

Echter Klimaschutz statt riskanter Luftnummer

**Positionspapier zu Kohlenstoffentnahme-
Methoden (Carbon Dioxid Removal)**

Echter Klimaschutz statt riskanter Luftnummer

Positionspapier zu Kohlenstoffentnahme-Methoden (Carbon Dioxid Removal)

Autoren und Autorinnen:

Mira Jäger, Jannes Stoppel, Karsten Smid

Erstellt von:

Greenpeace e.V.

Hamburg, Oktober 2024

Kein Geld von Industrie und Staat

Greenpeace arbeitet international und kämpft mit gewaltfreien Aktionen für den Schutz der Lebensgrundlagen. Unser Ziel ist es, Umweltzerstörung zu verhindern, Verhaltensweisen zu ändern und Lösungen durchzusetzen. Greenpeace ist überparteilich und völlig unabhängig von Politik und Wirtschaft. Rund 620.000 Fördermitglieder in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt, der Völker-verständigung und des Friedens.

Impressum

Greenpeace e.V. Hongkongstraße 10, 20457 Hamburg, T 040 30618-0 Pressestelle T 040 30618-340,
presse@greenpeace.de, greenpeace.de Politische Vertretung Berlin Marienstraße 19-20, 10117 Berlin, T 030 308899-0
V.i.S.d.P. Karsten Smid

greenpeace.de

Vorwort

Die Natur als Verbündete im Kampf gegen den Klimawandel

Während die Welt nach Lösungen für die Klimakrise sucht, stehen wir vor einer fundamentalen Entscheidung: Setzen wir auf die bewährten Mechanismen der Natur oder auf risikoreiche technologische Experimente? Die Antwort liegt in den robusten, ausgereiften und vielfach erprobten naturbasierten Methoden zur Kohlenstoffdioxid-Entfernung (Carbon Dioxide Removal, CDR).

Im Gegensatz zu kostspieligen und energieintensiven technischen Lösungen wie Carbon Capture and Storage (CCS) bieten naturbasierte Ansätze überzeugende Vorteile:

Die Wiederherstellung und der Schutz von Ökosystemen wie Wäldern, Mooren und Feuchtgebieten schafft nicht nur Kohlenstoffsinken, sondern fördert gleichzeitig die Biodiversität. Während technische Anlagen monotone Industrielandschaften erzeugen, entstehen durch naturbasierte Lösungen lebendige Habitate für unzählige Arten.

Naturbasierte Methoden mit ausgereiften, evolutionär optimierten Prozessen wie Photosynthese, natürliche Kohlenstoffspeicherung in Böden und Biomasse sind seit Millionen von Jahren erprobt - im Gegensatz zu technischen Verfahren, deren Langzeitfolgen wir noch gar nicht absehen können.

Naturbasierte Ansätze erbringen wichtige Zusatznutzen für lokale Gemeinschaften: Von verbesserter Wasserqualität über Erosionsschutz bis hin zu nachhaltigen Einkommensmöglichkeiten durch naturnahe Landnutzung. CCS-Anlagen hingegen schaffen kaum lokale Wertschöpfung.

Naturbasierte Lösungen sind zudem deutlich kostengünstiger. Während CCS-Projekte Milliardeninvestitionen in Infrastruktur und Energie verschlingen, können naturbasierte Maßnahmen mit vergleichsweise geringem Aufwand umgesetzt und skaliert werden.

Naturbasierte Methoden führen zu echter Klimaresilienz. Anders als störungsanfällige technische Systeme können sich natürliche Ökosysteme über die Zeit dynamisch anpassen und richtig eingesetzt bleiben sie auch unter Klimastress funktionsfähig.

Die Zeit drängt - wir müssen jetzt die richtigen Weichen für effektiven Klimaschutz stellen. Naturbasierte Lösungen zur CO₂-Entfernung sind der Schlüssel zu einer nachhaltigen und gerechten Klimazukunft. Statt auf teure Techno-Fixes zu setzen, sollten wir die Natur als unseren wichtigsten Verbündeten im Kampf gegen die Klimakrise begreifen und stärken.

*Mira Jäger
Greenpeace
Klimakampagne*

*Karsten Smid
Greenpeace
Klimakampagne*

Inhalt

Vorwort

- 1. Emissionen: Vermeiden statt versenken** **7**
- 2. Energieträger: Burn-out beenden** **8**
- 3. Kohlenstoffentnahme: Senken ja, Versenken nein** **9**
- 4. Industrie: CO₂-freie Produktion fördern** **11**
- 5. CO₂-Saldo: Bloß nicht verrechnen!** **12**
- 6. Nicht auf Lücke spielen: Heute mindern, statt auf hypothetische Senken zu spekulieren** **13**
- 7. Zwei Krisen mit einer Klappe schlagen: Klimawandel und Artensterben kombiniert begegnen** **15**
- 8. Senken-Ranking: CDR-Methoden vergleichbar machen** **16**

Quellenverzeichnis

Echter Klimaschutz statt riskanter Luftnummer

Trotz allem, was die Menschheit über den Klimawandel und dessen desaströse Folgen für die Grundlagen des Lebens weiß – 2023 wurden mehr Öl, Kohle und Gas zu Treibhausgasen verbrannt als je zuvor.¹

Die globale Durchschnittstemperatur lag in dem Jahr bereits 1,48 Grad Celsius höher als vor der Industrialisierung². Es gibt mehr Dürreperioden und Waldbrände, die Meere sind an der Kapazitätsgrenze dessen, was sie an CO₂ und Wärme aufnehmen können. Das Paris-Ziel, die Erderwärmung auf möglichst 1,5 Grad zu beschränken, ist kaum noch zu erreichen. Die dramatischen Folgen des Klimawandels bedrohen schon jetzt das Leben vulnerabler Bevölkerungsgruppen.

Dennoch gilt es, um jede Nachkommastelle zu kämpfen und die Erwärmung des Planeten so deutlich wie möglich unter zwei Grad Celsius zu stoppen. Die Lösung dafür ist und bleibt, die Emissionen schnell und engagiert zu mindern. Zusätzlich muss aber ihre schon bestehende Konzentration in der Atmosphäre reduziert werden.

Für diese aktive Kohlenstoffentnahme, auch unter dem Kürzel CDR bekannt (Carbon Dioxide Removal), gibt es verschiedene methodische Ansätze – natürliche und technische. Sie unterscheiden sich danach, wie man das CO₂ aus der Atmosphäre bekommt und wo es anschließend gespeichert wird. Natürliche Prozesse unterstützen im Prinzip die bewährten Mechanismen des Erdsystems. CO₂ aus der Atmosphäre wird dabei in organischem oder mineralischem Material

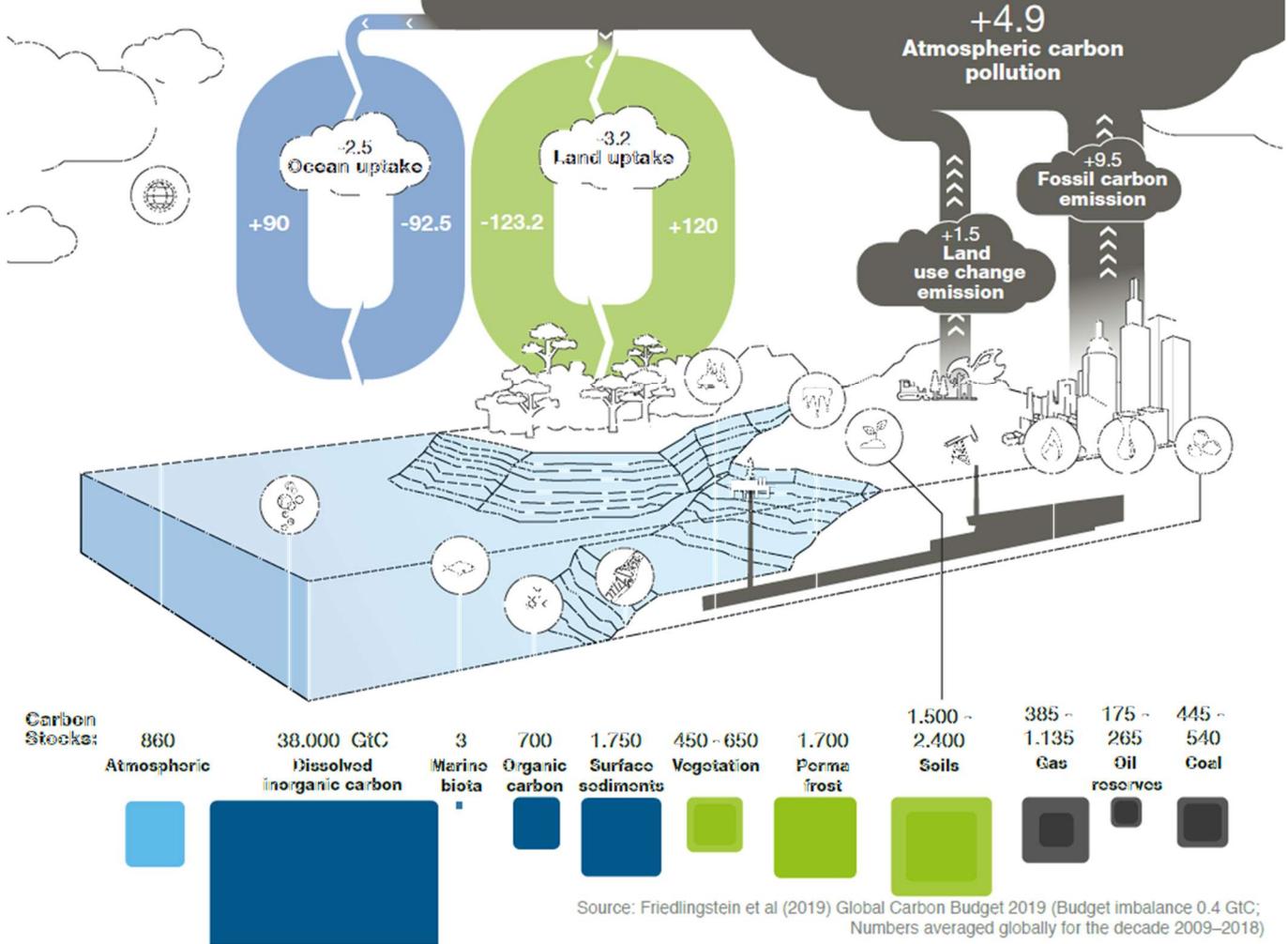
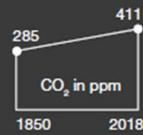
gespeichert, etwa durch Photosynthese von Pflanzen oder durch Verwitterung. Entnahme und Speicherung sind hier auf geniale Weise gekoppelt, denn der Kohlenstoff ist anschließend im Holz von Bäumen, im Boden, in Mooren oder in Gestein gebunden.

Technische Methoden versuchen die Funktionsweise der Natur nachzuahmen und CO₂ unterirdisch oder in festen Kohlenstoffverbindungen einzulagern. Scheidet man Kohlenstoffdioxid aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen ab und speichert es in Erdformationen, nennt sich das CCS (Carbon Capture and Storage). Wird das CO₂ direkt der Luft entnommen, handelt es sich um DACCS (Direct Air Carbon Capture and Storage). Diese Technologie verbraucht jedoch sehr viel Wasser und Energie. Koppelt man den CCS-Prozess an die Verbrennung von biogenen Brennstoffen, ist von BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage) die Rede.³ Prinzipiell kann man Kohlenstoff auch in Produkten speichern, etwa Kunststoffen oder Baumaterialien, das nennt sich CCU (Carbon Capture and Usage). Allerdings endet die Speicherung mit der Lebensdauer des Produkts und ist deshalb nicht unbedingt nachhaltig.

THE GLOBAL CARBON CYCLE

Changes in 2019 in GtC

Atmospheric carbon dioxide pollution 1850-2018
255 GtC = 935,85 GtCO₂*



Das globale Kohlenstoffproblem der zunehmenden anthropogenen Emissionen

Die Klimapolitik setzt zunehmend auf diese technischen Methoden der CO₂-Speicherung. Einerseits suggerieren diese Ansätze, dass das Leben weitergehen kann wie bisher, wir verpressen unsere Abgase einfach in die Erde - aus der Atmosphäre, aus dem Sinn. - aus der Atmosphäre, aus dem Sinn. Und zum anderen können technische Methoden, selbst wenn sie deutlich teurer sind als ihre natürlichen Pendanten, zu einem Geschäftsmodell werden. Sie können sogar dafür genutzt werden, die restlichen fossilen Ressourcen aus den Gesteinsschichten zu pressen, in die das CO₂ eingelagert wird - absurd. Ein

wiedervernässtes Moor und ein naturnaher Wald dagegen sind zwar von großem Wert für das Gemeinwohl der Bevölkerung, eine solch extensive Bewirtschaftung braucht aber andere Absatzmärkte.

In diesem Zusammenhang sind die natürlichen Methoden die einzigen, die sich bewährt haben und so sicher sind, dass sie nur ein geringes Risiko für die Umwelt, die Lebensgrundlagen und die Menschenrechte darstellen. Ihre Kapazitäten sind in manchen Regionen allerdings zunehmend durch die Folgen des Klimawandels gefährdet. Die

Erdsystemwissenschaften zeigen es deutlich: Um Klima- und Biodiversitätskrise zu begegnen, müssen Ökosysteme massiv renaturiert werden. Für ein stabiles Klima ist es elementar, die biogenen Kohlenstoffkreisläufe wiederherzustellen – pflanzliche Biomasse, auch Phytomasse genannt, die durch das Abholzen von Wäldern und andere degradierte Ökosysteme verloren gegangen ist, muss wieder aufgebaut werden. Infolgedessen werden wir Abstriche machen müssen, sowohl bei der Landfläche als auch bei der Biomasse, die uns zur Verfügung stehen. Das führt uns vor Augen, dass das Leben eben nicht so weitergehen kann wie bisher. Vielmehr müssen wir uns einerseits von fossiler und verbrennungsbasierter Energie verabschieden und zugleich die biogenen Kohlenstoffkreisläufe wieder in Balance bringen, um das Klima zu stabilisieren.

1. Emissionen: Vermeiden statt versenken

Eine Emission zu vermeiden ist immer besser, als sie theoretisch auszugleichen. Denn um Treibhausgase aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe im Nachhinein wirksam zu neutralisieren, müssen sie der Atmosphäre entnommen werden – und das zusätzlich zum Wiederaufbau der biogenen Kohlenstoffkreisläufe. Ein Wald, der als solcher natürlich CO₂ aufnimmt, darf deswegen noch lange nicht als Emissionsausgleich gezählt werden. Nur zusätzlich aufgeforstete oder renaturierte Flächen können überhaupt rechnerisch Emissionen ausgleichen. Zudem muss das ausgeglichene CO₂ so lange sicher verwahrt bleiben, wie die ursprüngliche Emission wirkt – also

mindestens über Jahrhunderte^{4 5}. Wer kann das gewährleisten?

Die nötige Permanenz ist bei keiner Methode, mit der man CO₂ aus der Atmosphäre entfernt, garantiert. Wälder brennen zunehmend, Ökosysteme sterben ab. Darüber hinaus haben alle technischen CDR-Lösungen weitere Nachteile: Manche sind potenziell ökologisch schädlich, manche teuer, verbrauchen viel Energie oder Wasser, ihre Kapazitäten sind beschränkt, sie sind technologisch noch gar nicht weit genug entwickelt oder gesellschaftlich nicht akzeptiert.⁶

Natürliche Kohlenstoffsinken – etwa naturnahe Wälder, Seegraswiesen und wiedervernässte Moore – haben natürliche, positive Nebenwirkungen (siehe Punkt 7). Doch infolge des Klimawandels steigt ihr Risiko, durch Dürren, Brände, Stürme, Insekten und Pathogene geschädigt und so von CO₂-Senken zu -Quellen zu werden. Vom Risiko künftiger Entscheidungen, die Flächen anderweitig zu nutzen, einmal ganz abgesehen.⁷

Deshalb: Alle Emissionen, die sich irgendwie vermeiden lassen, müssen der Atmosphäre erspart bleiben. Das minimiert die Abhängigkeit von unzuverlässigen CO₂-Speichern. Für den kleinen Rest, der dennoch bleibt, gilt es, natürliche Senken aufzubauen – und zwar über die historisch natürlichen Phytomassebestände hinaus.

Um die Restemissionen zu minimieren, braucht es:

- eine Energieversorgung, die nicht auf Verbrennung basiert. Dazu gehört neben Kohle, Öl und Gas auch die Verbrennung von Biomasse.

- eine kritische Auseinandersetzung damit, welche Emissionen tatsächlich unvermeidbar sind
- eine effizientere Industrieproduktion
- einen suffizienten, bedarfsorientierteren Lebensstil

Die Energieversorgung Deutschlands muss komplett aus erneuerbaren Quellen gespeist werden – sowohl für Strom und Wärme als auch für Transport.⁸ Das schließt die energetische Nutzung von Biomasse weitgehend aus. Grüner Wasserstoff – der primär mit Wind und Solarstrom hergestellt wurde – und Power-to-X ergänzen den Energiemix punktuell⁹. Der grüne Wasserstoff muss dabei für die Anwendungen reserviert sein, für die es keine Alternativen gibt – momentan etwa die Herstellung von Nickel und Platin, die Entschwefelung bei der Stahlproduktion. Denn bei der Umwandlung von grünem Strom zu grünem Wasserstoff gehen bis zu 37 Prozent der Energie verloren. Für Gebäudeheizungen oder als Kraftstoff für Pkw kommt er ebenso wenig in Frage wie Biomasse für die industrielle Verbrennung.

Emissionen, die man nicht dadurch vermeiden kann, dass man Energie aus Solar, Wind und Geothermie gewinnt, sind trotzdem nicht zwingend unvermeidbar. Bei der Herstellung von Zement und Kalk etwa entstehen stoffliche CO₂-Emissionen, unabhängig von der verwendeten Energie. Unvermeidbar sind diese jedoch nur, wenn Zement und Kalk als unersetzbar gelten – für sie gibt es allerdings Alternativen. So muss jede Industrie darauf überprüft werden, wie sie mithilfe von emissionsarmen Energien, innovativen Produkten und effizienterer Produktion möglichst emissionsfrei werden kann. Gleiches gilt für die Seite

der Verbraucher:innen, die ihren Lebenswandel derart verändern müssen, dass auch die Nachfrageseite ihren Beitrag zu null Emissionen leistet.

2. Energieträger: Burn-out beenden

2023 wurde weltweit so viel fossile Energie verwendet wie nie zuvor.¹⁰ Deutschland deckt noch immer knapp achtzig Prozent seines gesamten Energieverbrauchs aus Öl, Kohle und Gas.¹¹ Um das Klima, aber auch die Ressourcen des Erdsystems zu schützen, müssen diese Stoffe im Boden bleiben und ersetzt werden – in ihrer Funktion als Energieträger für Strom, Brenn- und Kraftstoffe, aber auch als Rohstoffe für Düngemittel, Kunststoff, Kosmetik, Textilien und vieles andere.

Nur für Kohle ist ein Ausstieg bisher politisch anvisiert – mit dem Jahr 2038 allerdings viel zu spät. Kohle sollte spätestens ab 2030 im Boden bleiben.^{12 13}

Gas dominiert hierzulande vor allem im Bereich Wärme – fast sechzig Prozent aller Heizungen werden damit bisher betrieben.¹⁴ Mit (Groß-) Wärmepumpen und Solarthermie stehen aber gute Alternativen für die Wärmewende bereit. Gas sollte spätestens ab 2035 im Boden bleiben.¹⁵

Für den Ölausstieg gibt es bislang nicht einmal Planungen seitens der Politik. Doch um das Schlimmste in Sachen Klimakrise noch zu verhindern, muss Deutschland vor 2040 treibhausgasneutral sein – spätestens bis dahin muss auch Erdöl im Boden bleiben.¹⁶ Die Verkehrswende muss deshalb deutlich engagierter vorangetrieben werden. Dazu gehört insbesondere ein EU-Verbot für Neuzulassungen von Verbrennern.

A propos Verbrennen: Das ist nicht nur im Kontext fossiler Energieträger problematisch. Ersetzt man diese einfach durch primäres Holz – also solches, das vorher nicht anderweitig genutzt wurde – hilft das nicht, im Gegenteil: Es belastet den Wald zusätzlich, der durch Dürre, Bodenversauerung, Stickstoffeintrag und intensive Holzentnahme ohnehin ausgezehrt ist.¹⁷ Primärholz sowie Lebens- und Futtermittel sollten nicht verbrannt werden – denn Wälder und Felder werden als natürliche Klimaschützer und für den Anbau von Nahrungsmitteln dringend benötigt. Außerdem wird Biomasse als Ersatz für Produkte gebraucht, die heute aus energieintensiven Rohstoffen wie Plastik, Metall oder Beton bestehen. So wie Biomasse momentan verwendet wird, untergräbt es das im Klimaschutzgesetz festgeschriebene Ziel, Ökosysteme als Schutz für Klima und Umwelt zu stärken.¹⁸ Verbrennung – also die energetische Nutzung – sollte erst am Ende einer mehrfachen stofflichen Kaskadennutzung stehen und sich auf Abfall und Reststoffe beschränken.¹⁹

3. Kohlenstoffentnahme: Senken ja, Versenken nein

Auch wenn Emissionsminderung immer Vorrang vor einer nachträglichen Entnahme hat, können natürliche Kohlenstoffsenken durchaus einen Beitrag zum Klimaschutz leisten:

- Kurzfristig helfen sie, die Emissionen aus dem LULUCF-Bereich (Land Use, Land Use Change and Forestry, auf Deutsch: Landnutzung) zu verringern.
- Mittelfristig können sie theoretisch geringfügige Restemissionen ausgleichen, die

sich trotz aller Bemühungen nicht vermeiden lassen.²⁰

- Langfristig könnten sie vielleicht die historisch kumulierten Emissionen aus den Ökosystemveränderungen der biogenen Kohlenstoffkreisläufe ausgleichen
- Theoretisch können sie zudem einen temporären Overshoot in den 1,5-Grad-Modellen des IPCC ausgleichen – also einen vorübergehenden Anstieg der globalen Temperatur um mehr als 1,5 Grad Celsius. Ein solcher Overshoot sollte allerdings wenn irgendwie möglich vermieden, bzw. auf ein Minimum begrenzt werden, da viele Folgen der Erderwärmung nicht rückgängig zu machen sind, etwa der Anstieg des Meeresspiegels²¹ und verschiedene Kippunkte des Erdsystems, wie die Schmelze der Eisschilde²²

Für Deutschland, das zeigen Berechnungen, könnten natürliche Senken zwar ausreichen, um die Restemissionen theoretisch auszugleichen, sofern vorher engagiert reduziert wird. Hier ist aber nicht berücksichtigt, welche Verantwortung für eine Renaturierung und natürliche Klimaschutzleistung noch zusätzlich notwendig wäre, um den Wiederaufbau der globalen biogenen Kohlenstoffkreisläufe zu unterstützen. Die Restemissionen liegen je nach Szenario bei 36 bis 74 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr bis 2045 – das wären fünf bis elf Prozent der heutigen Emissionen. Das Klimaschutzgesetz schreibt passend dazu vor, die natürlichen Senken so zu stärken, dass der LULUCF-Sektor –Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft – bis 2030 25 Millionen Tonnen CO₂ jährlich aufnehmen kann, und bis 2045 sogar 40 Millionen Tonnen jährlich.

Wissenschaftliche Berechnungen zeigen, dass in Deutschland mit (Wieder)aufforstung, der Wiedervernässung von Mooren und der Rekultivierung von Seegraswiesen in zwanzig Jahren 3 bis 41 Megatonnen CO₂ jährlich entnommen werden könnten. Doch das Senkenziel des LULUCF-Sektors für 2030 ist laut dem neuesten Projektionsbericht des Umweltbundesamts in Gefahr: Um es zu erreichen, müsste man die Art, wie Land genutzt wird, drastisch verändern. Biomasse muss wieder aufgebaut werden – oder, um es einfacher zu sagen: Einfach wachsen lassen. Ob Pflanzen in besonders schützenswerten Wäldern oder Moorböden nach der Wiedervernässung. Dafür braucht es entsprechende Gesetzesänderungen, denn will man Flächen anders nutzen als jetzt, muss man womöglich Eigentumsrechte einschränken, Menschen dafür entschädigen, und die Umsetzung von neu einzuführenden Ökologiepflichten finanziell fördern.

Eine Kohlenstoffsенke erfüllt dabei zwei Aufgaben: Sie entnimmt das CO₂ aus der Atmosphäre und speichert es. Solche Alleskönner findet man nur in natürlichen Kohlenstoffsенken, die das CO₂ in Pflanzen und Böden unschädlich machen – zusammengefasst unter dem Kürzel LULUCF. Mehr Naturschutzflächen und Waldwildnisgebiete, naturnahe Waldnutzung und -gründung auf freien Flächen, Dauergrünland, bodenschonender und ökologischer Ackerbau, weniger Entwässerung und die Wiedervernässung von trockenliegenden Moorböden binden Kohlenstoff. Auch hybride Methoden, wie im Boden eingelagerte Pflanzenkohle, können dazu beitragen, CO₂ langfristig zu binden. Diese natürlichen Kohlenstoffsенken – und nur sie – sind laut Studien relativ risikofrei.

Technische Methoden dagegen können die Artenvielfalt, die Ernährungssicherheit, die Versorgung mit Trinkwasser und die Menschenrechte gefährden.²³ Diese gravierenden Gefahren rühren vor allem daher, dass man hier künstlich CO₂-Speicher schaffen muss, meist unterirdisch (als Teil von CCS). Deren Risiken sind nur ungenügend erforscht²⁴: CO₂-Endlager sind momentan vor allem unter den Ozeanen geplant. Doch je mehr Gas unter dem Meeresboden gespeichert wird, desto größer wird das Risiko für Leckagen, also das Austreten von CO₂. Dieses würde das Meerwasser versäuern und könnte Algen, Fische, weitere Organismen und ganze Ökosysteme schädigen. In dem Gesteinsspeicher könnten zudem toxische Stoffe entstehen, die bei Leckagen ins Meer gespült würden.²⁵ Die weltweite Erfahrung mit marinem CCS beschränkt sich auf zwei Projekte in Norwegen, die recht klein sind und vor allem zeigen, dass die Technologie nicht marktreif ist – das eingelagerte Gas hat sich anders verhalten als vorhergesagt und ob die Speicher als dicht gelten, ist Definitionssache.²⁶

Gegen technische Kohlenstoffsенken wie BECCS und DACCS spricht auch das Problem der Flächenkonkurrenz. Allein der Landbedarf für den Anbau der entsprechenden Biomasse etwa wäre enorm. Und wird CO₂ unter dem Meeresboden gespeichert, können in diesem Bereich keine Windparks stehen und auch Meeresschutzgebiete, die im Rahmen des Weltnaturabkommens und Europäischen Biodiversitätsstrategie ausgewiesen werden müssten, kommen dann auf diesen Gebieten nicht mehr in Frage.²⁷ CCS wird von den Menschen in Deutschland im Vergleich zu anderen Staaten sehr kritisch gesehen.²⁸ Doch nicht nur der Einsatz der Technologie ist umstritten, sondern auch, welches CO₂ auf diese Weise eingelagert werden dürfte. Der Entwurf

für das Kohlenstoffspeichergesetz etwa sieht vor, dass auch CO₂ aus Gaskraftwerken, also aus fossiler Quelle, eingebracht werden dürfte. Dann werden allerdings keine Emissionen entnommen, sondern lediglich zusätzliche vermieden. Und das nicht einmal komplett: Scheidet man CO₂ an Industrieanlagen ab, gelangen schon dabei mindestens 15 Prozent²⁹ und im späteren Verlauf des Transports noch mehr Gas in die Atmosphäre.³⁰ Laut Gesetzentwurf würden zudem die Betreiber selbst ihre CO₂-Deponien überwachen – unabhängige Sicherung sieht anders aus.³¹

So zieht auch der Weltklimarat IPCC das Fazit, dass CO₂-Entnahme zwar notwendig ist – CCS allerdings die teuerste Variante darstellt, und das bei geringstem Entnahmepotenzial.³² Eine riskante, teure und kaum berechenbare Technologie zur vermeintlich sicheren Lagerung von schädlichem Menschheitsmüll über Jahrhunderte? Ein Schelm, wem da die Endlagerproblematik des Atommülls in den Sinn kommt. Falls überhaupt, dann sollte CCS nur eine Notlösung in der Hinterhand bleiben.³³

4. Industrie: CO₂-freie Produktion fördern

Nach der Energiebranche emittiert in Deutschland die Industrie die meisten Treibhausgase – deren Menge sich in den letzten zehn Jahren nicht substantiell reduziert hat.³⁴ Das liegt auch daran, dass jährlich mehr als 16 Milliarden Euro Subventionen Anreize für klimaschädliches Wirtschaften setzen – entweder, indem sie Unternehmen beim Emissionshandel finanziell entlasten oder direkt fossile Energieträger fördern.³⁵ Hierzu zählt auch, dass Emissionen aus Bioenergie weiterhin als klimaneutral gelten. Das ist in

Zeiten zunehmender Dürreperioden und Waldbrände weltweit und der Zeit, die für die erneute Speicherung des Kohlenstoffdioxids in der langsam wachsenden Biomasse bleibt, schwer nachvollziehbar. Die Politik sollte all diese widersinnigen Subventionen schnellstens abbauen. Dazu hat sich Deutschland im Rahmen der G7 und die Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag verpflichtet.³⁶

Parallel müssen CO₂-freie Produkte und Produktionsverfahren weiterentwickelt werden – es gibt kein Recht auf schwer vermeidbare Restemissionen! Nur weil ein Produkt derzeit nicht treibhausgasfrei hergestellt werden kann und für den aktuellen Lebensstil essenziell erscheint, bedeutet das nicht, dass es unersetzbar wäre. Es gibt sie, die Prozesse, Produkte und Alternativen, die ohne oder mit deutlich niedrigeren CO₂-Emissionen auskommen:³⁷

- Chemie: Wärme und Dampf können durch Geothermie oder mit Strom aus Wind und Solar erzeugt werden (Power-to-Heat). Methanol kann relativ klimafreundlich produziert werden, aus grünem Wasserstoff und CO₂.
- Stahl: Das Material kann vielfach recycelt werden und dass emissionsarm dank Strom aus Geothermie, Wind und Solar. Wird neuer Stahl hergestellt, entsteht bei Direktreduktion in Verbindung mit grünem Wasserstoff weder energie- noch prozessbedingt CO₂.
- Zement: Stellt man Zement her, der hauptsächlich als Bindemittel für Beton genutzt wird, entstehen hohe stoffliche CO₂-Emissionen. Um sie zu vermeiden, kann man entweder auf alternative Bindemittel

zurückgreifen oder biologische Baustoffe wie beispielsweise Holz nutzen, in denen CO₂ langfristig gebunden ist.

- Plastik: In Kunststoff steckt gleich doppelt Erdöl und Co. – als Energieträger und als Rohstoff. Landet das Plastik dann in der Landschaft³⁸ oder in der Müllverbrennung, entstehen Treibhausgase. Alternative Materialien setzen auf nachwachsende Rohstoffe oder sogar CO₂ als Ausgangsmaterial.³⁹ Dabei gilt, dass viele Wegwerfprodukte überflüssig für ein gesundes und gutes Leben sind und sich das Produktdesign stark an den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft orientieren muss.

5. CO₂-Saldo: Bloß nicht verrechnen!

Um die CO₂-Bilanz der Atmosphäre vollständig abbilden zu können, muss die Menschheit sowohl Emissionen als auch Entnahmen erfassen. Natürliche Kohlenstoffsenken werden bereits im LULUCF-Sektor berücksichtigt und auf das deutsche und europäische Klimaschutzziel angerechnet.⁴⁰ Technische Senken wie CCS dagegen sind keinem Sektor zuzuordnen – wer aber seine potenziellen Emissionen mithilfe dieser Technologien abscheidet, bekommt dafür eine Gutschrift im Emissionshandelssystem der EU (= EU ETS, European Union Emissions Trading System)⁴¹, braucht also weniger Emissionsrechte – und das sogar unabhängig davon, ob die eingelagerten Emissionen fossilen oder biogenen Ursprungs (= BECCS) sind.⁴² Durch diese Verrechnung kannibalisiert CCS die Emissionsminderung, denn Vermeidung und Versenkung werden gleichgesetzt. Dabei sollte die

Vermeidung immer Vorrang haben⁴³. Sektoren können sich sonst vor Emissionsreduktionen drücken, weil die tatsächliche Menge an freigesetzten Treibhausgasen nicht mehr transparent nachvollziehbar ist.

Analog zum Handel mit Emissionsrechten will die EU auch den Handel mit Entnahmezertifikaten regeln. Dieser Markt ist allerdings freiwillig und nicht wie der Emissionsrechtehandel verpflichtend. Das EU-Parlament hat dazu im April das Carbon Removal Certification Framework, CRCF, verabschiedet.⁴⁴ In seiner jetzigen Formulierung droht das Rahmenwerk allerdings zum Greenwashing⁴⁵ beizutragen, das man schon vom Handel mit CO₂-Kompensationszertifikaten kennt, die man auch als Privatperson kaufen kann, um etwa die Emissionen eines Urlaubsflugs auszugleichen. Diese sind laut Studien zu mehr als neunzig Prozent wirkungslos⁴⁶. Der CRCF-Entwurf ist stellenweise problematisch⁴⁷:

- Vermischung: Dauerhafte Kohlenstoffentnahme, temporäre Kohlenstoffspeicherung und Emissionsreduzierung – sie alle wären als Emissionsausgleich zertifizierbar. Denn das EU-Rahmenwerk schließt sowohl die technischen Methoden BECCS und DACCS ein (Permanent Carbon Removal), als auch natürliche Methoden im Bereich der Land- und Forstwirtschaft, die Kohlenstoff temporär speichern oder Emissionen verringern. Dazu zählt etwa Carbon Farming – also der Versuch, Landwirtschaft so umzubauen, dass der Acker mehr Kohlenstoff speichert. Und selbst die CO₂-Speicherung in Produkten fällt unter den Zertifizierungsrahmen.⁴⁸ Diese Vermischung verschiedenster Kategorien läuft der

wichtigsten Prämisse zuwider, Emissionen zu reduzieren, wo es geht und nur für den wirklich unvermeidbaren Rest auf Entnahmen zu setzen.⁴⁹ Zudem können klimaschonende Methoden der Landwirtschaft und -nutzung positive Nebenwirkungen auf Ökosysteme, Biodiversität und Klimaanpassung haben und sollten daher anders gestellt werden als technische Methoden. Diese sind großteils noch nicht einmal marktreif und zudem mit hohen Kosten, Energieaufwand und Risiken verbunden.⁵⁰

- **Mehrfachzählung:** Was auf der Fläche Deutschlands an CO₂ entnommen wird, zählt in die nationale Treibhausgasinventur – in Form von CRCF-Zertifikaten könnte sich aber ein Unternehmen dieselbe Entnahme anrechnen.^{51 52}
- **Ewigkeitsanspruch:** CO₂, das in Produkten gespeichert ist (CCU), wird am Ende von deren Lebensdauer wieder freigesetzt – von einer dauerhaften Speicherung kann hier also keine Rede sein, eher von einer zeitlichen Verschiebung der Emission.⁵³

Den LULUCF-Sektor ab 2030 ins europäische Emissionshandelssystem zu integrieren, wie es mancher in der EU vorschlägt, ist eher eine Scheinlösung für all diejenigen, die der Verantwortung entgehen wollen, Emissionen deutlich zu reduzieren. Selbiges gilt für die Integration von ökosystembasierten Aktivitäten in die Regeln für künftige internationale Kohlenstoffmärkte und Emissionsverrechnungen unter der UN Klimakonvention.

6. Nicht auf Lücke spielen: Heute mindern, statt auf hypothetische Senken zu spekulieren

Gegen die immer weiter voranschreitende Erderhitzung gibt es ein wirkungsvolles Mittel: weniger Treibhausgase emittieren. Doch statt auf diese bewährte Lösung zu setzen, baut die Klimapolitik weltweit auf eine hypothetische Lösung – den Ausbau von riskanten Technologien zur CO₂-Entnahme. Die Weichen dafür, Kohlendioxid durch die Lande zu transportieren und unterirdisch einzulagern, werden bereits gestellt – dabei sind die Möglichkeiten, Treibhausgasemissionen zu reduzieren und zu vermeiden, bei weitem noch nicht ausgeschöpft.⁵⁴ Das zementiert fossile Wirtschaftsmuster und verhindert die Transformation zu einer emissionsarmen Gesellschaft.

Nicht nur die Politik verlässt sich auf den vermeintlichen Heilsbringer technischer CDR-Methoden, auch der Internationale Klimarat IPCC. Dessen Szenarien basieren großteils auf Kohlenstoffentnahme im großen Stil – allerdings gehen sie ausnahmslos von immer weiterem Wirtschaftswachstum aus, was alternative Szenarien durchaus in Frage stellen. Der Weltklimarat IPCC versäumt es zudem, ausreichend zu untersuchen, wie sich verschiedene CDR-Methoden auf die Existenzgrundlage und die Ernährungssicherheit vieler Menschen auswirken könnten. Auch nennt er keine Größenordnung, bis zu der eine Kohlenstoffentnahme risikoarm möglich wäre.⁵⁵

Dieses Planen mit kaum erprobten und schon gar nicht marktreifen Technologien und Lagermethoden – es erinnert an das Fiasko der Endlagerung von Atommüll.

Eine weitere Parallele: Momentan wären die Betreiber von unterirdischen CO₂-Speichern für die Dauer des aktiven Einlagerungsbetriebs und weitere vierzig Jahre im Anschluss verantwortlich, danach übernehme das jeweilige Bundesland. Diese Zeit ist in Relation zur Dauer der Lagerung, die mehrere Jahrhunderte betragen muss, sehr kurz.⁵⁶ Risiken werden damit auf die Gesellschaft abgewälzt.

Zudem ist eine Entnahme nicht einfach das äquivalente Gegenstück einer Emission. Für das Erdsystem ist es etwas anderes, ob CO₂ durch die Verbrennung von Öl, Kohle, Gas oder Biomasse emittiert wird oder der Atmosphäre die gleiche Menge Kohlenstoff durch biologische, geochemische oder chemische Prozesse und die Einlagerung in Pflanzen, Boden, den Ozean oder Gestein entnommen wird. Die Ozeane haben schon mehr CO₂ aus der Atmosphäre aufgenommen, als sie vertragen; zugleich haben sie als Wärmespeicher die Folgen der Klimakrise abgemildert. Doch nun kommen sie an ihre Grenzen – mit verheerenden Folgen. Auch den terrestrischen Kohlenstoffpuffer hat die Menschheit geschwächt, indem sie mit kontinuierlichem Abholzen und Landdegradierung die Phytomasse drastisch dezimiert hat. Hier besteht großes Potenzial, aber auch eine dringende Notwendigkeit, Ökosysteme zu renaturieren, damit sie CO₂ wieder effektiv speichern können. Biomasse und Boden sind Teil des kurzfristigen biogenen Kohlenstoffkreislaufs, der binnen Jahrzehnten umgewälzt wird. Die Erderwärmung dagegen basiert auf primär fossilen Emissionen, die eine deutlich längere Lebenszeit haben. Außerdem haben Emissionen und Entnahmen

unterschiedliche biogeophysikalische Klimaeffekte, die sich nicht kompensieren lassen.⁵⁷ Beispielsweise verschlechtert sich die Fähigkeit der Ozeane, CO₂ zu puffern, mit zunehmender CO₂-Konzentration der Atmosphäre.⁵⁸ Und viele natürliche CO₂-Senken verändern die Landoberfläche; in großem Maßstab verändert sich dadurch unter anderem deren Reflexionsvermögen gegenüber der Sonnenenergie, oder ihre Resilienz, etwa weil sich die Transpiration erhöht und die Landschaft besser gekühlt wird.⁵⁹

7. Zwei Krisen mit einer Klappe schlagen: Klimawandel und Artensterben kombiniert begegnen

Mit dem Klima hat die Menschheit auch die Artenvielfalt in Schwierigkeiten gebracht – und beide Krisen verstärken sich gegenseitig.⁶⁰ Die gute Nachricht: Sie lassen sich auch gemeinsam lösen. Schützen wir natürliche Kohlenstoffsenken wie Naturwälder, Moore, Ozeane, Kelbwälder, und renaturieren degradierte Ökosysteme auf großer Fläche, erleichtert das nicht nur die Atmosphäre um CO₂, es schafft auch Lebensraum für viele Arten und stabilisiert Ökosysteme, von deren Leistungen die Menschheit profitiert. Integrierter Klimaschutz verbessert das Mikroklima und die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit im Boden, schädliche Landnutzungsänderungen werden umgekehrt.^{61 62} Natürlicher Klimaschutz ist deshalb genauso essenziell wie der Ausbau der Erneuerbaren Energien.⁶³

Natürliche Kohlenstoffsenken sind damit die einzige Methode zur CO₂-Entnahme, die positive Nebeneffekte

für den Schutz der Lebensgrundlagen hat. Die Politik hat das vermeintlich verstanden: Der deutsche Aktionsplan Natürlicher Klimaschutz (ANK) sowie das Nature Restoration Law der EU zahlen darauf ein, die UN hat die Dekade der Ökosystemrestauration ausgerufen. Doch de facto wird der natürliche Klimaschutz häufig hintenangestellt – gerade wurden dreißig Prozent der ANK-Mittel wegen Haushaltskürzungen gestrichen und mehrere Projekte verschoben.⁶⁴ Und das, obwohl der LULUCF-Sektor als Treibhausgassenke verbindlich eingeplant ist: EU-weit sollen Böden und Biomasse perspektivisch 310 Millionen Tonnen CO₂ jährlich aus der Atmosphäre entnehmen. Ob die natürlichen Systeme diese Erwartung erfüllen können, hängt allerdings davon ab, wie man mit ihnen umgeht. Zwischen 2010 und 2020 hat sich die Menge an Kohlendioxid, die die europäische Natur jährlich aufnimmt, um knapp 29 Prozent verringert.⁶⁵ Und der Trend hält weiter an⁶⁶, vor allem dank des schlechten Zustands der Wälder. In Deutschland war der LULUCF-Sektor 2020 bis 2022 sogar eine Nettoquelle für Treibhausgase.⁶⁷

Der natürliche Klimaschutz hat keine Lobby, weil kein Industriezweig unmittelbar wirtschaftlich von ihm profitiert, anders als etwa bei den erneuerbaren Energien, die hier etwas bessere Bedingungen haben. Dagegen wirkt die Lobbyarbeit der derzeitigen Land- und Forstwirtschaft dem natürlichen Klimaschutz sehr erfolgreich entgegen.

Natürlicher Klimaschutz muss auf Bundesebene verankert werden – etwa mit Wirkung auf Raumordnungsgesetz, Bundeswaldgesetz, Bundesnaturschutzgesetz.⁶⁸ Böden und Biomasse können ihre Funktion als Kohlenstoffseneke optimal wahrnehmen, wenn:

- intakte Moore geschützt und trockengelegte landwirtschaftlich genutzte Moorböden wiedervernässt werden⁶⁹ – letztere sind die größte CO₂-Quelle Deutschlands außerhalb des Energiesektors⁷⁰
- Auen renaturiert werden
- Wälder naturnah und klimastabil (wieder)bewaldet werden⁷¹
- der Boden durch schonende Land- und Forstwirtschaft als CO₂-Speicher ausgebaut wird⁷²
- die Landwirtschaft umgebaut wird, weg von Entwässerung, hin zu extensiver Bewirtschaftung mit entsprechenden Entschädigungen⁷³
- Biomasse nicht länger verbrannt wird⁷⁴, Holz und andere natürliche Materialien vielmehr verbaut und anderweitig genutzt werden
- die Meere als CO₂-Speicher gestärkt werden, etwa durch die Förderung von Seegrasswiesen

8. Senken-Ranking: CDR-Methoden vergleichbar machen

Die Idee, der Atmosphäre Kohlenstoff zu entnehmen, ist mittlerweile weltweit als Instrument der Klimapolitik etabliert. Die verschiedenen natürlichen und technischen CDR-Methoden unterscheiden sich aber erheblich darin, wie effektiv sie sind, welche Risiken mit ihnen einhergehen, ob und welche positiven Nebenwirkungen sie mitbringen und wie einsatzbereit und erprobt sie sind. Daher sollte ein einheitlicher Bewertungsmaßstab entwickelt werden.

eine Art Nachhaltigkeits- und Risikoindex, der CDR-
Methoden vergleichbar macht.

Auch müssen Zielkonflikte mit anderen
Klimaschutzmaßnahmen aufgelöst werden. In
Deutschland etwa konkurrieren Erneuerbare Energien
und natürliche CO₂-Senken um verfügbare Flächen –
dies muss gesetzlich aufgelöst werden, damit beide
Ziele Rechts- und Planungssicherheit bekommen.⁷⁵
Denn der natürliche Klimaschutz kann und sollte
sofort intensiviert werden, schließlich brauchen
natürliche Senken Zeit, um CO₂ aufzunehmen.

8 Punkte zur Kohlenstoffentnahme

1.

Emissionen: Vermeiden statt Versenken

Alle Emissionen, die irgendwie vermieden werden können, müssen der Atmosphäre erspart bleiben, Emissionsminderung muss immer Vorrang vor nachträglicher Entnahme haben.

2.

Energieträger: Burn-out beenden

Fossile Energieträger müssen im Boden bleiben.

3.

Kohlenstoffentnahme: Senken ja, versenken nein

Natürliche Kohlenstoffsinken können zum Klimaschutz beitragen.

4.

Industrie: CO₂-freie Produktion fördern

Es gibt kein Recht auf schwer vermeidbare Restemissionen! Nur weil ein Produkt derzeit nicht treibhausgasfrei hergestellt werden kann und für den heutigen Lebensstil essenziell erscheint, ist es nicht unersetzlich oder unverzichtbar

5.

CO₂-Saldo: Bloß nicht verrechnen!

Die Kompensation von CO₂ setzt Vermeidung und Versenken gleich, dabei sollte die Vermeidung immer Vorrang haben.

6.

Nicht auf Lücke spielen: Heute reduzieren statt auf hypothetische Senken spekulieren.

Statt auf hypothetische Lösungen wie den Ausbau risikoreicher Technologien zur CO₂-Abscheidung in einer ungewissen Zukunft zu setzen, sollten heute erprobte Lösungen Vorrang haben.

7.

Zwei Krisen mit einer Klappe schlagen: Klimawandel und Artensterben kombiniert begegnen

Natürlicher Klimaschutz ist genauso wichtig wie der Ausbau erneuerbarer Energien.

8.

Senken-Ranking: CDR-Methoden vergleichbar machen

Es sollte ein einheitlicher Bewertungsmaßstab entwickelt werden, eine Art Nachhaltigkeits- und Risikoindex, der CDR-Methoden vergleichbar macht.

Quellenverzeichnis

- 1 [2024 Statistical Review World Energy.pdf](#) S. 4
- 2 <https://www.mpg.de/21350374/xaida-extrem-wetter-klima>
- 3 [2022 UBA fact sheet Technische Negativemissionen.pdf](#) S. 1
- 4 <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2007GL030905>
- 5 [2023 nature NetZeroEarthSystemImpacts.pdf](#) S. 2
- 6 [2021 Ariadne Deutschland Klimaneutralität 2045.pdf](#) S. 229
- 7 [2023 nature NetZeroEarthSystemImpacts.pdf](#) S. 2
- 8 [2024 CDRterra CDR an Land.pdf](#) S. 4 auf Basis von <https://ariadneprojekt.de/publikation/energiewende-auf-netto-null-passen-angebot-und-nachfrage-nach-co2-entnahme-aus-der-atmosphaere-zusammen/>
- 9 [2023 Ariadne Angebot Nachfrage CDR.pdf](#)
- 10 [2024 Statistical Review World Energy.pdf](#) S. 12
- 11 <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergieverbrauch#primaerenergieverbrauch-nach-energietragern>
- 12 <https://www.greenpeace.de/klimaschutz/energiewende/kohleausstieg>
- 13 [2021 UBA Wege in ressourcenschonende Treibhausgasneutralitaet.pdf](#) S. 417
- 14 https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/dena-Gebaedereport_2024.pdf S. 27, eigene Berechnung
- 15 <https://www.greenpeace.de/klimaschutz/energiewende/gasausstieg>
- 16 <https://www.greenpeace.de/klimaschutz/energiewende>
- 17 <https://www.greenpeace.de/publikationen/Greenpeace%20Stellungnahme%20ANK.pdf> S. 16
- 18 [2022 NationaleBiomassestrategie.pdf](#) S. 2
- 19 [2022 NationaleBiomassestrategie.pdf](#) S. 6/7
- 20 [2024 nature TheCDRgap.pdf](#) S. 1
- 21 [2024 nature TheCDRgap.pdf](#) S. 1
- 22 <https://www.pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente/kippelemente>
- 23 [2024 CarbonBrief CDR sustainability risks.pdf](#) S. 5
- 24 [2024 CarbonBrief CDR sustainability risks.pdf](#) S. 5
- 25 [2023 UBA CCS.pdf](#) S. 9
- 26 <https://www.greenpeace.de/publikationen/20230322-Greenpeace-Stellungnahme-KSPG-CMS.pdf> auf Basis von CIEL, Nov. 2023, Deep Trouble The Risks of Offshore Carbon Capture and Storage, <https://www.ciel.org/reports/deep-trouble-the-risks-of-offshore-carbon-capture-and-storage-november-2023/4> IEEFA, Norway's Sleipner and Snøhvit CCS: Industry models or cautionary tales? Juni 2023, Grant Hauber <https://ieefa.org/sites/default/files/2023-06/Norway%E2%80%99s%20Sleipner%20and%20Sn%C3%B8hvit%20CCS-%20Industry%20models%20or%20cautionary%20tales.pdf>
- 27 [2023 UBA CCS.pdf](#) S. 9
- 28 https://www.ifw-kiel.de/fileadmin/Dateiverwaltung/IfW-Publications/fis-import/f107e621-47d1-406a-bacb-05356f58c439-KWP_2252_Merk_Andersen_Nordo_Helfrich_publics_in_five_countries.pdf
- 29 [2023 UBA CCS.pdf](#) S. 14
- 30 [2023 UBA CCS.pdf](#) S. 14
- 31 <https://www.greenpeace.de/publikationen/20230322-Greenpeace-Stellungnahme-KSPG-CMS.pdf>
- 32 <https://www.greenpeace.de/publikationen/20230322-Greenpeace-Stellungnahme-KSPG-CMS.pdf> auf Basis von IPCC, AR6WGIII 2022, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SummaryForPolicymakers.pdf
- 33 [2023 UBA CCS.pdf](#) S. 14
- 34 https://www.greenpeace.de/publikationen/Zukunftsplan_Industrie.pdf S. 7
- 35 https://www.greenpeace.de/publikationen/Zukunftsplan_Industrie.pdf S. 7
- 36 https://www.greenpeace.de/publikationen/Zukunftsplan_Industrie.pdf S. 8

-
- 37 <https://www.greenpeace.de/klimaschutz/klimakrise/unvermeidbare-restemissionen>
- 38 <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0200574>
- 39 <https://industrydecarbonization.com/news/how-to-make-plastics-without-fossil-fuels.html>
- 40 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2186/dokumente/factsheet_crf_20220711.pdf S. 2
- 41 https://www.leopoldina.org/fileadmin/redaktion/Publikationen/Nationale_Empfehlungen/2024_ESYS_Impuls_Kohlenstoffmanagement.pdf
S. 27
- 42 <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/beitragsreihe-carbon-management-wie-werden-abgeschiedene-emissionen-bilanziert/>
- 43 https://www.leopoldina.org/fileadmin/redaktion/Publikationen/Nationale_Empfehlungen/2024_ESYS_Impuls_Kohlenstoffmanagement.pdf
S. 27
- 44 https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-removals-and-carbon-farming_en#eu-carbon-removals-and-carbon-farming-certification-crcf-regulation
- 45 <https://www.dnr.de/publikationen/verbaendeposition-zum-eu-zertifizierungsrahmen-zur-kohlenstoffentnahme>
- 46 <https://vu.nl/en/news/2023/voluntary-carbon-credits-offset-nothing-more-than-hot-air>
- 47 https://climate.ec.europa.eu/document/download/a8abe1c4-a3c6-4c94-be0e-4b76f7fd0308_en?filename=policy_carbon_faq_crcf_regulation_en.pdf
- 48 https://climate.ec.europa.eu/document/download/a8abe1c4-a3c6-4c94-be0e-4b76f7fd0308_en?filename=policy_carbon_faq_crcf_regulation_en.pdf
- 49 <https://carbonmarketwatch.org/2024/02/20/crcf-the-eus-carbon-removal-certification-failure/>
- 50 [2022 UBA zu CRCF.pdf](#) S. 3
- 51 <https://carbonmarketwatch.org/2024/02/20/crcf-the-eus-carbon-removal-certification-failure/>
- 52 [2022 UBA zu CRCF.pdf](#) S. 6
- 53 [2022 UBA zu CRCF.pdf](#) S. 4
- 54 [2023 UBA CCS.pdf](#) S. 8
- 55 [2024 CarbonBrief CDR sustainability risks.pdf](#) S. 4
- 56 [2023 UBA CCS.pdf](#) S. 22
- 57 [2023 nature NetZeroEarthSystemImpacts.pdf](#) S. 1
- 58 [2023 nature NetZeroEarthSystemImpacts.pdf](#) S. 1
- 59 [2023 nature NetZeroEarthSystemImpacts.pdf](#) S. 3
- 60 <https://online.ucpress.edu/currenthistory/article/120/829/295/118794/Climate-Change-and-Biodiversity-LossTwo-Sides-of>
- 61 [2022 UBA fact sheet Technische Negativemissionen.pdf](#) S. 5
- 62 [2024 CDRterra CDR an Land.pdf](#) S. 7
- 63 <https://www.greenpeace.de/publikationen/Greenpeace%20Stellungnahme%20ANK.pdf> S. 5
- 64 <https://www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-996382>
- 65 <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2022>
- 66 <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-land>
- 67 <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/treibhausgas-emissionen-lulucf>
- 68 <https://www.greenpeace.de/publikationen/Greenpeace%20Stellungnahme%20ANK.pdf> S. 3/4
- 69 [2021 UBA Wege in ressourcenschonende Treibhausgasneutralitaet](#) S. 417
- 70 <https://www.greenpeace.de/publikationen/Greenpeace%20Stellungnahme%20ANK.pdf> S. 14
- 71 [2021 UBA Wege in ressourcenschonende Treibhausgasneutralitaet](#) S. 417
- 72 [2024 CDRterra CDR an Land.pdf](#) S. 6
- 73 <https://www.greenpeace.de/publikationen/Greenpeace%20Stellungnahme%20ANK.pdf> S. 5
- 74 [2021 UBA Wege in ressourcenschonende Treibhausgasneutralitaet](#) S. 417
- 75 <https://www.greenpeace.de/publikationen/Greenpeace%20Stellungnahme%20ANK.pdf> S. 12