bringen.**
- **Es ist wichtig, dass sich Kinder und Jugendliche mit der Thematik beschäftigen.**
- **Das kann über verschiedenste Anknüpfungspunkte und in fast allen Schulfächern stattfinden.**
- **CDR sollte systematisch und flächendeckend für alle Altersstufen und Schulformen in die Lehrpläne aufgenommen werden.**



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ronja Wollnik

AG Biomasse im Energiesystem
Bereich Bioenergiesysteme
Ronja.wollnik@dbfz.de



DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-112
E-Mail: info@dbfz.de
www.dbfz.de

Fragen, Anmerkungen, Diskussion

- **Wo tauchen Biomasse- und Negativ-Emissions-Themen bereits in Lehrplänen auf?**
- **In welchen Fächern sollten die Themen platziert werden?**