

Dossier: Rettet uns CCS vor der Klimakatastrophe?

Inhalt

Dossier: Rettet uns CCS vor der Klimakatastrophe?.....	1
Einleitung.....	2
Warum müssen wir Carbon Capture and Storage et al. einsetzen?.....	3
Ab wann und wie viel CCS und DACCS müssen wir einsetzen?	3
CCS, CDR, DACCS, CCU, BECCS – Was ist was?	4
Natürliches Carbon Capture and Storage	6
CO2-Speicherung durch Carbon Farming und Humusaufbau	6
CO2-Speicherung durch Walderhalt und Waldwachstum	7
CO2-Speicherung durch Moorerhalt und Wiedervernässung von trockengelegten Mooren	8
CO2-Speicherung durch Steigerung der Senkenwirkung der Meere	11
CCS durch beschleunigte Verwitterung basischer Gesteine und Altbeton.....	16
Carbon Capture and Storage über Bioenergiegewinnung BECCS	18
Es gibt eine ganze Reihe technisch gut umsetzbarer Verfahren	18
Der Energiepflanzenanbau ist kaum ausweitbar	18
Wald(restholz) ist mittel- und langfristig nicht mehr ausreichend vorhanden.....	19
Auch Bioabfall ist nur begrenzt verfügbar.....	20
Pyrolyse von Pflanzenmaterial und Müll zu „Bio“kohle und CO2	20
Verbrennung und Pyrolyse von Holz und auch Holzgasverbrennung ist nie klimaneutral	20
Das Pyrolyse-Verfahren bzw. die Vergasung ist energetisch ineffizient	20
Energetisch günstig erzeugte „Bio“kohle enthält Cancerogene	21
Kaum Bodenverbesserung durch „Bio“kohle, es gibt ökologisch bessere Methoden.....	21
Technologien für CO2-Abtrennung aus Luft und Abgasen	22
Wohl bekannte und erprobte Technologien stehen zur Verfügung:.....	22
Abtrennung in Kraftwerken oder Zementwerken	22
Die gebräuchlichen Abtrennverfahren	22
Technischer, energetischer und wirtschaftlicher Aufwand für CC und CCS.....	23
DAC und DACCS.....	25

Kein Mangel an Energie für DAACS dank Neokolonialismus?	26
Abtrennen mit Kalkmehl und Speichern als Calciumhydrogencarbonat.....	26
Technik des Storage durch geologisches Verpressen.....	27
Die vier grundlegenden Mechanismen der geologischen Speicherung von CO2.....	27
Bedingt gute Erfahrungen mit der Speicherung in Basalt	28
Fragliche Erfahrungen mit Sandstein beim Onshore-Projekt in Ketzin	28
CO2 Pipelines machbar, aber wer soll das bezahlen.....	29
Fragliche Erfahrungen zur Langzeitstabilität nicht nur in Norwegen	29
Warum sind Sandstein und ehemalige Erdgaslagerstätten in vielen Fällen oder sogar prinzipiell keine sicheren Speicher?	31
Nicht nur ausgeförderte Erdgasbohrungen evtl. ungeeignet.....	32
Gefährdung des Trinkwassers durch Salzwasserverdrängung.....	33
CCU – Kohlenstoff im Kreislauf führen, statt aufwändig speichern	33
Stellungnahmen zweier Klimaschutz und Energiewende aktiver Wissenschaftler	34
Fazit: CDR, CCS oder DACCS, gleich welcher Art darf nicht zum Feigenblättchen für Versäumnisse der Energiewende werden!	35
Quellen:	36

Hinweis: Der Autor war und ist bezüglich dieses Dossiers keiner Institution, keinem Unternehmen, keinem Auftraggeber, keiner Partei und keinem Lobbyverband verpflichtet und hat zu diesem Thema auch keinerlei wirtschaftliche Interessen oder persönliche Vorlieben.

Einleitung

Die Notwendigkeit von Carbon Capture and Storage (CCS) bzw. von Carbondioxid Removal (CDR) ist laut IPCC unbestritten. Dies gilt sowohl für die „unvermeidbaren Emissionen“ von Landwirtschaft und Industrie als auch für die Wiederabsenkung der atmosphärischen CO₂-Konzentration [1]. Doch der Umfang der Anwendung von CCS und CDR, die Zeitachse der Umsetzung, die natürlichen und technologischen Möglichkeiten und der jeweils erforderliche Aufwand sind umstritten. Das IPCC sagt dazu „Einschränkungen bezüglich der Geschwindigkeit, des Ausmaßes und der gesellschaftlichen Akzeptanz eines CDR-Einsatzes bestimmen die Fähigkeit, die globale Erwärmung nach einer Überschreitung wieder auf unter 1,5 °C herabzusetzen. Die Kenntnisse über den Kohlenstoffzyklus und das Klimasystem sind hinsichtlich der Wirksamkeit von netto negativen Emissionen zur erneuten Senkung von Temperaturen nach

einem Höchststand immer noch begrenzt“ [1]. Das UBA sagt in seiner aktuellsten Studie von Ende 2023 speziell zu den Möglichkeiten des technologischen Storage: „Das Potenzial, die Kosten, die Klimabilanz und die Umweltauswirkungen technischer Senken sind offen. Zahlreiche Faktoren, wie die technologischen Entwicklungsdynamiken in diesem Feld, die technischen und regulatorischen Rahmenbedingungen, die Gesetzgebung und Treibhausgasberichterstattung für CCS und technische Senken, sind [noch] zu klären [2]. Das wird vom Europäischen Rechnungshof bestätigt, der moniert, dass 10 Jahre staatlich geförderte Forschung und Entwicklung nichts gebracht hätte [754]. Während die Lobbyisten der fossilen Wirtschaft inzwischen CCS als Chance begrüßen, ihre Geschäfte möglichst weiter zu betreiben, gibt es von wissenschaftlicher Seite aber auch aus Kreisen von Natur- und Klimaschützern viel Kritik [755 - 777]. Anlass, dieses fragwürdige Thema aus der interessierten Sicht einer schnellen Energiewende zu Treibhausgas-Null und Nachhaltigkeit – aber ansonsten völlig interesseneutral – einmal gründlich zu recherchieren und zu bewerten.

Warum müssen wir Carbon Capture and Storage et al. einsetzen?

Wie bereits gesagt, gibt es Bereiche unserer Wirtschaft, die nicht völlig treibhausgasneutral betrieben werden können. Dies gilt auf jeden Fall für die Landwirtschaft, selbst völlig ökologisch betrieben, wird sie immer noch erhebliche Menge an CO₂, CH₄ und N₂O freisetzen [3]. Kritischer ist die Behauptung zu sehen, dass nicht alle industriellen Prozesse THG-emissionsfrei zu gestalten seien. Dem widerspricht die Möglichkeit einer Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft, die abgetrenntes CO₂ als Ersatz für fossile Rohstoffe (wie Erdöl und Erdgas) in der Chemie einsetzt und dann die so erzeugten Produkte nach Ablauf ihrer Lebenszeit wieder in ihre Grundstoffe zerlegt und als CCU im Kreislauf führt [4, 5, 6]. Anders ist die z. B. Situation in der Kalk- und der Zementindustrie. Die dort permanent zusätzlich erzeugten CO₂-Abgase würden zwar auch nach CCU letztlich in die Atmosphäre gelangen, aber je nach den daraus erzeugten Stoffen und Produkten stark zeitlich verzögert (siehe dazu auch den Absatz zu CCU). Richtig ist, dass durch Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre ein Ansteigen der Erderwärmung um 2 Grad plus und mehr langfristig abgebremst und teilweise rückgängig gemacht werden muss, um ein Fortbestehen der menschlichen Zivilisation zu ermöglichen. Um die Erde und die Artenvielfalt müssen wir uns in den Maßstäben der Erdgeschichte allerdings weniger Sorgen machen, die Natur regeneriert sich notfalls auch ohne den Menschen.

Ab wann und wie viel CCS und DACCS müssen wir einsetzen?

Ursprünglich sagte das IPCC, für die wirklich unvermeidbaren CO₂-Restemissionen müsse CCS nach Erreichen von ansonsten THG-Null eingesetzt werden. Was dann ab ca. 2050 sogar eine Treibhausgas senkende Wirkung in der Atmosphäre erreichen könne. Inzwischen sagen einige Wissenschaftler – z. B. Rockström et al. [626] – ein langfristiger Erhalt der Lebensgrundlagen für

den Menschen und für die Fauna und Flora in entsprechender Artenvielfalt sei langfristig nur möglich, wenn wir wieder zu 1 Grad plus zurückkehren würden. Andere Wissenschaftler fordern angesichts dessen, dass wir gerade zügig auf 2 Grad plus zumarschieren, müsse jetzt unbedingt zügig mit DACCS begonnen werden [627, 628]. Dass 1 Grad plus nicht nur ein erstrebenswertes, sondern sogar ein notwendiges Ziel ist, soll gar nicht bestritten werden. Doch strittig ist, wie schnell und in welchem Umfang in DACCS eingestiegen werden kann und muss. Wichtig ist auch, dass nicht unter dem Deckmantel des Klimaschutzes CCS nicht zur Verlängerung der fossilen Verbrennung eingesetzt wird. Allerdings ist in der aktuellen politischen Lage, völlig unklar woher die Investitionen für den Ausbau der Erzeugung Erneuerbarer Energie, für den Ausbau von Speichern, den Ausbau der Stromnetze den Aufbau eines Wasserstoff-Kernnetzes, kurzum das Geld für die nötige Reduktion der fossilen Treibhausgasemissionen herkommen soll. So erscheint die Forderung nach schnellem Einsatz von DACCS in großem Maßstab geradezu als Realitätsverweigerung. Es klingt so, wie wenn der Hochspringer erklärt: „Wenn ich bereits an 2 m scheitere, dann springe ich eben 2,30 m.“ Versucht man die Szenarien und Stellungnahmen zu CCS und DACCS zusammenzufassen, stellt man fest, egal ob IPCC, PIK, UBA oder andere, es gibt keine einheitlichen Aussagen. Innerhalb des IPCC oder des PIK gibt es z. B. durchaus unterschiedliche Einschätzungen. Das UBA macht darauf aufmerksam, dass konkrete durch erfolgreiche praktische Projekte abgesicherte Daten weitgehend fehlen. Andre sind skeptisch ob da nicht die aktuell nötigen Maßnahmen zu Abtstellung der fossilen Treibhausgas-Emissionen, nicht in die Zukunft verschoben werden sollen.

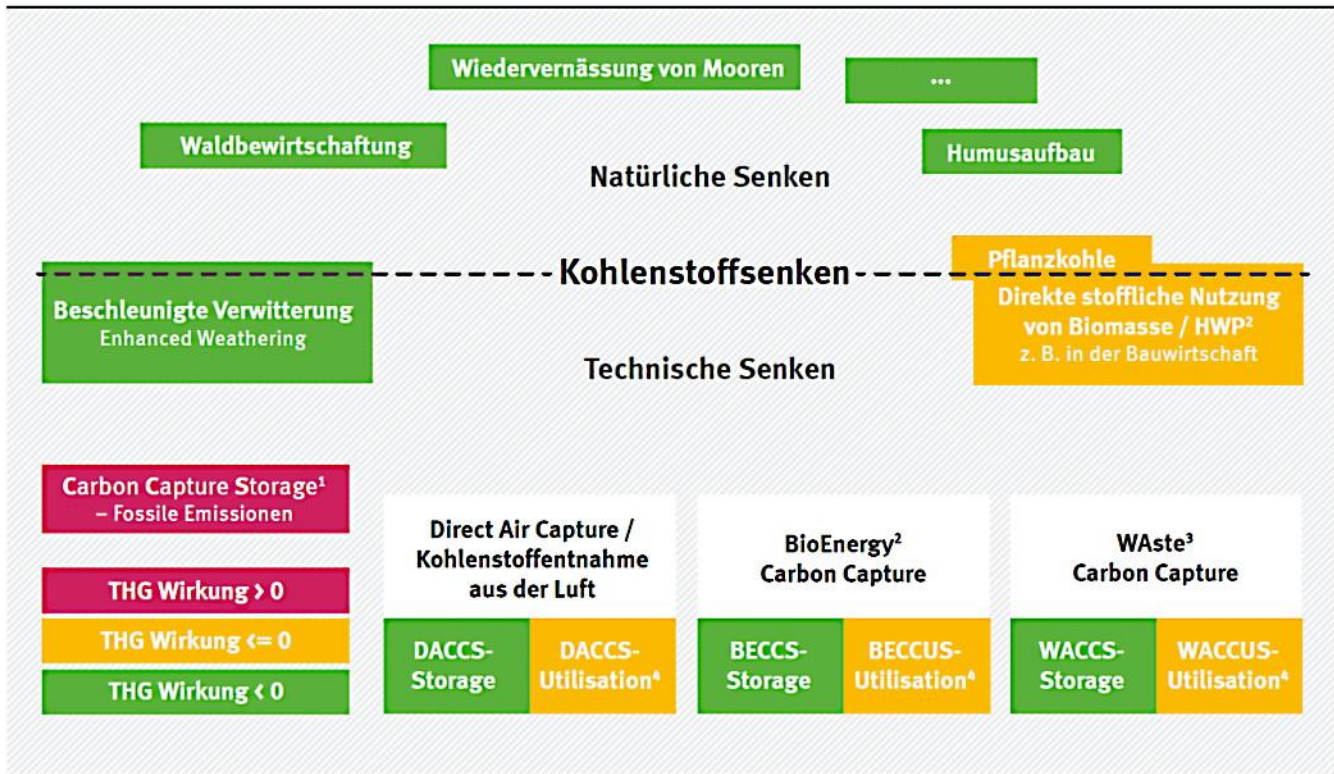
(Quellen zu einer ersten Übersicht zu Umfang und Zeitpunkt nötiger CCS- und DACCS-Maßnahmen [727, 736 – 749, 753])

CCS, CDR, DACCS, CCU, BECCS – Was ist was?

Da sich die Ideen zum Carbon Capture and Storage relativ schnell entwickelten, werden die verschiedenen Bezeichnungen noch nicht ganz einheitlich angewendet. Es ist deshalb ratsam, in der Diskussion um diese Themen nicht nur Abkürzungen zu verwenden, sondern diese auch jeweils kurz zu erläutern.

Carbon Capture and Storage, CCS: Als CCS wurde ursprünglich vor allem das Abtrennen oder Abscheiden von Kohlendioxid aus Abgasen und dessen Endlagerung in tieferen Boden- oder Meeresschichten verwendet. Heute wird es auch oft als Überbegriff für jede Form des Entzugs bzw. des Abscheidens und Speichern von CO₂ verwendet [7, 8].

Vereinfachter Überblick zu verschiedenen Arten von Kohlenstoffsinken und deren Treibhausgaswirkung beim Einsatz ausschließlich erneuerbarer Energie



¹ CO₂-Emissionen können nicht vollständig sequestriert und gespeichert werden.

² Nutzung von nachhaltig produzierter Biomasse / biogenen Reststoffen.

³ Nutzung von nicht recycelbaren biogenen und -fossilen Abfällen.

⁴ CO₂-Nutzung für langlebige Produkte.

Quelle: eigene Darstellung (überarbeitet), Umweltbundesamt

Carbon Dioxide Removal, CDR: CDR-Technologien zielen darauf ab, Kohlendioxid (CO₂) aus der Atmosphäre zu entfernen und langfristig zu speichern, um den Gehalt an Treibhausgasen zu reduzieren und den Klimawandel zu bekämpfen. Also ist CDR der Überbegriff für die Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre und dessen Langzeitspeicherung unabhängig von der Speicher- methode. Die Europäische Kommission definiert in ihrer CRCF (Carbon Removal Certification) Kohlenstoffentfernung sowohl als Speicherung von atmosphärischem oder biogenem Kohlenstoff in geologischen Kohlenstoffspeichern, als auch biogenen Kohlenstoffspeichern, langlebigen Produkten und Materialien, der Meeresumwelt oder die Reduzierung der Kohlenstofffreisetzung aus einem biogenen Kohlenstoff-Pool in die Atmosphäre. [9, 10]

Direct Air Capture and Storage, DACCS: Das bezeichnet i. d. R. die technologische Entnahme von CO₂ aus der Luft, dessen Transport von der Entnahmestelle zur Lagerstätte und die End- lagerung in tieferen Boden- oder Meeresschichten [11].

Bioenergy with Carbon Capture and Storage, BECCS: Das bezeichnet ein Verfahren der CO₂- Abscheidung und -Speicherung, bei dem Biomasse zunächst in energetischen Prozessen ver- wertet wird und das dabei entstehende Kohlenstoffdioxid und/oder die so erzeugte sog. Biokohle (Biochar) anschließend gespeichert wird [12].

Natürliche Carbon Senken und Carbon Farming: Das Wachstum von Wäldern und Mooren und auch der Aufbau von Humusschichten (Carbon Farming) speichert langfristig enorme Mengen an CO₂. Erwogen wird auch die CO₂-Bindung durch vermehrtes Wachstum von Algen oder Meereswiesen in den Ozeanen. Nach Aussage aller Experten können und müssen diese natürlichen Senken zumindest langfristig einen wesentlichen Beitrag zum CO₂-Entzug aus der Atmosphäre leisten. [13 – 22, 38, 39, 40]

CO₂-Bindung durch stoffliche Nutzung von Biomasse: Wird Biomasse stofflich genutzt und daraus langlebige Produkte erzeugt – z. B. Konstruktionsholz im Hausbau, Schilf, Stroh, Hanf, Holzfasern zu Dämmung – wird das in der Biomasse gespeicherte CO₂ langfristig dem Kohlenstoffkreislauf entzogen. [23 – 30]

CO₂ Bindung durch beschleunigte Verwitterung von natürlichem Gestein oder Beton: Bestimmte Gesteinssorten enthalten basische Bestandteile (Basalt z. B.: 15 %), die in der Lage sind das leicht saure CO₂ zu binden. Das CO₂ ist dann langzeitstabil z. B. als CaCO₃ (Calciumcarbonat) gebunden. Beton enthält große Mengen basisches CaO (Calciumoxid) und kann deshalb während seiner Lebensdauer in Bauwerken CO₂ aus der Atmosphäre binden. Auch die systematische Verwitterung von zerschmettertem Altbeton könnte als CO₂-Senke genutzt werden. [31 – 37]

CO₂-Bindung durch ein Kalksteinmehl-Waschverfahren: Theoretisch könnte CO₂ in wässriger Lösung aus CaCO₃ ein mehr oder weniger stabiles Ca(HCO₃)₂ (Calciumhydrogencarbonat) bilden und z. B. in die Ozeane entsorgt werden. [623, 624]

Negative Emissionen: Werden oft als Überbegriff über all die genannten Methoden der CO₂-Abscheidung und Speicherung verwendet. [41, 42]

Carbonmanagement: Wird in Politik und Wirtschaft inzwischen als Überbegriff für die Steuerung der Emissionen der Kohlenstoffkreisläufe, der Kohlenstoffsenken und der Kohlenstoffspeicherung verwendet. [607, 625]

Natürliches Carbon Capture and Storage

CO₂-Speicherung durch Carbon Farming und Humusaufbau

Der Trockengehalt an Kohlenstoff beträgt bei den meisten Pflanzen ca. 50 %. Bei natürlicher Vermoderung zu sog. Dauerhumus, bleiben davon maximal ca. 2 % Kohlenstoff dauerhaft im Boden gebunden. Der Rest entweicht während des Abbaus als CO₂ und CH₄ in die Atmosphäre. Das heißt sehr langfristig entzieht die Humusbildung unterm Strich tatsächlich der Atmosphäre CO₂, kurzfristig über wenige Jahre und Jahrzehnte allerdings sehr wenig. Die Bildung einer 10 cm Humusschicht dauert in Mitteleuropa bis zu 300 Jahre, das entspricht allerdings nur ca. 1 mm bis 3 mm Dauerhumus mit stabil gebundenem Kohlenstoff. Fakt ist allerdings, dass derzeit in der

konventionellen Landwirtschaft ein stetiger Humusabbau (ca. 0,21 t organischer Kohlenstoff pro Jahr und Hektar [43, 44]) unter CO₂-Freisetzung – allerdings im Lauf von wenigen Jahrzehnten – stattfindet. (Dies wird von anderen „Wissenschaftlern“ mittels eines Tricks bestritten, indem statt auf den absoluten Abbau von Ackerboden auf den konstant bleibenden C-Gehalt im noch vorhandenen Ackerboden referiert wird [45].) Ziel des sog. Carbon Farmings ist es die Landwirtschaft durch finanzielle Unterstützung (ggfs. über Zertifikatshandel) für den Humusaufbau und damit CO₂-Speicherung einzusetzen. [46 – 68, 491, 492]

Fazit: Carbon Farming auf Grundlage von Emissions-Zertifikaten ist als Linke-Tasche-Rechte Tasche-Nullsummenspiel wirkungslos. Dagegen ist das Stoppen des Humusabbaus durch Umstellung auf eine den Humus erhaltende Ökolandwirtschaft eine sinnvolle, relativ schnell wirkende Maßnahme. Dies vermindert aber nur die Emissionen aus dem Ackerbau selbst und kann nicht zur Kompensation anderer Quellen eingesetzt werden. Humusaufbau in der Landwirtschaft ist ebenfalls sinnvoll, wird aber nur über viele Jahrzehnte ja Jahrhunderte wirksam und kann deshalb die aktuellen fossilen CO₂-Emissionen nur in vernachlässigbarem Ausmaß kompensieren.

(Quellen: Speziell zu den Themen Humusabbau, Humusaufbau, der Transformation zu Ökologischer Landwirtschaft etc. wurden zusätzlich zu den bereits obengenannten Quellen folgende Quellen ausgewertet [407 – 490]).

CO₂-Speicherung durch Walderhalt und Waldwachstum

Ein je nach Baumarten und Vegetationszone ca. 50 bis 100 Jahre alter Wald ist ein riesiger CO₂-Speicher und würde beim Weiterwachsen – je nach Baumart – über weitere 100 bis 300 Jahre noch erhebliche Mengen an CO₂ speichern. Leider wird im Interesse der Holzwirtschaft auch von Forstwissenschaftlern die „Alternative Wahrheit“ verbreitet, dass junge Bäume schneller wachsen als alte. Die Wahrheit ist, junge Bäume wachsen nur relativ (!) schneller als alte Bäume, deren absoluter Zuwachs (in kg/a) ist viel größer. In Wirklichkeit speichert ein nachwachsender Wald je nach Baumart erst nach ca. 20 bis 30 Jahren große Mengen an CO₂. Allerdings beobachten wir derzeit einen Schwund statt eines Zuwachses an Wäldern. Sowohl weltweit als auch europaweit und national ist ein durch Abholzung, Raubbau und Klimawandel bedingtes Absinken des Waldwachstums, ja vielerorts ein Absterben von Wäldern festzustellen. Weltweit schrumpfen die Waldflächen laut FAO um ca. 10 Mio. ha/a, in den USA und Canada (allein in 2023 sind 5 % abgebrannt) hat das Sterben der borealen Wälder begonnen und im walddreichen Finnland wurde der Wald inzwischen von der CO₂-Senke zur CO₂-Quelle. In Deutschland hat die CO₂-Bindung im Wald auf 1/6 abgenommen, 80% der Bäume haben Kronenschäden und seit 2005 gingen ca. 10% der Waldflächen verloren. Ein totaler, weltweiter Stopp aller Abholzungen ist daher unerlässlich, wirkt aber auf den Klimawandel nur entschleunigend. Um den Wald als CO₂-Senke zu erhalten oder wieder von der CO₂-Quelle zur CO₂-Senke zu machen, wären klimaresiliente Umforstungen und Wiederaufforstungen erforderlich. Diese Maßnahmen werden aber auf die CO₂-Speicherung

erst nach Jahrzehnten eine deutliche Wirkung entfalten. Geradezu absurd erscheint deshalb die Forderung bislang von Natur aus unbewaldete Flächen zusätzlich als „gigantische“ CO₂-Speicher aufzuforsten. Solche Schreibtischberechnungen übersehen, dass bislang ungenutzte Grasflächen und Savannen bereits intakte CO₂-Speicher und CO₂-Senken sind und bei Aufforstung zunächst, zumindest für Jahrzehnte, zu zusätzlichen CO₂-Quellen würden. Andere Gebiete wie Wüsten wären nur bei jahrzehntelanger Bewässerung aufforstbar, was nur in wenigen Fällen in Randstreifen realistisch ist. China z. B. brauchte für das Pflanzen von 64 Mrd. Bäumen 40 Jahre und konnte damit gerademal die Ausbreitung der Wüsten abstoppen, ein größerer Effekt auf das Klima war damit nicht zu erreichen. [41, 42, 69 – 104]

Fazit: Völlig unabhängig vom Carbon Capture zum Absenken des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre müssen weltweit die Wälder erhalten, klimaresilient umgeforstet bzw. wieder aufgeforstet werden. Die Pflanzung zusätzlicher Wälder erscheint angesichts des Mangels geeigneter Bodenflächen, des hohen Zeitaufwands und der über viele Jahrzehnte verzögerten Wirkung wenig sinnvoll. Auch die CO₂ senkenden Auswirkungen der Wiederaufforstung und Umforstung werden sich erst im Verlauf von Jahrzehnten deutlich bemerkbar machen.

CO₂-Speicherung durch Moorerhalt und Wiedervernässung von trockengelegten Mooren

Bildung von Mooren: In Niedermooren werden Schilfrohr, Rohrkolben, Seggen oder sonstige Niedermoorpflanzen, in Hochmooren überwiegend Torfmoose und Wollgras unter Wasserabdeckung überwiegend anaerob zu Torf abgebaut. Dabei entstehen zunächst erhebliche Mengen von Methan* und Kohlendioxid, bis der Abbau der pflanzlichen Kohlenstoffverbindungen durch den Luftabschluss und die starke Versauerung zum Stillstand kommt. So enthält der gebildete Torf bis zu 60-mal mehr Kohlenstoff als der Dauerhumus gewöhnlicher Böden. Deshalb sind intakte Moore aufgrund ihrer über Jahrtausende gebildeten Torfschichten gigantische CO₂-Speicher.

(* Methan ist als Treibhausgas 20- bis 30-mal so wirksam wie Kohlendioxid und seine Lebenszeit in der Atmosphäre beträgt bis zu 20 Jahre).

Moore als gigantische Kohlenstoffspeicher: Natürliche, nicht entwässerte Moore setzen zwar bei ihrem weiteren Wachstum Methan (CH₄) frei. Aber über viele Jahrhunderte, speichern Moore so viel Kohlenstoff, dass das bei ihrer Entstehung entwichene Methan längst zu CO₂ abgebaut ist. „Bei der Kohlenstoffspeicherung in Mooren muss [deshalb] zwischen der aktuellen und der langfristigen Kohlenstoffanreicherungsrate unterschieden werden.“ Wie zum Beispiel im Beitrag vom Michael Trepel „Zur Bedeutung von Mooren in der Klimadebatte“ im Jahresbericht 2008 des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein nachzulesen ist [129]. Langfristig sind intakte Moore durch die konstante Aufnahme von CO₂ sozusagen dauerhafte Kühlmaschinen des Klimas. Es wird geschätzt, dass die Moore über die letzten 10.000 Jahren den weltweiten Temperaturanstieg um ca. 0,6°C abgesenkt haben. Moore sind also weltweit tatsäch-

lich ein gigantischer CO₂-Speicher, obwohl sie weltweit nur ca. 3 % der Landfläche ausmachen, ist in ihnen mehr als doppelt so viel Kohlenstoff gespeichert wie in allen Wäldern, die ca. 30 Prozent der Landfläche einnehmen.

Moorvernässung gegen den Klimawandel nur extrem langsam wirksam: Die in Mooren gespeicherte, riesige Kohlenstoffmenge darf nicht darüber hinwegtäuschen, wie langsam der Vorgang der Speicherung vor sich geht. 2014 machte das Institut für Meteorologie und Klimaforschung in Garmisch-Partenkirchen eine Vergleichsmessung: dieselbe Fläche eines intakten Moors und die eines Walds mit 50-jährigen Fichten. Ergebnis: Der Wald speicherte mehr CO₂ als das Moor. Das CO₂-Speichervermögen von Mooren ausgedrückt als LORCA (longterm apparent rate of Carbon accumulation) beträgt im Durchschnitt bei Mooren nämlich nur 20 g C m⁻² a⁻¹. Das entspricht einem Wachstum der Torfschichten von ca. 1 mm/a. Mit bis zu 80 g C m⁻² a⁻¹ ist z.B. das Wachstum nasser Erlenwälder bis zu viermal größer [119]. Allerdings bleibt der Kohlenstoff in intakten Mooren über Jahrtausende gespeichert, während die Masse des in Wäldern gespeicherten Kohlendioxids über Jahrhunderte im Kreislauf geführt wird. Andere Untersuchungen zeigten bereits in den 2000-er Jahren, dass die CO₂-Bilanz intakter Moore in etwa ausgeglichen ist – sie binden genauso viel CO₂ wie aus ihnen entweicht – zusätzlich entweicht auch ständig etwas Methan (siehe u. a. Höper oder Sirin und Laine [109, 127, 128,133]). Doch wie gesagt, kommt es durch die langfristige Bindung von Kohlenstoff über Jahrhunderte bis Jahrtausende zu einem stabilisierenden Effekt auf das Klima. Optimistische Schätzungen (publiziert u. a. durch UBA und DEHSt) kommen 2022 zum Ergebnis, dass durch die Wiedervernässung (siehe dazu weiter unten) und Rückverwandlung in intakte, weiterwachsende Moore das CO₂-Bindungspotenzial bei ca. 35 Mio. t/a liegen würde [135]. Das heißt, auch nach (!) Einstellung sämtlicher THG-Emissionen in Deutschland wäre durch Wiedervernässung von Mooren sein Kohlenstoffbudget nach 223 Jahren wieder ausgeglichen.

Entwässerte Moore als CO₂-Quelle: Da Moore in Form des Torfes noch große Mengen von noch nicht mineralisiertem Kohlenstoff enthalten, werden diese Kohlenstoffverbindungen bei Zutritt von Luftsauerstoff nach und nach zu CO₂ abgebaut und bei feuchten Böden in geringem Umfang auch zu Methan. In Deutschland emittieren deshalb entwässerte Moore – nun als Grasland, Ackerflächen oder Forst genutzt – ca. 44 Mio. t/a CO₂-Äquivalente, weltweit betragen diese Emissionen ca. zwei Gigatonnen. Unter den Zielsetzungen des Klimaschutzes muss deshalb jede weitere Trockenlegung oder Austrocknung intakter Moore vermieden werden. Fraglich ist allerdings, ob die oft geforderte Wiedervernässung von Mooren den erwarteten Klimaeffekt schnell genug erbringen würde (siehe dort).

Ökologisch und für das Mikroklima ist die Wiedervernässung sinnvoll: Bei Wiedervernässung trockengelegter oder ausgetrockneter Moore könnten sie eine wichtige Rolle als Wasserspeicher sowohl bei Dürren als auch bei Starkregen und Hochwasser übernehmen. Auch auf das

lokale oder regionale Mikroklima hätte die Wiedervernässung eine günstige Wirkung, vor allem bei der Wiedervernässung landwirtschaftlich konventionell genutzter Flächen würde auf jeden Fall die Artenvielfalt verbessert. Das würde ggfs. auch bei Wiedervernässung forstwirtschaftlicher Kulturen der Fall sein. Auch Luftschadstoffe werden durch den Eintrag in Moore (Denitrifikation von Stickstoffverbindungen) neutralisiert. Fraglich ist jedoch, wie gesagt, die Kohlenstoff bindende Wirkung der Wiedervernässung auf eine Abbremsung des Klimawandels in dem dafür nötigen Zeitrahmen weniger Jahrzehnte (siehe dort).

Mittels Paludikultur bewirtschaftete Moore werden zur virtuellen CO₂-Senke: Über Jahrhunderte wurde vielerorts der natürlich Schilfnachwuchs in den Mooren jährlich geerntet und z. B. als Einstreu in der Viehhaltung verwendet. Die moderne Idee ist es nun, die Moore als Quelle für Energiepflanzen zu nutzen [135]. Das umweltneutral gewachsene Material würde dann bei der Verfeuerung nur genauso viel CO₂ freisetzen, wie es beim Wachstum gebunden hat. Das heißt der Kohlenstoff würde kurzfristig im Kreislauf geführt, ohne zur CO₂-Anreicherung in der Atmosphäre beizutragen. Die Befürworter dieser Paludikultur behaupten jedoch nicht nur die CO₂-Neutralität dieser Methode, sondern schreiben ihre eine Negativ-Emissionswirkung zu. Das beruht auf der Verrechnung des durch die Verbrennung dieser Energiepflanzen eingesparten Menge an Erdöl-, Erdgas- und Kohleverbrennung. Ob diese Berechnung wirklich sinnvoll ist, ist fraglich. Denn bei Verbrennung entfällt der durch die Verrottung dieser geernteten und verfeuerten Pflanzen im Mooraufwuchs langfristig gebundene CO₂-Anteil. Wogegen der Ersatz von fossiler Verbrennung durch Wind- und Solarenergie ohne jede CO₂-Emission auskommt.

Wiedervernässung von Mooren als CO₂-Senke: Je nachdem wie schnell und in welchem Ausmaß trockengelegte Moorflächen wieder vernässt werden, kommt es zu einer langfristigen Rückbildung des Moores zur CO₂-Senke. Man unterscheidet dabei 3 Phasen. Während der ersten Phase kann die Methan-Emission bis zu 100-mal ansteigen, das heißt das wiedervernässte Moor wird erstmal zu einer massiven Treibhausgas-Quelle. In einer zweiten Phase überwiegt durch beschleunigtes Moorpflanzenwachstum die CO₂-Bindung. In der dritten Phase wird das nun intakte, langfristig stabile Moor bzgl. der CO₂-Emission und-Bindung neutral und emittiert nur noch wenig Methan. Doch es entfaltet nun – wie bereits oben beschrieben – seine Kohlenstoff bindende Langzeitwirkung. Je nach den örtlichen Gegebenheiten und der Vorgehensweise bei der Vernässung dauert es 10 bis 15 Jahre ja evtl. sogar 50 Jahre bis das langzeitstabile Stadium erreicht wird [u.a. 115]. Es muss auch darauf hingewiesen werden, dass die Wiedervernässung von Mooren vieler Orts an dem in Folge des Klimawandels durch Dürreperioden auftretenden Wassermangel scheitert.

Fazit: Zu Erreichung der Treibhausgasneutralität hat der Erhalt bestehender intakter Moore höchste Priorität. Eine Wiedervernässung erscheint als Wasserspeicher und aus ökologischen

Gründen sinnvoll. Als Klimaschutzmaßnahme kann eine Wiedervernässung sinnvoll sein, dabei ist jedoch die extrem verzögerte Wirkung zu berücksichtigen. [104 – 135]

CO₂-Speicherung durch Steigerung der Senkenwirkung der Meere

Meerwasser als CO₂-Senke und Quelle: Die Löslichkeit von CO₂ in Wasser hängt vom Partialdruck (Anteil des CO₂ am Gesamtdruck der Atmosphäre), der Temperatur des Wassers – kaltes Wasser löst mehr CO₂ als warmes – und seinem Salzgehalt ab. Der Ozean enthält etwa 40.000 Milliarden Tonnen Kohlenstoff, wobei der größte Teil nicht fest gebunden, sondern im Meerwasser gelöst ist. Mit diesem Kohlenstoff-Reservoir übertrifft der Ozean den Kohlenstoffgehalt der Atmosphäre um mehr als das 50-Fache. Durch den steigenden CO₂-Gehalt der Atmosphäre (Partialdruck steigt) nimmt das Meerwasser mehr CO₂ auf, wodurch wegen der sauren Wirkung von CO₂ (Bildung des Hydrogencarbonat-Ions → „Kohlensäure“) der pH-Wert des Meerwassers sinkt. Dadurch wird in Lebewesen (u. a. Muscheln, Korallen) und Totmaterial als wasserunlösliches Calciumcarbonat gebundenes CO₂ wieder zu Calciumhydrogencarbonat aufgelöst. Das führt zwar zu einer Abpufferung der pH-Absenkung und bindet sozusagen CO₂ im Meerwasser, schädigt aber Teile der Meeresfauna und Flora. Dieser Wirkung des Meeres als CO₂-Senke wirkt allerdings die Wirkung als CO₂-Quelle entgegen. Steigt zum Beispiel kaltes stärker CO₂-haltige Meerwasser aus der Tiefe des Ozeans an die Oberfläche kommt es durch die Erwärmung zu einer starken CO₂-Freisetzung.

Der Kohlenstoffkreislauf im Meer: Kohlenstoff bzw. CO₂ liegt in den Ozeanen in seinen drei gelösten Formen Kohlendioxid, Hydrogenkarbonat und Karbonat vor, die sich sozusagen in einem Kreislauf befinden, bewegt durch drei sog. „Kohlenstoffpumpen“:

- physikalischen Kohlenstoffpumpe
- biologisch-organische Kohlenstoffpumpe
- der biologisch-anorganischen Kohlenstoffpumpe

Physikalische Kohlenstoffpumpe: Sie wird von den Meeresströmungen und deren Unterschieden in Temperatur und Salzgehalt angetrieben und verteilt den gelösten Kohlenstoff (Kohlendioxid, Hydrogenkarbonat, Karbonat) durch das Absinken oder aber Aufsteigen von Wassermassen im Ozean. Sie ist transportiert menschengemachte Kohlendioxid-Emissionen in den tiefen Ozean. Bis dieses kohlenstoffreiche Tiefenwasser wieder an die Meeresoberfläche zurückkehrt, vergehen Jahrzehnte bis Jahrhunderte. Allerdings findet dieser Vorgang ständig statt, vor allem entlang der Westküsten Afrikas, Süd- und Nordamerikas oder aber entlang des Äquators. An der Meeresoberfläche erwärmt sich das Wasser und gibt einen Teil seines gelösten Kohlendioxids wieder als CO₂-Gas an die Atmosphäre ab.

Biologisch-organische Kohlenstoffpumpe: Im Ozean leben je nach Nährstoffangebot Pflanzen und Tiere, von denen sich die meisten nah an der Oberfläche befinden, wo es genug Licht für die Pflanzen gibt und damit genug Nahrung für Tiere. Sterben diese Pflanzen und Tiere oder scheiden sie Stoffe aus, so sinken sie wegen der Schwerkraft in die Tiefe. Je nach Größe und Gewicht sinken sie unterschiedlich schnell. Auf dem Weg Richtung Meeresboden zersetzen Bakterien und andere Lebewesen die abgestorbene Biomasse und zersetzen einen großen Teil noch bevor das Material den Meeresboden erreicht hat. Dabei wird der gespeicherte Kohlenstoff abermals in Form von Kohlendioxid an das Meerwasser abgegeben. Die verbleibenden Überreste rieseln als »Meeresschnee« in die Tiefsee und lagern sich am Meeresboden dauerhaft durch die Bildung von Carbonaten ab. Der atmosphärische CO₂-Gehalt wäre im Gleichgewicht mit der Löslichkeit im Meerwasser ohne diese organische Pumpe etwa 150-200 ppm höher.

Biologisch-anorganische Kohlenstoffpumpe: Neben der Photosynthese, die den Kohlenstoff organisch bindet, gibt es einen zweiten Prozess, den Aufbau kalkhaltiger Schalen oder Skelette in denen das CO₂ anorganisch gebunden wird. Kalkalgen, Muscheln, Korallen, Flügelschnecken und Kammerlinge entnehmen dem Meerwasser das gelöste Hydrogenkarbonat und wandeln es in schwer lösliches Kalziumkarbonat um. Sterben sie ab, sinken die Kalkgehäuse auf den Meeresboden und werden dort im Sediment eingelagert. In der Summe ist die Kohlendioxid-Bilanz in Bezug auf die Atmosphäre allerdings negativ. Denn bei der Kalkbildung wird dem Wasser Hydrogenkarbonat entnommen, dabei wird jedoch CO₂ freigesetzt ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$). Dieser Vorgang erhöht den CO₂-Partialdruck des Meeres und fördert auf diese Weise die Ausgasung von Kohlendioxid in die Atmosphäre.

Die CO₂-Senkenwirkung der Ozeane durch menschlichen Eingriff stärken: Die Idee ist es nun, diese natürlichen Kohlenstoffkreisläufe in den Ozeanen durch menschliche Eingriffe so zu beeinflussen, dass durch verstärktes Wachstum von Pflanzen und Algen mehr CO₂ dauerhaft in den Ozeanen gebunden wird.

Verstärktes Algen- und Phytoplankton-Wachstum durch menschgemachte Beschleunigung der Physikalischen Pumpe: Würde mehr Tiefenwasser zum Beispiel durch Einsatz von Pumpen an die oberflächennahen Meerschichten transportiert, so würde durch den höheren CO₂-Gehalt und vor allem auch den höheren Nährstoffgehalt dieses Tiefenwassers das Wachstum der Algen und des Phytoplanktons deutlich gesteigert. Doch abgesehen von dem dafür nötigen technischen Aufwand ist die CO₂-Bilanz fraglich. Ein Großteil des an die Oberfläche transportierten CO₂ würde sogar nicht für das Pflanzenwachstum verbraucht, sondern würde in die Atmosphäre entgasen.

Algenschleim soll Klimawandel bremsen: Braunalgen sondern während ihrer Lebenszeit ständig einen schleimigen Stoff ab, der sie in Küstennähe bei Ebbe vor Austrocknung schützt.

Dieser Schleim besteht zu ca. 50 % aus Fucoidan, einer chemisch äußerst beständigen organischen Verbindung. Da Fucaidin für die meisten Meerestiere und Mikroben ungenießbar ist, sinkt der Fucaidin-Schleim unzersetzt in größte Tiefen bis auf den Meeresboden. Der in ihm gespeicherte Kohlenstoff bleibt dann evtl. über Jahrtausende sicher gespeichert. Rechnet man nun mit den Ergebnissen der aktuellen Studien, ergibt sich, dass dadurch bis zu 0,15 Gigatonnen Kohlenstoff – entsprechend ca. 0,55 Gigatonnen Kohlendioxid – jedes Jahr der Atmosphäre entnommen werden könnten. Diese scheinbar große Menge relativiert sich allerdings. Denn derzeit befinden sich ca. 415 ppm CO₂ in der Atmosphäre im Unterschied zu den vorindustriellen 280 ppm, damit sind ca. 280 Gigatonnen CO₂ zu viel in der Atmosphäre. Würden wir also jede weitere CO₂-Emission komplett einstellen, bräuchten wir mit den Braunalgen ca. 510 Jahre um dieses CO₂ wieder der Atmosphäre zu entziehen. Außerdem hat sich inzwischen gezeigt, dass zu viele Braunalgen im Meer auch zum Problem werden können (siehe dort).

Algenzucht zur Erzeugung von Lebensmitteln: Wissenschaftler untersuchten 34 Algenarten und in welchen Meeresgebieten sie möglicherweise in Farmen wachsen könnten. Ihre 2023 in *Nature Sustainability* veröffentlichte Studie kommt zum Ergebnis, dass mit Meeresalgenfarmen bis zu 10 Prozent der menschlichen Ernährung abgedeckt werden könnte. Dadurch würde die für Nahrungsmittel benötigte landwirtschaftliche Fläche um 110 Millionen Hektar verringert, eine Fläche doppelt so groß wie Frankreich. Die weltweiten landwirtschaftlichen Treibhausgas-Emissionen würden auf diese Weise um bis zu 2,6 Mrd. t/a reduziert, d. h. um ca. 15 % der bisherigen Emissionen. Eine kommerzielle Algenzucht mit diesem Effekt würde allerdings eine Meeresfläche nahezu der Größe Australiens beanspruchen. Abgesehen von der dazu nötigen riesigen Investition hat die Menschheit derzeit eher ein Problem mit dem Klimawandel bedingten unerwünscht anwachsenden Algenwachstum in den Meeren (siehe dort). Im kleinen Maßstab und mit der Zucht besonders gut verwertbarer Algen mag die Algenzucht auch in Meeresfarmen sinnvoll sein und könnte außer Lebensmittel vor allem bisher fossil erzeugte chemische Grundstoffe ersetzen. Sie wird aber voraussichtlich keinen großen Beitrag gegen den Klimawandel leisten können.

Durch Klimawandel und Abwasser bedingte Algenpest bedroht Meeresbiotope: Egal ob Bretagne, Ostsee, Karibik oder Mexiko inzwischen bedrohen weltweit sog Algenblüten – das heißt, saisonal beschleunigte Vermehrung und schnelleres Wachstum von Algen – viele Küsten der Meere. Mal ist es in kälteren Regionen vor allem die Blaualge, die für Mensch und Tier giftige Stoffe absondert. In den wärmeren Gebieten der Meere sind es vor allem die von anderen Wissenschaftlern als Klimaretter vorgeschlagenen Braunalgen. Dieses Braunalgenwachstum hat sich seit 2011 vervielfacht. So dass sich z. B. im März 2023 von Westafrika über Brasilien und Mexiko bis in die Karibik ein 8000 km langer Braunalgengürtel gebildet hatte. Das Problem ist nicht nur die Beeinträchtigung des Tourismus, wenn diese Algen an den Küsten anlanden.

Sondern dabei „ersticken“ sie andere Pflanzen und Meerestiere. Aber auch ihr Absterben im Wasser macht Probleme, denn bei der Zersetzung abgestorbener Braunalgen nimmt der Sauerstoffgehalt des Wassers ab, der pH-Wert sinkt und es werden für viele Organismen schädlicher Schwefelwasserstoff und Ammoniak freigesetzt, das führt zum Absterben von Fischen, von Korallen und der Meeresbodenfauna. Das vermehrte Braunalgenwachstum wird deshalb von der US Umweltbehörde EPA als große ökologische Gefahr eingeschätzt. Was dem Konzept der Klimawandelbremse durch Algenschleim widerspricht. Aber auch das Absterben und die Zersetzung anderer im Übermaß gebildeter Algen und Phytoplankton führt allein durch den hohen Sauerstoffverbrauch zu sogenannten Todeszonen nicht nur in der Ostsee. Die UN machten 2021 in den Weltmeeren bereits 300 Todeszonen aus. Das heißt, wenn die Algen und das Phytoplankton absterben, sorgen sie erstmal für das Absterben ganzer Biotope bevor sie einen Teil des Kohlenstoffs an den Meeresgrund mitnehmen. Ursache für die vermehrten Algenblüten sind die durch den Klimawandel erhöhten Wassertemperaturen und die Düngung der Meere durch die in den einleitenden Flüssen enthaltenen Nährstoffe (vor allem Stickstoff und Phosphor).

Verstärktes Planktonwachstum durch Düngung: In Anbetracht die vorbeschriebenen Probleme durch das bereits gesteigerte Algenwachstum in den Meeren, erscheint eine gewollte Düngung der Meere um ein klimafreundliches Algenwachstum anzuregen inzwischen eher als abwegig. Doch auch dies wurde wissenschaftlich untersucht, wobei als begrenzender Nährstoff vor allem für das Planktonwachstum das im Meerwasser zu gering enthaltene Eisen erkannt wurde. Experimente zeigten zwar, dass durch die Eisendüngung das Planktonwachstum und die Kohlendioxid-Aufnahme zunahm. Aber die Menge Plankton, die tatsächlich in die Tiefe absinkt und damit der Atmosphäre langfristig Kohlendioxid entzieht, war sehr gering. Würde man in den kommenden Jahren die Eisendüngung des Ozeans beginnen großskalig aufzubauen, könnten ab dem Jahr 2050 jährlich weltweit zwischen 200 Millionen und zwei Milliarden Tonnen Kohlendioxid aus der Atmosphäre entfernt werden [138]. Dazu müsste aber mindestens der gesamte Südliche Ozean permanent mit Eisen gedüngt werden. IFM-GEOMAR kommt zum Ergebnis, dass sogar eine sehr groß angelegte Düngung des Ozeans über einen Zeitraum von 100 Jahren der Atmosphäre nur eine vergleichsweise kleine Menge CO₂ entziehen würde. Und eine andere Studie kommt zum Schluss, dass nach Stand des Wissens die Methode nicht geeignet erscheint den Klimawandel zu bekämpfen. [143, 144, 145]

Kohlenstoffspeicherung durch Ausweitung der Wiesen und Wälder des Meeres: Im Meer wachsen nicht nur freischwimmende Algen und Plankton, sondern die Meeresböden sind an relativ seichten Stränden – meist bis ca. 15 m maximal bis ca. 40 m Wassertiefe – oft mit Seegras und Tang (Kelp) bewachsen. Je nach Standort haben die Meereswiesen eine 30-mal bis 50-mal höhere CO₂-Senkungsrate als Wälder. Eine Seegraswiese speichert dieselbe Menge Kohlenstoff wie ca. zehn Hektar Wald und das ca. 35-mal schneller. Schätzungen gehen davon aus, dass

Seegraswiesen auf nur ca. 0,2 % der Meeresbodenfläche weltweit bis zu 15 Prozent des vom Ozean aufgenommenen CO₂ binden. Allerdings gingen in den letzten 100 Jahren weltweit mindestens 30 Prozent der Seegraswiesen verloren. Allein in Europa nahm die Gesamtfläche der Seegraswiesen von 1869 bis 2016 um ca. 35700 ha ab. Global betrachtet, schrumpfen die Seegras-Bestände derzeit um 7 Prozent pro Jahr. Die von manchen Wissenschaftlern als Klimaschutzmaßnahme empfohlene Ausweitung der Seegraswiesen erscheint deshalb illusorisch. Inzwischen muss es vorrangig um den Erhalt bestehender oder die Renaturierung abgegangener Meereswiesen gehen. Auch dies gestaltet sich schwierig, da zunächst die Ursachen des Schwunds beseitigt werden müssten. Nach derzeitigem Stand der Forschung, z. B. durch das Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung (ZMT) ist vor allem der Stickstoffeintrag in die Küstengewässer durch Einleitung ungenügend geklärter Abwässer aber auch durch Flüsse mit ihren Dünger-Ausschwemmungen aus der Landwirtschaft dafür verantwortlich. An die Küste angeschwemmtes Seegras wird sinnvollerweise inzwischen wieder vermehrt genutzt, zum Beispiel als klimaneutrales Dämmmaterial. Auch angeschwemmter Seetang wird als klimaneutraler Dünger oder als Zusatz zum Viehfutter genutzt. Die vereinzelt vorgeschlagene und in Pilotprojekten durchgeführte Unterwasserernte von Seegras und Tang erscheint angesichts des Meereswiesenschwunds eher nicht ausweitbar.

Chemische Methoden zur Erhöhung der CO₂-Senkenwirkung der Meere: Wie viel Kohlendioxid der Ozean dauerhaft aufnehmen kann, hängt auch vom pH-Wert seines Wassers ab. Letztlich wird das durch den Gehalt an basischen Mineralien in gelöster und fester Form bestimmt. Denn dieser basische Mineraliengehalt bestimmt wie viel vom eingetragenen CO₂ als unlösliche Carbonate dauerhaft am Meeresboden gespeichert wird, bzw. wie viel CO₂ in Form von Carbonationen und Hydrogencarbonat-Ionen im Meerwasser gelöst bleibt und nicht wieder in die Atmosphäre entgast. Von Natur aus wird dieses chemische Speichervermögen seit Millionen Jahren durch Verwitterungsprozesse am Meeresboden und durch den Eintrag von Gesteinsverwitterungsprodukten durch die Flüsse reguliert. Die Idee ist es nun, den Meeren durch den Menschen so viel basisches Gestein oder alkalische Mineralprodukte zu zufügen, dass diese Speicherfähigkeit steigt. Bisherige Schätzungen besagen, dass in der Praxis pro Tonne gebundenen Kohlendioxids eine halbe bis fünf Tonnen Mineralprodukte benötigt würden. Aufgrund der im Gigatonnen-Bereich liegenden Mengen an Mineralprodukten und Gesteinsmehl und angesichts der relativ langsamen Wirkung erscheint der für diese Lösung nötige energetische, logistische und finanzielle Aufwand zu hoch.

Onshore Algenfarming als Beitrag zum Klimaschutz: Inzwischen gibt es auch immer mehr Versuche auch an Land die Produktion von Algen als Nahrungs- und Futtermittel, aber auch für chemische Grundstoffe und Pharmazeutika sozusagen als Spezialgebiet des Vertical Farming zu betreiben. Vertikale Reaktoren erlauben mit relativ geringem Flächenbedarf relativ große Einfang-

flächen für das Sonnenlicht. Theoretisch ist so eine Ressourcen schonende und klimaneutrale Produktion möglich, die einerseits fossile Rohstoffe und andererseits Teile der herkömmlichen konventionellen Landwirtschaft ersetzt und so deren Emissionen mindert. Allerdings sind die solchermaßen produzierten Algenprodukte derzeit noch extrem teuer. Sollte durch eine Skalierung jedoch die Kosten soweit gesenkt werden können, dass auch kostengünstige Massenprodukte erzeugt werden können, könnte das Onshore Algenfarming durchaus einen merklichen Beitrag zu Klimaschutz, Umweltschutz und Nachhaltigkeit leisten.

Fazit: Ein Teil der beschriebenen Verfahren existiert erst am Schreibtisch und ist noch sehr weit von der praktischen Umsetzung entfernt. Manche Verfahren sind noch zu wenig erforscht und in validen Pilotprojekten in der Praxis überprüft. Bei manchen Vorschlägen zeigt sich schon jetzt, dass die zu erwartenden positiven Wirkungen auf den Klimawandel von negativen Nebenwirkungen begleitet wären. Bei manchen Verfahren stünde der zu erwartende Erfolg in keinem Verhältnis zum dafür nötigen technischen, energetischen und finanziellen Aufwand. Kurzum, ein schneller Beitrag zur Abbremsung des Klimawandels ist aus diesem Bereich eher nicht zu erwarten. [136 – 172, 787 – 794]

CCS durch beschleunigte Verwitterung basischer Gesteine und Altbeton

Bindung von CO₂ an dafür ausgebrachtes Gesteinsmehl: Vor 500 Mio. Jahren lag der CO₂-Gehalt der Erdatmosphäre bei bis zu 6000 ppm. Von Natur aus wurde über Millionen von Jahren ein Großteil dieses CO₂ zunächst vor allem durch basisches Gestein bzw. dessen Verwitterungsprodukte an Land und in den Meeren gebunden. (Dazu kam dann erdgeschichtlich die CO₂-Bindung durch Pflanzenwachstum, sowie die daraus erfolgte Kohle-, Erdgas- und Erdölbildung.) Die Idee ist es nun, die mineralische CO₂-Bindung durch großflächige Ausbringung von basischem Gesteinsmehl als Klimawandelbremse einzusetzen. Eine umfassende Studie (Jessica Streffer et al. [174]) schlägt dafür vor allem den Einsatz der Gesteinsarten Dunite und Basalt vor. Diese sollten bergmännisch abgebaut werden, zermahlen und dann auf bislang nicht genutzten Wüstenflächen ausgebracht werden. Rein hypothetisch wäre der Einsatz des „superbasischen“ Dunites mit Kosten von ca. 60 US \$ t⁻¹ CO₂ am günstigsten. Doch dagegen spricht, dass es weltweit bislang nur wenig Abbauorte für Dunite gibt. Und das abgebaute Gestein als Material für feuerfeste Keramik, zur Gewinnung von Platin, Nickel, Chrom und Rhodium, sowie zur Gewinnung von Olivin als Rohstoff für Spezialgläser eingesetzt wird. Überdies würden bei der Verwitterung des ausgebrachten Dunitemehls giftiges und umweltschädliches Chrom und Nickel freigesetzt. Basaltvorkommen sind häufiger aber die Abbau- und Aufbereitungskosten wären mit ca. 200 US \$ t⁻¹ CO₂ wesentlich höher. Der aktuelle CO₂-Ausstoß liegt weltweit bei rund 40 Milliarden Tonnen pro Jahr; natürliche Verwitterung absorbiert rund 1,1 Milliarden Tonnen. Beschleunigte Verwitterung könnte bei der Verwendung von Basalt bis zu 4,9 Milliarden Tonnen pro Jahr und bei Dunite sogar bis zu 95 Milliarden Tonnen pro Jahr einlagern. Doch die Wissenschaftler der Studie

Dr. Michael Huber Celle „Rettet uns CCS vor der Klimakatastrophe“ V1 von 04.2024 darf unverändert weitergegeben werden Seite 16 von 78

kommen unter Berücksichtigung der Zielkonflikte selbst zum Ergebnis, dass nur ein Bruchteil dieses theoretisch riesigen Potenzials praktisch umgesetzt werden könne.

Ausbringung von Gesteinsmehl in der Landwirtschaft: Anders sieht es aus, falls Basaltmehl als Dünger in der Landwirtschaft ausgebracht würde. Als natürlicher Dünger muss dieser Gesteinsmehldünger ohnehin zunehmend bei der Umstellung auf ökologische Landwirtschaft eingesetzt werden, denn er enthält u. a. die wichtigen Nährstoffe Eisen, Calcium, Magnesium und Kalium. Laut einer österreichischen Studie (Rinder et al. [180]) könnten dadurch – sozusagen als erwünschter Nebeneffekt der Bodenverbesserung – bis zu zwei Prozent des österreichischen CO₂-Ausstoßes gebunden werden.

Fazit: In großem Maßstab eingesetzt bleibt – aus technischen, ökologischen und wirtschaftlichen Gründen – die CO₂-Bindung durch von Menschen ausgebrachtes basisches Gesteinsmehl wohl Illusion. Doch im Rahmen ökologischer Landwirtschaft eingesetzt, könnte das Ausbringen von Gesteinsmehl einen kleinen aber merklichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. [173 – 180, 815]

CO₂ Bindung mit Altbeton: Beton setzt aufgrund der Klinkerherstellung vor allem aufgrund des im Rohmaterial enthaltenen Kalks (CaCO₃) erhebliche Mengen an CO₂ frei. Als Beton verbauter Zement bindet im Laufe von Jahrzehnten allerdings wieder bis zu 20 % des ursprünglich emittierten CO₂. Auch Altbeton aus Abbruch kann nach Zerschreddern und Verwendung z. B. im Straßenbau über weitere Jahrzehnte noch bis zu ca. weitere 20 % CO₂ binden. Allerdings ist dieser Effekt während der Lebenszeit von Betonbauten unerwünscht, wenn Beton als tragendes Element in Form von Stahlbeton eingesetzt wird. Denn dann kommt es durch das Absenken des pH-Werts im Beton, zumal unter dem Zutreten von Feuchtigkeit, zur Stahlkorrosion und Zerstörung des Bauwerks (siehe z. B. Zustand unserer Autobahnbrücken). Deshalb sind alle Ansätze Zement- bzw. Betonsorten mit gesteigerter CO₂-Speicherfähigkeit zu entwickeln eher skeptisch zu sehen. Die kurzfristige Senkung der CO₂-Emission bei der Herstellung erscheint als wirksamer Klimaschutzbeitrag erfolgversprechender.

Für Altbeton gibt es den Vorschlag, diesen in zerschredderter Form beschleunigt CO₂ binden zu lassen. Ein erstes Projekt lässt den zerschredderten und „aufgeschäumten“ Beton mit reinem CO₂ reagieren, d. h. das CO₂ wird blitzschnell gebunden. Wenn dieses CO₂ aus den aufgefangenen Emissionen der Zementherstellung stammt, würde das CO₂-sozusagen im Kreislauf geführt. Rechnet man allerdings den Aufwand für dieses Verfahren selbst und für die Abtrennung des CO₂ aus den Abgasen erscheint im Sinne von CCU (siehe dort) die Verwendung des CO₂ als Grundstoff der Chemieindustrie evtl. sinnvoller. Zumal der größere und schneller wirksame Effekt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit eher in der längeren Nutzung von Betongebäuden, Recycling von Altbeton zu Neubetonteilen (auch Sand und Kies werden knapp), Ersatz von Massivbeton durch

Porenbeton (bis zu 90 % Zement einsparung) und von Stahlbeton durch Mineralfaser verstärkte Beton bestehen würde.

Fazit: Atbausanierung statt Abriss, Echtes Recycling von Beton, CO₂-Emission einsparende Zementproduktion, Ersatz von Massivbeton und Stahlbeton durch Material sparende Alternativen hätten voraussichtlich einen größeren und schneller wirksamen Effekt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit. [181 – 194, 783 – 786, 795]

Carbon Capture and Storage über Bioenergiegewinnung BECCS

Mittels BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage) soll Biomasse zunächst in energetischen Prozessen verwertet werden und das dabei entstehende Kohlenstoffdioxid und/oder die so erzeugte sog. Biokohle (Biochar) anschließend gespeichert werden.

Es gibt eine ganze Reihe technisch gut umsetzbarer Verfahren

Hierzu gibt es bereits eine Reihe von Verfahren und in Angriff genommene Projekte vom Wasserstoff aus Biogas mit CO₂-Storage über Treibstoff, Wasserstoff und Biokohle aus Energiepflanzen und Grünabfall bis hin zu angeblich CO₂-negativer Wärme und Strom aus Pyrolyse-Holzgas unter Sequestrierung von CO₂ als Biokohle. [195 – 201]. Zu hinterfragen ist allerdings ob die theoretischen Potenziale von BECCS auch praktisch realisierbar sind. (Quellen: Speziell zu den bei BECCS eingesetzten Technologien [493 – 516]).

Der Energiepflanzenanbau ist kaum ausweitbar

Alle nutzbaren Anbau-Flächen werden bereits jetzt genutzt evtl. sogar übernutzt. Selbst wenn die Anbauflächen weiter genutzt werden könnten, ist nur eine Umlagerung des Biomasse-Einsatzes möglich und keine Ausweitung.

Von ca. 16,7 Mio. ha Landwirtschaftlicher Fläche in Deutschland werden bereits 2 Mio. ha für Energiepflanzen genutzt. Ein weiter Zubau erscheint aus ökologischen Gründen kaum möglich. Auch die Umnutzung von Futtermittelflächen zu Energiepflanzenflächen durch Reduzierung der Tierhaltung und Rückgang des Konsums von Fleisch und tierischen Lebensmitteln erscheint illusorisch. Denn das jetzt eingesetzte Krafffutter stammt im Wesentlichen aus Soja- und Palmölimporten die aus Klimaschutzgründen ebenfalls eingeschränkt werden müssen. Zum Ersatz müssten bei Reduzierung des heimischen Tierbestands die bestehenden Futtermittelflächen größten Teils weiter genutzt werden. Und auch eine zunehmend vegane Ernährung erfordert Ausbau der Lebensmittelflächen auf Kosten der Futterflächen.

Auch weltweit erscheint eine Ausweitung der Anbauflächen für Energiepflanzen illusorisch. Die Ausweitung des Zuckerrohranbaus für Bioethanol oder der Palmölplantagen für Biodiesel hat schon genug Schaden angerichtet. Und aufgrund des Klimawandels sind laut FAO weltweit 2 Mrd. ha von Degradation und Desertifikation bedroht und bereits jetzt gehen 24 Mrd. t/a

Ackererde durch Erosion und 12 Mio. ha/a pro Jahr durch Degradation verloren. Statt Ausweitung erscheint deshalb eher der Erhalt bestehender Anbauflächen vordringlich.

Der Anbau von Energiepflanzen ist aufgrund der Düngung (Nitrat ins Grundwasser und Lachgas in die Luft) sowie der eingesetzten Herbizide und Pestizide umwelt- und klimaschädlich.

Energetische Nutzung von Biomasse steht in Konkurrenz zu Lebensmittelanbau, Futtermittelanbau und stofflicher Nutzung: Die nationale Biomassestrategie NABIS (des BMWK, BMEL und BMUV) sieht vor, dass Pflanzenanbau, der nicht für den Lebensmittelbereich nötig ist, langfristig nur noch zur Rohstoffversorgung und nicht zur energetischen Nutzung erfolgen darf. Dies steht übrigens auch mit den Bestrebungen der Chemischen Industrie in Einklang. (Quellen zur Begrenztheit des Einsatzes von Pflanzenwachstum auf dem Feld und im Wald zur Absenkung des CO₂-Gehalts der Atmosphäre [797 – 806])

Langfristig nur noch geringer Anteil von Energie aus Biogas: Die Prognos-Studie Klima-neutrales Deutschland 2045 sagt „Bis zum Jahr 2045 wird Biogas überwiegend aus Reststoffen wie Gülle, vergorenen Bioabfällen und nur noch zu einem kleinen Anteil aus Energiepflanzen zur Verfügung gestellt.“ Wird der Energiepflanzenanbau und damit auch die damit betriebenen Biogasanlagen eingestellt, stehen natürlich auch keine Gärreste für die Pyrolyse (s. a. dort!) zu Verfügung.

(Quellen: Die begrenzten Möglichkeiten zum erweiterten Einsatz von Energiepflanzen in Deutschland werden am Beispiel der Biogaserzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen anhand folgender dazu ausgewerteter Quellen deutlich [202 – 340]).

Wald(restholz) ist mittel- und langfristig nicht mehr ausreichend vorhanden

Auch Holz wird für BECCS nicht zur Verfügung stehen. Bei näherer Betrachtung gibt es die erfordernten Mengen an eingeplanten Restholz mittel- und langfristig gar nicht. Dies wird sich nach Verbrauch des derzeit noch in großen Mengen anfallenden Schadholzes bemerkbar machen. Grund ist das Klimawandel bedingte Waldsterben (in Deutschland 10 % Abgang seit 2005 und 80 % Kronenschäden im Bestand) sowie das gesunkene Wachstum (Verringerung der CO₂-Bindung im deutschen Wald auf 1/6). Dies gilt auch für Europa und den weltweiten Waldschwund.

Waldrestholz und Schadholz muss zum Walderhalt im Wald verbleiben: Die Bodenfruchtbarkeit im deutschen Wald ist durch die zu starke Restholzentnahme seit 2000 extrem gesunken. Der Nachwuchs, die Umforstung oder die Wiederanpflanzung klimageschädigter bzw. bereits abgestorbener Wälder erfordert den weitestgehenden Verbleib des Rest-, Schad- und Totholzes im Wald. Im Übrigen wird bei der natürlichen Vermoderung des Rest- und Totholzes im Wald der Kohlenstoff erst über viele Jahre bis Jahrzehnte als CO₂ freigesetzt. Ja ein guter Teil des pflanzlichen Kohlenstoffs wird durch Pilze und Mikroben direkt gebunden und erst gar nicht als CO₂ emittiert. Der durch die Vermoderung aus dem Restholz gebildete Humus befördert das Baum-

wachstum und dadurch die CO₂-Bindung des Waldes.

(Quellen: Die begrenzten Möglichkeiten zum erweiterten Einsatz von Holz für energetische Zwecke in Deutschland und weltweit werden am Beispiel folgender dazu ausgewerteter Quellen deutlich [341 – 406]).

Auch Bioabfall ist nur begrenzt verfügbar

Organische Abfälle aus der Haushalts-Biotonne oder der Strauch-, Stauden und Rasenschnitt müssen kompostiert werden und zurück zur Humusbildung aufs Feld. (Wir haben, wie bereits gesagt, derzeit in Deutschland dank der konventionellen Landwirtschaft klimaschädlichen Humusabbau statt Aufbau).

Statt offener Kompostierung mit CO₂- und Methanfreisetzung, sollte jedoch in Zukunft in geschlossenen Systemen anaerob kompostiert werden. Das so gewonnene Biogas kann dann tatsächlich klimaneutral in BHKWs genutzt werden, wird aber nicht in ausreichenden Mengen für BECCS zur Verfügung stehen.

Auch Mist gehört zum Humusaufbau zurück aufs Feld. Die derzeit im Übermaß anfallende Gülle muss durch Einschränkung der Massentierhaltung ohnehin reduziert werden.

(Quellen: Zum Problem des Humusabbau, Humusaufbau, der Transformation zu Ökologischer Landwirtschaft etc. wurden folgende Quellen ausgewertet [407 – 490]).

Pyrolyse von Pflanzenmaterial und Müll zu „Bio“kohle und CO₂

Verbrennung und Pyrolyse von Holz und auch Holzgasverbrennung ist nie klimaneutral

Würde tatsächlich im selben Zeitraum mindestens gleichviel oder mehr Holz nachwachsen und dabei CO₂ binden, als im selben Zeitraum verbraucht wird, wäre Holzverbrennung klimaneutral. Doch das Holz ist minutenschnell verbrannt bzw. vergast (pyrolysiert) und der Nachwuchs dauert je nach Art des Restholzes viele Jahre bis Jahrzehnte. Unterm Strich wird die aktuelle CO₂-Konzentration in der Atmosphäre schneller erhöht, als sie durch die CO₂-Bindung beim Nachwuchs verringert werden kann.

Das Pyrolyse-Verfahren bzw. die Vergasung ist energetisch ineffizient

Bei Pyrolyse werden organische also kohlenstoffhaltige Stoffe, wie Pflanzen, unter Luftabschluss bei hohen Temperaturen zersetzt. Dabei entstehen ein brennbares Gasmisch und Kohle, die üblicherweise als Biokohle bezeichnet wird. Die Zusammensetzung des Pyrolysegases hängt stark von der Temperatur und dem zeitlichen Durchsatz ab. Eine typische Zusammensetzung bei der Hochtemperaturpyrolyse (bei ca. 850 °C) ist z. B. Wasserstoff 1,3 %, Kohlenmonoxid 49,4 %, Kohlendioxid 46,4 % und Kohlenwasserstoffe 2,8 %. Das gebildete Pyrolysegas kann dann verbrannt werden und das CO₂ aus dem Abgas ggfs. abgetrennt werden. Unter dem Aspekt

Energieeffizienz und Negative Emissionen ist das Pyrolyse-Verfahren für BECC weniger gut geeignet als oft suggeriert: Aus der z. B. in 1 kg Buchenholz enthaltenen Energiemenge von 4 kWh werden nur insgesamt 1 kWh Strom und Wärme, um gleichzeitig 0,175 kg Biokohle und 0,5 kg CO₂ zu erzeugen. Die restliche Energie verbraucht der Pyrolyse-Prozess. (Diese Werte errechnen sich übrigens aus Angaben von IWB, dem Betreiber von pyrolytischen Biokohleanlagen). Hätte man stattdessen das Buchenholz zur Gewinnung derselben Menge an Strom- und Wärme direkt verheizt, wären aus den dafür nötigen 0,25 kg Holz insgesamt nur ca. 0,46 kg CO₂ entstanden. Das heißt, die mit Pyrolyse zusätzlich erzeugte Biokohle hat in Wirklichkeit keine die Emission mindernde Wirkung. Wenn man in beiden Fällen das jeweilig entstandene CO₂ abtrennt und aufwändig geologisch verpresst, hätte man dieselbe Negativemission erzielt. Nur dass man durch die Pyrolyse die vierfache Menge der wertvollen Ressource Holz verbraucht hat. Wirtschaftlich kann die Pyrolyse bei Anerkennung der Negativemission allerdings für den CO₂-Emissions-Handel interessant sein.

Energetisch günstig erzeugte „Bio“kohle enthält Cancerogene

Die nach der energetisch effizienteren Methode bei Niedertemperatur (ca. 450 °C) erzeugte „Bio“kohle enthält ca. 50 % des Pflanzenkohlenstoffs und noch hohe Anteile cancerogener PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe). Doch die Hälfte dieses noch nicht voll mineralisierten Kohle-Anteils in dieser umweltschädlichen „Bio“kohle würde, als Bodenzusatz eingesetzt, noch nach und nach als CO₂ entweichen. Langfristig bleiben also nur 25 % des Pflanzenkohlenstoffs in der im Boden entsorgten Biokohle gebunden. Abgesehen davon, dass sich diese giftbelastete „Bio“kohle ökologisch gesehen kaum zur Bodenverbesserung eignet.

Kaum Bodenverbesserung durch „Bio“kohle, es gibt ökologisch bessere Methoden

Bei der energetisch ungünstiger erzeugten Hochtemperatur Pyrolyse (über ca. 850 °C) enthält die erzeugte „Bio“kohle nur noch ca. 25 % des Kohlenstoffs, allerdings langzeitstabil gebunden. Diese „Bio“kohle wäre auch relativ rein und könnte so gesehen schadlos in den Boden eingebracht werden. Der durch diese „Bio“kohle erzielte Effekt der Bodenverbesserung ist allerdings äußerst gering und nur bei bereits stark degradierten Böden merklich. Die ökologische Landwirtschaft kennt weit bessere Methoden als „Bio“kohle“, wie Humusaufbau* durch Kompost sowie Bodenverbesserung durch Tonmineralien, die wesentlich bessere Wasser- und Nährstoffspeicher sind als die sog. „Bio“kohle. (* Der dringend nötige Humusaufbau ist durch totes Material wie Biokohle nicht möglich. Das Mikrobiom eines guten lebendigen Humus braucht noch nicht völlig zersetztes Pflanzenmaterial – z. B. in Form von Kompost – sozusagen als Futter).

Fazit: Allein aufgrund des Mangels an zusätzlichen Flächen und der Konkurrenz mit Anbauflächen für Lebensmittel, Futtermittel und Rohstoffe (als Grundstoffe in der Industrie) kann BECCS keinen wesentlichen Beitrag gegen den Klimawandel leisten. Soweit BECCS mit der Gewinnung von

Biokohle und dem Abtrennen von CO₂ verbunden ist, könnte die Verfahren formal klimaneutral oder sein sogar CO₂-negativ sein. Das erweist sich allerdings in manchen Fällen als fraglich. Dazu kommt ein dazu nötiger erheblicher energetischer und wirtschaftlicher Aufwand. Auch die als Bodenverbesserer und zum Humusaufbau propagierte Biokohle kann dazu je nach Qualität der Biokohle gar nichts oder nur wenig beitragen.

(Quellen: Speziell zum Themenbereich Pyrolyse, Biokohle, Tera Preta wurden folgende Quellen ausgewertet [517–591]).

Technologien für CO₂-Abtrennung aus Luft und Abgasen

Wohl bekannte und erprobte Technologien stehen zur Verfügung:

Die Techniken für die Abtrennung von CO₂ aus Gasgemischen sind bereits seit Jahrzehnten im Einsatz z.B. bei der Aufbereitung von Erdgas oder Biogas oder in der Düngemittelproduktion im Einsatz. Im Kraftwerksbereich muss jedoch je nach Verfahren das gesamte Energie- und Stoffstrommanagement und evtl. sogar den gesamten Kraftwerksprozess. Fest steht CO₂-Abtrennung und Aufbereitung senkt immer ganz beträchtlich den Wirkungsgrad des Kraftwerks.

Abtrennung in Kraftwerken oder Zementwerken

Wann wird abgetrennt – die gebräuchlichsten Verfahren:

- **Post-Combustion:** CO₂-Abscheidung aus dem Rauchgasstrom nach dem Verbrennungsprozess.
- **Oxyfuel-Prozess:** Verbrennung statt mit Luft mit Sauerstoff. Das heißt im Rauchgas gibt es keinen Stickstoff (N₂) womit die CO₂-Konzentration steigt und das Rauchgas enthält auch keine Stickoxide (NO_x). Allerdings muss zur Gewinnung des dafür nötigen Sauerstoffs eine kosten- und energieintensive Luftzerlegungsanlage betrieben werden.
- **Pre-Combustion:** Erzeugung von sog. Synthesegas (H₂, CO und CO₂) was bei Erdgas dann fast nur aus Wasserstoff und CO₂ besteht.

Die gebräuchlichen Abtrennverfahren

- **Auswaschen mit Lösungsmittel:**
Der Gasstrom wird durch eine Flüssigkeit geführt, in der sich bei Normaltemperatur das CO₂ gut löst (absorbiert). Dieses CO₂ haltige Lösung wird dann später erhitzt und das CO₂ wird wieder freigesetzt (ausgetrieben). Verwendet werden meist leicht basische Amine wie Monoethanolamin (MEA) oder Diethanolamin (DEA). Der Absorbtionsprozess ist leicht exotherm und der Austreibungsprozess endotherm, unterm Strich gehen insgesamt ca. 15 % der Kraftwerkenergie verloren. Allerdings gibt es durch oxidative Zersetzung auch Verluste beim Amin, was die Kosten erhöht. Und bis zu 5 % der Amine bzw. ihrer

Zersetzungsprodukte können durch die Abluft entweichen. Die für die Aminwäsche verwendeten Amine wurden in 2015 im Sinne der Erdgasindustrie, die sie für die Erdgas-Wäsche benötigte noch für undenklich erklärt. Seit 2021 stehen sie allerdings im konkreten Verdacht krebserregend zu sein [809, 629].

- **Absorption an mit Lösungsmittel getränkten Festkörpern:**

Da die Verluste an Lösungsmittel relativ groß sind gibt es inzwischen ein Verfahren, wo mit Amin getränkten Festkörper-Pellets in Wirbelschicht absorbiert und desorbiert wird.

- **Adsorption an Zeolithe, Aktivkohle oder Metalloxide:**

Hier wird bei niederen Temperaturen das CO₂ an den Oberflächen adsorbiert und bei höheren Temperatur wieder desorbiert. Großtechnische Langzeiterfahrung fehlt noch.

- **Kryogene Destillation:**

Das CO₂ wird aus dem reinen, wasserfreien und nur noch Stickstoff haltigen Gasstrom ausgefroren und dann wieder aufgetaut. Da mit höheren Drucken und bei ca. – 135 °C gearbeitet werden muss ist das auch energieaufwändig. Soll etwas weniger energieaufwändig sein als die Amin-Auswaschmethode, aber die großtechnische Langzeiterfahrung fehlt noch

- **Carbonate-Looping:**

Hier reagiert CaO (Calciumoxid) im Gegenstrom-Wirbelschichtverfahren exotherm zu CaCO₃ (Calciumcarbonat) und setzt Wärme mit Temperaturen bis zu 650 °C frei.

Anschließend wird das CaCO₃ bei ca. 850 °C wieder zu CaO und CO₂ zersetzt. Insgesamt wird deutlich Energie verbraucht, angeblich weniger als bei der Aminwäsche.

- **Membranverfahren:**

Hier wird der Effekt genutzt, dass Moleküle bzw. Ionen unterschiedlich große Durchmesser haben. Mittels Kunststoffmembranen mit extrem feinen Poren werden die verschiedenen Teilchen sozusagen gezielt ausgesiebt. Im Großmaßstab werden Membranverfahren bereits seit Jahrzehnten für die Meerwasserentsalzung eingesetzt und wurde inzwischen zum Standardverfahren. Für die Gastrennung oder Aufbereitung sind sie ebenfalls bereits im kleinen und mittelgroßen Maßstab in Medizin und Industrie erfolgreich im Einsatz. Als das umweltfreundlichere und energetisch günstigere Verfahren dürfte sich die Membrantechnologie mittel- und langfristig wohl auch beim Carbon Capture durchsetzen.

(Quellen zu den Abtrennverfahren [592 – 605, 750, 751, 807, 808])

Technischer, energetischer und wirtschaftlicher Aufwand für CC und CCS

Der technologische Aufwand für CC ist, wenn man die gesamte Ergänzung und Anpassung eines Kraftwerks betrachtet, wesentlich größer als oft suggeriert. Das liegt u. a. am wesentlichen

größeren Aufwand für zusätzliche Reinigung der Abgase vor der eigentlichen CO₂-Abtrennung. Und auch das abgetrennte CO₂ muss vor der Komprimierung nochmal entfeuchtet werden. Übrigens ist die für CC notwendige Erweiterung der Kraftwerksanlagen mit einem nicht unerheblichen Flächenbedarf verbunden, der bei vielen Kraftwerken kaum möglich ist.

Der zusätzliche Energieaufwand für CC, der bislang immer noch auf mehr oder weniger geschätzten Zahlen beruht, beträgt beim bisherigen Technologiestand ca. 30 % bis 40 % der Kraftwerksleistung, man hofft langfristig auf ca. 15 % herunterzukommen. [u.a. 629]

Komprimierung und Transport des CO₂ zum Ort der Speicherung erfordern weitere ca. 15 %. Die Erfahrungen bei einem Projekt, bei dem CO₂ aus der Schweizer Zementproduktion nach Island transportiert und dort verpresst wurde, kommt zum Ergebnis: Pro gespeicherter Tonne CO₂ werden zusätzlich etwa 200 bis 250 kg CO₂-Emissionen generiert. Eine andere CCS befürwortende Schweizer Studie berechnet unter Einsatz optimierter Technologien mit insgesamt 60 % zusätzlichen Energieverbrauch (Capture am Kraftwerk + Komprimierung + Transport bis Schweizer Grenze). Das heißt bis zu ca. 60% der Kraftwerksleistung würde für CC und Transport vergeudet. Dazu kommt dann noch der energetische Aufwand für den Langstreckentransport und die Verpressung am Speicherort.

Kosten der CO₂-Abtrennung: Der Weltenenergieerat bezifferte die Kosten allein für die Abtrennung des CO₂ in den Kraftwerken auf ca. 50 bis 100 Euro/t CO₂. 2018 erklärte eine Studie von Wuppertal Institut, ISI und IZES die Senkung der Kosten allein für die Abscheidung auf unter 100 Euro t/a als das Hauptziel. Zu den Abtrennungskosten kommen dann noch die Kosten für Komprimierung, Transport und Verpressen am Speicherort.

Gesamtkosten inklusive Speicherung: Die Gesamtkosten für CCS inklusive Speicherung durch geologische Verpressung liegen nach derzeitigen Schätzungen (!) zwischen ca. 60 Euro/t CO₂ bis ca. 200 Euro/t CO₂. Eine Schweizer Studie rechnete allein für das CCS für die 7 Mio. t/a CO₂ aus Schweizer Zementwerken und Müllverbrennungsanlagen mit Gesamtkosten von 2028 mit 2050 von ca. 16 bis ca. 21 Mrd. Euro. Aufgrund der hohen Kosten wird CCS von vielen Kritikern allein schon aus wirtschaftlichen Gründen für illusionär gehalten. Vermeidung durch Energieeinsparung einerseits und Ersatz fossiler Energie durch Erneuerbare Energien andererseits erscheint sinnvoller. Zwar benötigt die bei den Erzeugungskosten billige Erneuerbare Energie ebenfalls erhebliche Investitionskosten in den Aufbau der zusätzlich nötigen Infrastruktur (wie Ausbau Stromnetz, Ausbau Speicher, Zubau Wasserstoffkernnetz) aber die eigentliche Energie fließt langfristig kostenlos nach, während die bei ihrer Förderung zunehmend aufwändiger werdenden fossilen Energieträger immer teurer werden. Selbst ein Befürworter von CCS, wie der Klimaphysiker Prof. Cyril Brunner von der ETH Zürich kommt zum Ergebnis: „Ich wette, wenn es ein

Gesetz gäbe, das fossile Kraftwerke dazu zwingt, eine CCS-Anlage zu haben, gäbe es in zehn Jahren kein einziges mehr [606].“

Woher soll das Geld kommen: Die größte Gefahr ist, dass der parallele Einsatz von CO₂-Vermeidung durch Umbau auf Erneuerbare Energien und von CCS voraussichtlich dazu führen wird, dass beides gleichzeitig nicht finanzierbar ist. Und dass dann beides nicht zum für eine Klimawende erforderlichen Erfolg führt. Schlimmstenfalls kommt es zu einem „Überlaufende Badewanneneffekt“: Statt den Wasserhahn abzudrehen wird mit der Kaffeetasse das überlaufende Wasser abgeschöpft. Wird das Geld statt für schnelle Umstellung auf erneuerbare Energien und THG-Null Emissionen (dafür wird lt. IPCC derzeit nur ca. 1/6 der nötigen Summen ausgegeben) für CCS ausgegeben, wird man nach Überschreiten von weltweit ca. 2,5 °C Grad bis 2050 theoretisch dann bis 2100 dank CCS und DACS wieder 1 Grad plus erreichen. Doch praktisch werden bei 2,5 °C plus die Weltwirtschaft und die Gesellschaftlichen Strukturen in allen Ländern spätestens 2050 so desolat sein, dass auch der Weiterbetrieb von CCS und DACS zusammenbricht. Wie Dennis Meadows der Autor von „Die Grenzen des Wachstums“ 2023 im Interview zu seinem 80. Geburtstag sagte, werden die Reste der Menschheit dann auf niedriger Zivilisationsstufe überleben.

(Quellen zum technischen und energetischen Aufwand [592 – 605, 817] zu den Kosten [606 – 622, 818]).

Umweltprobleme durch CC: Bei allen Precombustion-Verfahren steigt der Wasserverbrauch der Kraftwerke um 12 % bis zu 84 %. Auch dies ist angesichts der in vielen Regionen der Welt zunehmenden Wasserknappheit ggfs. ein wichtiger Gesichtspunkt [621; 810, 811].

DAC und DACCS

Zur Abscheidung von CO₂ aus der Luft (DAC) könnenn im Prinzip dieselben Verfahren eingesetzt werden wie bei Kraftwerken oder Zementwerken. Diese Abtrennung ist aber um ein Vielfaches aufwändiger als CC bei Kraft- oder Zementwerken. Einfach deshalb, weil die Konzentration des CO₂ in der Luft mit ca. 400 ppm nur ca. 1/1000 von der im Rauchgas beträgt. Das heißt um dieselbe Menge an CO₂ abzutrennen muss ein Vielfaches an Luft durch die Anlagen gepumpt werden. Laut Global Energy Solutions liegt der Preis für DACS deshalb bei ca. 600 bis 800 Dollar pro Tonne CO₂. Das UBA kommt in einer aktuellen Stellungnahme im Juli 2023 (in „Short Typology of Carbon Dioxide Removals“) sogar zum ernüchternden Ergebnis DACCS wäre noch nicht so ausgereift, dass es überhaupt schon skalierbar wäre. Fraunhofer ISI – wahrscheinlich in der Hoffnung damit Forschungsgelder beizutreiben – kommt im Oktober 2023 in einer „umfassenden Analyse“ zum Ergebnis, dass DACCS nach heutigem „Wissensstand“ einer der vielversprechenden technologischen Ansätze sei, um negative Emissionen zu erzielen. Dagegen kommt ganz aktuell im Februar 2024 eine desillusionierende Studie der ERH Zürich. Deren Spin Off *Climeworks* betreibt seit Jahren eine DACCS Anlage in Island, die 4000 Tonnen CO₂ pro Jahr

absaugt. Die Kosten pro Tonne liegen dabei etwa zwischen 1000 und 1300 Dollar. Alles andere als Schreibtischtäter haben die ETH-Forscher über 30 Unternehmen befragt, die schon jetzt Komponenten für DAC-Anlagen produzieren und aufgrund deren praktischer Erfahrung alle Skalierungsmöglichkeiten untersucht [619, 620]. Statt der vom US Department of Energy prognostizierten 100 Dollar/t CO₂ in 2050 kommen die ETH-Forscher auf realistische 230 bis 540 Dollar/t CO₂ im Jahr 2050. Sie schlagen vor die Weiterentwicklung von DACS fortzuführen, aber keineswegs in Hoffnung auf DACCS bei der Minimierung der CO₂-Emissionen nachzulassen. [11, 606 – 622; 816]

Kein Mangel an Energie für DAACS dank Neokolonialismus?

Es wird von einigen Wissenschaftlern ja auch die These vertreten DACCS sei gar nicht so teuer, da man es ja mit billigem Wind- und Solarstrom machen könne. Und den könne man ja im zum Beispiel sonnigen Afrika in wüstenartigen Gebieten wie z. B. in manchen Gegenden von Ägypten im Überfluss gewinnen.

Dagegen spricht einiges:

- Es kommen ja noch die Kosten für das Verpressen– und wenn dies vor Ort nicht möglich ist – auch für die Komprimierung und den Transport dazu.
- Ägypten z. B. leidet bereits unter extremen Wassermangel, die Landwirtschaft ist deshalb gefährdet und wegen der Lebensmitteleinfuhren ist die Verschuldung seit 2015 auf das 15-fache gestiegen, und die Gesellschaft beginnt sich zu destabilisieren.
- Wenn also Solarstrom in Ägypten oder sonst wo in Afrika gewonnen werden soll, dann erstmal um Strom und Wasser für die Bevölkerung bereitzustellen, statt damit die Klimasünden der Europäer und US-Amerikaner auszubügeln.
- Auch Kritiker aus Afrika selbst sagen: Erst wenn alle Afrikaner mit Strom und Wasser versorgt sind, können wir daran denken, erneuerbare Energie(produkte) nach Europa zu liefern.

Vijaya Ramachandran, Direktor für Energie und Entwicklung beim Breakthrough Institute in Kalifornien fasst das trefflich zusammen: “Rich Countries’ Climate Policies are Colonialism in Green”

(Quellen zu energetischem Neokolonialismus [729 – 735])

Abtrennen mit Kalkmehl und Speichern als Calciumhydrogencarbonat

Leitet man ein CO₂ haltiges Gasmisch durch eine Mischung von Kalkmehl (CaCO₃) und Wasser wird der Kalk durch die vom CO₂ mit dem Wasser gebildete Kohlensäure (H₂CO₃) zu Calciumhydrogencarbonat (Ca(HCO₃)₂) aufgelöst. Das wasserlösliche Calciumhydrogencarbonat

könnte dann zum Beispiel ins Meer eingeleitet werden und dort gegen die Versäuerung wirken. So die Aussage der Befürworter dieser Methode. Auf den ersten Blick hat sie Vorteile, da sie relativ wenig Energie verbraucht (Abbau und Mahlen des Kalks, Rühren und Umpumpen im Reaktor). Allerdings, auch wenn die Calciumhydrogencarbonat-Lösung direkt ins Meer geleitet werden kann, wie bei einem Pilotprojekt in Wilhelmshaven bleibt die Langzeitbindung des CO₂ fraglich. Wie wir schon an anderer Stelle gesehen haben, ist Calciumhydrogencarbonat nicht stabil und zerfällt je nach Temperatur-, Konzentrations- und pH-Bereich auch wieder in Calciumcarbonat und spaltet dabei das CO₂ wieder ab. Letztlich hätte man nur Gebirgskalk ins Meer und das CO₂ zeitlich verzögert in die Atmosphäre befördert. [623, 624]

Technik des Storage durch geologisches Verpressen

Die Idee ist es, das abgetrennte Kohlenstoffdioxid an geeigneten Stellen im geologischen Untergrund zu verpressen, wo es dann Langzeitstabil (mindestens 1000 Jahre) sicher gespeichert bleiben sollte.

Die vier grundlegenden Mechanismen der geologischen Speicherung von CO₂

- **Struktureller Einschluss:**

Unter einer undurchlässigen Deckschicht bildet sich eine große CO₂-Gasblase bzw. bei entsprechendem Druck und Temperatur auch von flüssigem CO₂. Fraglich ist, ob die Deckschicht und das Umgebungsgestein auf Dauer stabil bleiben und so das CO₂ doch wieder nach oben sickert.

- **Kapillarer Einschluss Gesteinsporen:**

Sandsteinformationen sind oft relativ porös, wird CO₂ in diese Poren verpresst, bleibt es durch die Kapillarkräfte gebunden. Je nach Druckverhältnissen reichen aber die Kapillarkräfte alleine nicht aus um alles CO₂ dauerhaft stationär zu binden. (Das in Erdgaslagerstätten gebundene Erdgas „wandert(e) ja auch durch Porenräume des Gesteins“ wie man in jedem Lehrbuch für Geologie nachlesen kann.).

- **CO₂-Lösung im Porenwasser**

Sind die Poren des Gesteins mit Wasser gefüllt löst sich das CO₂ im salzhaltigen Porenwasser. Das CO₂ reiche Wasser wird schwerer und sinkt in tiefere Gesteinsschichten ab. Die Lösung im Porenwasser scheint die CO₂-Bindung zwar zu stabilisieren, allerdings gibt es auch dafür eine begrenzte Löslichkeit.

CO₂ Bindung durch Mineralisierung

Basische Gesteine wie Basalt können verpresstes CO₂ durch Bildung von Carbonaten dauerhaft und sicher binden. Diese Methode ist unzweifelhaft die sicherste. Allerdings geht die Ausbreitung des CO₂ im Gestein und die Bildung der Carbonate sehr langsam von statten. Es

besteht die Gefahr, dass pro Zeiteinheit mehr CO₂ von oben nachgepresst wird als das Gestein im selben Zeitraum sicher binden kann.

(Quellen zur geologischen CO₂-Speicherung [630 – 641])

Bedingt gute Erfahrungen mit der Speicherung in Basalt

Auf Island wird im Projekt Carbfix seit dem Jahr 2014 in Wasser gelöstes Kohlendioxid in die Basaltschicht der oberen Ozeankruste verpresst. Dank der großen Porosität des Basalts und der in Island relativ hohen Gesteinstemperatur um die 100 °C – Island liegt auf vulkanischem Untergrund – läuft die Mineralisierung extrem schnell ab. Bis zum April 2024 wurden so ca. 102.000 t CO₂ sicher und langzeitstabil gespeichert.

Doch dieses Ergebnis ist nur bedingt gut, da:

- Da zwar der Nachweis erbracht wurde, dass eine sichere Langzeitspeicherung möglich ist.
- Aber es wurden sehr große Mengen an Süßwasser und Energie verbraucht, was die Kosten hochtreibt.
- So dass die schon erwähnten Schweizer Wissenschaftler zum Ergebnis kamen, dass CCS und DACCS aus Kostengründen keinen schnellen Beitrag zur Abbremsung oder gar Umkehrung des Klimawandels liefern können.

Ein anderer Einwand weist daraufhin, dass bei zu hohem Druck und zu großer Einspeiserate des CO₂ wegen der i. d. R. recht langsamen Mineralisierung in Basalt, sich überkritische* Gasblasen bilden können. So dass in diesen Fällen unerwünschte chemische Reaktionen mit dem Deckgestein stattfinden könnten, wodurch wieder eine Durchlässigkeit nach oben entstehen könnte. Auch könnte bei Druck-Überlastung der Deckschichten ein massiver Ausbruch erfolgen.

(Quellen zur CO₂-Speicherung in Basalt auf Island: 642 – 648, 606, 619))

Fragliche Erfahrungen mit Sandstein beim Onshore-Projekt in Ketzin

Beim ersten deutschen und ersten europäischen Onshore Pilotprojekt CO₂-Speicherung wurden in Ketzin zwischen 2008 und 2013 in 650 m Tiefe in porösem Sandstein ca. 67.000 Tonnen CO₂ injiziert. Die Projektleitung hatte das Geoforschungszentrum GFZ von Helmholtz. Während des Verpressens ist nichts passiert, was vom vorhergehenden „Modelling“ abgewichen wäre. Anstatt die Deponie Ketzin nach Beendigung der CO₂-Verpressung 40 Jahre lang zu monitoren, wie im CCS-Gesetz eigentlich vorgeschrieben, wurde sie gerade mal 4 Jahre beobachtet. Auskunft der GFZ: „Der Projektstandort wird seit 2017 nicht mehr überwacht.“ Ob nun das CO₂ für tausende von Jahren sicher gespeichert wurde, bleibt angesichts eines fehlenden langfristigen Monitoring ungewiss. Allerdings stellte 2022 eine Studie aus 2022 des GFZ fest, dass sich evtl. durch die CO₂-Injektion aus Anhydrit hydratisiertes Calciumsulfat (Gips) gebildet hat. Dieser Gips könnte durch die Quellwirkung evtl. zu einer geologischen Destabilisierung führen, was aber bei Ketzin

kein Problem sei, weil so wenig CO₂ verpresst wurde. Angesichts der lächerlich geringen CO₂-Menge, die verpresst wurde und der zitierten Umstände ein sehr fragwürdiges Pilotprojekt für die sichere, geologische Langzeitspeicherung von CO₂.

(Quellen zu Pilotprojekt Ketzin [649 – 657])

CO₂ Pipelines machbar, aber wer soll das bezahlen

Das abgetrennte CO₂, egal ob aus CC oder DAC, kann meist nicht in Nähe der Abscheidung sicher gespeichert werden. So muss mit bis zu 1000 km langen Einzel-Leitungen bzw. vielen tausend Kilometer langen Leitungsnetzen gerechnet werden, um das CO₂ von jedem Kraftwerk bzw. jedem Zementwerk in die Speichergebiete z. B. in der Nordsee zu transportieren. Auch diese zur CO₂-Entsorgung notwendige Infrastruktur birgt Risiken. CO₂-Austritte können gefährliche Situationen für Umwelt und Menschen hervorrufen. Zum Beispiel gab es am 3. April 2024 wieder einmal ein Leck in einer der Exxon/Denbury CO₂ Pipelines, weil eine Dichtung platzte. Doch die Sicherheit von CO₂-Pipelines sollte kein wirkliches Problem darstellen, denn für Gasleitungen aller Art, egal ob für Erdgas, Wasserstoff oder CO₂ gibt es eigentlich seit Jahrzehnten bewährte betriebssichere Lösungen. Doch wie mehrere Beispiele aus den USA zeigen, wird oft an der eigentlich möglichen Sicherheit gespart. Die hauptsächlichste Hemmschwelle dürfte jedoch in der Finanzierung der Grundinvestition in diese Netze liegen. In der Hoffnung auf üppige staatliche Subventionen werden CO₂-Pipeline-Netze von den Befürwortern in der EU und in Deutschland als „wertschöpfend“ propagiert. Eine volkswirtschaftlich äußerst bedenkliche Definition von „Wertschöpfung“, wenn sie auf eine auf Dauersubventionen angewiesene Technologie angewendet wird, die ein eigentlich vermeidbares Abfallprodukt transportiert. In den USA bringen diese CO₂-Pipelines überschüssiges CO₂-Gas aus der Industrie hin zu Erdöl- oder Erdgas-Bohrungen, wo es zu einer Art von wasserfreiem Fracking eingesetzt wird [u.a. 752]. In den USA finanzieren sich die CO₂-Pipelines unsubventioniert über den gewinnbringenden Einsatz des CO₂ zur gesteigerten Erdöl- oder Erdgasförderung. Jedoch trägt diese Erdgas- und Erdölförderung zur kostenträchtigen Klimakatastrophe bei. In Deutschland wären im Rahmen von CCU evtl. CO₂-Leitungen z. B. von Zementwerken oder Müllverbrennungsanlagen hin zu Chemischen Produktionsstätten denkbar. Da dort das CO₂ als letztlich gewinnbringender Grundstoff eingesetzt würde, könnte das CO₂-Netz darüber finanziert werden. Doch wer finanziert sichere CO₂ Pipelines hin zur kostenträchtigen Verpressung in der Nordsee?

(Quellen zu CO₂-Pipelines [129, 593, 603, 604, 609, 614, 655, 658 – 673, 814])

Fragliche Erfahrungen zur Langzeitstabilität nicht nur in Norwegen

Als Musterbeispiel für Offshore Carbon Storage in porösem Sandstein gilt bei Befürwortern wie Kritikern von CCS das Norwegische Erdgasfeld Sleipner. Denn dort wird seit fast 30 Jahren CO₂ in großen Mengen verpresst. Anlass für diese CO₂-Verpressung war, dass 1991 Norwegen eine Steuer von 41 Dollar/t auf CO₂-Emissionen eingeführt hatte. Da das Erdgasfeld Sleipner Erdgas

mit einem CO₂-Anteil von bis zu 9 % liefert, musste dieses CO₂ ohnehin aus dem Erdgas abgetrennt werden um es marktfähig zu machen. Hätte nun das Erdgasunternehmen Equinor einfach in die Luft abgeblasen, wäre diese hohe Steuer fällig geworden. Auch zeigte sich, dass die Verpressung von CO₂ als eine Art Erdgasausbeute erhöhendes Fracking wirkt, so dass auch zu diesem Zweck CO₂ verpresst wurde. So war es finanziell günstiger, das ohnehin vor Ort abgetrennte Erdgas gleich wieder vor Ort zu verpressen. 1996 wurde begonnen über eine 12,5 km lange Unterwasserpipeline ca. 1 Mio. t/a CO₂ in 1000 m Tiefe zu verpressen. Immer wieder durchgeführte Seismische Untersuchungen zeigten jedoch nach wenigen Jahren, dass das CO₂ nicht in der ursprünglichen Tiefe blieb, sondern in höheren Schichten inzwischen insgesamt 8 weitere Gasblasen bildete. Während die unteren Gasblasen noch im Rahmen der Vorhersage-Modelle lagen, ist die oberste, die neunte Blase außerhalb jeder Vorhersage. Offensichtlich wurden auch keine exakten Messungen gemacht, ob und wie viel CO₂-Gas durch eventuelle Risse wieder an die Oberfläche sickerte. Eine Vermessung der Gasblasengröße ergab allerdings, dass von 10 Mio. t injiziertem CO₂ inzwischen 2 Mio. t fehlen. Das CO₂ReMoVe Project, das sich um die Verification der weltweiten CO₂-Speicherdaten kümmert, monierte schon 2012: „Die Erfahrungen aus den Projekten Sleipner (Norwegen), In Salah (Algerien, bis heute massiv leak) und Snøhvit (Norwegen, teilweise eingestellt) zeigen, dass stets Abweichungen zu den Modellvorhersagen auftraten“ und forderte ein gewissenhaftes Langzeit-Monitoring, bevor solche Verfahren als sicher erklärt werden. In 2017 waren laut GFZ weltweit 18 groß-skalige Projekte vorhanden, die bis dahin ca. 220 Mio. t CO₂ abgespeichert hatten. Eine in 2023 erschienene Übersichtsstudie des IEEFA (Institute for Energy Economics & Financial Analysis), kommt allerdings zum Ergebnis, dass bislang kein einziges geologisches CS-Projekt eine langzeitstabile CO₂-Speicherung nachweisen konnte und warnt vor voreiligen Großinvestitionen. Das IEEFA hatte dazu die Daten von 30 alten und auch aktuellen geologischen CCS Aktivitäten ausgewertet. Trotzdem sieht das norwegische Erdgas- und Erdölunternehmen *Equinor* kein Problem und will weiterhin – nun aus ganz Europa angeliefertes – CO₂ in der Nordsee gegen gutes Geld verpressen. Nach dem Motto: Wir liefern Euch Erdgas und ihr liefert das damit erzeugte CO₂ zurück und wir verdienen doppelt.

(Quellen zur CO₂-Verpressung in der norwegischen Nordsee [2, 138, 655, 656; 674 – 692])

Warum sind Sandstein und ehemalige Erdgaslagerstätten in vielen Fällen oder sogar prinzipiell keine sicheren Speicher?

Prinzipiell kann CO₂ überall verpresst werden, wo es in Form tiefer poröser oder basischer Gesteinsschichten die geologischen Voraussetzungen gibt. Aus Kostengründen bieten sich allerdings bevorzugt ausgebeutete Erdöl oder Erdgaslagerstätten an. Einesteils sind dann die geologischen Daten gut bekannt und die leergepumpten Lagerstätten scheinen „besonders viel Platz“ für CO₂ zu garantieren.

Doch es gibt eine ganze Reihe von geologischen Risiken:

- **Leckage-Pfade aufgrund durchlässiger Gesteinsschichten**, durch die das CO₂ in umliegende Gesteinsschichten gelangen und dann entweichen kann.
- Mäßige und schwere Leckagen entstehen, wenn sich **Risse oder Klüfte im abdichtenden Deckgestein** bilden.
- **Durch Druck bzw. Druckwechsel entstehen evtl. neue Risse**, durch die das CO₂ in höhere Schichten wandert und letztlich entweicht.
- Diese Wegsamkeiten, Fehlstellen und Risse können sehr unterschiedliche Ausprägungen und Leckraten haben. Und solche Leckagen können Jahre und Jahrzehnte andauern.
- **Bohrlöcher** können während des Injektionsvorgangs beschädigt werden oder im Laufe der Zeit **durch Korrosion oder Alterung undicht** werden.
- **Mangelnde oder unzureichende Überwachung** führt dazu, dass Leckagen nicht rechtzeitig erkannt werden, was zu einem unkontrollierten CO₂-Austritt führen kann.
- **Durchsickern von CO₂ ins Umfeld einer Lagerstätte**, was ein größeres Gebiet betreffen kann. Was schwer zu erkennen ist.
- Bei einer aktiven Bohrung oder einer stillgelegten Bohrung kann es durch Defekte zu einem **Blowout**, der Freisetzung großer Mengen von CO₂ in kürzester Zeit kommen.
- Schwerwiegende Bohrlochprobleme, bei denen eine Reparatur erfolglos bleibt.
- Bei unsachgemäßer Lagerung oder Handhabung kann es zu **Leckage in der Anlage selbst** kommen, z. B. kann CO₂ aus dem Speicher entweichen.
- **Die tatsächliche Ausbreitung von CO₂ im Untergrund lässt sich nur schwer simulieren**. Die CO₂-Fahne kann sich im Untergrund völlig anders verhalten als prognostiziert (siehe Sleipner).

(Quellen zu prinzipiellen geologischen Risiken der CO₂-Verpressung [637, 687, 690, 693, 694, 796])

Nicht nur ausgeförderte Erdgasbohrungen evtl. ungeeignet

Das Narrativ lautet: Erdgaslagerstätten habe sich über Millionenjahre gebildet. Und man kann deshalb davon ausgehen, dass diese Lagerschichten unter stabilen und dichten Deckgesteinen liegen, sonst wären sie ja im Laufe der Erdgeschichte längst ausgegast. Je nach Tiefe der Lagerstätte steht das Erdgas unter hohem Druck (in 1500 m Tiefe etwa 150 bar) und stabilisiert sozusagen die Lagerschicht gegen den Druck der darüberliegenden Deckschichten.

Risse im Deckgestein durch Fracking: Nun hat sich allerdings gezeigt, dass viele Frackingbohrungen in den USA beträchtliche Mengen an Erdgas emittieren. Neben durch „Geldsparen“ beim Abdichten der Bohrungswände und ähnliche „Schlampereien“ verursachten Lecks wird inzwischen auch eine Rissbildung im Deckgestein durch das Fracking selbst in Betracht gezogen (siehe auch Stanford Studie).

Leckagen aus ausgeförderten Erdgasbohrungen: Auch von GEOMAR, dem Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel, kamen noch 2020 relativ kritische Veröffentlichungen zur Sicherheit der CO₂-Speicherung in ehemaligen Erdgasbohrungen in der Nordsee. Untersuchungen in 2017 und 2019 hatten nämlich ergeben, dass an 28 von 43 direkt untersuchten versiegelten AIT-Bohrlöchern Methan-Emissionen vorlagen. Inzwischen werden diese Lecks zum Teil damit erklärt, dass seinerzeit beim Niederbringen der eigentlichen Tiefenförderbohrung oberflächennahe kleine Gastaschen beschädigt worden seien. Andere erklären, das Methan sei oberflächlich am Meeresboden durch ganz normale biogene Methanbildung entstanden. Eine endgültige Klärung fehlt, ob nicht auch Restgas aus den tiefen ausgeförderten Lagen emittiert wird, da von den ca. 17000 Bohrlöcher in der Nordsee nur relativ wenige stichprobenartig untersucht wurden.

Beispiel Absacken der Niederlande: Erdbeben und Absacken des Landes durch die starke Erdgasentnahme haben in den Niederlanden ja bereits gezeigt, dass durch die starke Druckentlastung im Förderbereich des Erdgases die darüberliegenden Schichten durchaus einbrechen oder zumindest Risse bilden können. Durch diese Risse würde dann beim Einpressen von CO₂ dieses langfristig auch wieder entweichen.

Stanford Studie hält CCS für unsicher und evtl. klimaschädlich: Zu ähnlichem Ergebnis kam eine Studie der Stanford University, die die Möglichkeiten einer sicheren CO₂-Verpressung in Kalifornien untersuchte. Beim Verpressen von CO₂ im Boden komme es ähnlich wie auch beim Fracking zu schwachen Erdbeben. Diese würden sich zwar nicht auf die Erdoberfläche auswirken, könnten jedoch dazu führen, dass die unterirdischen Speicher durch die dabei entstehenden Risse undicht werden und somit das gespeicherte Kohlenstoffdioxid wieder in die Atmosphäre entweiche. Aufgrund dieses Umstandes betrachtet diese Studie eine in großen Maßstab umgesetzte Kohlenstoffdioxidspeicherung als eine „risikoreiche und wahrscheinlich erfolglose Strategie der Treibhausgasreduktion. Wenn für die Abscheidung, Transport und Verpressung von

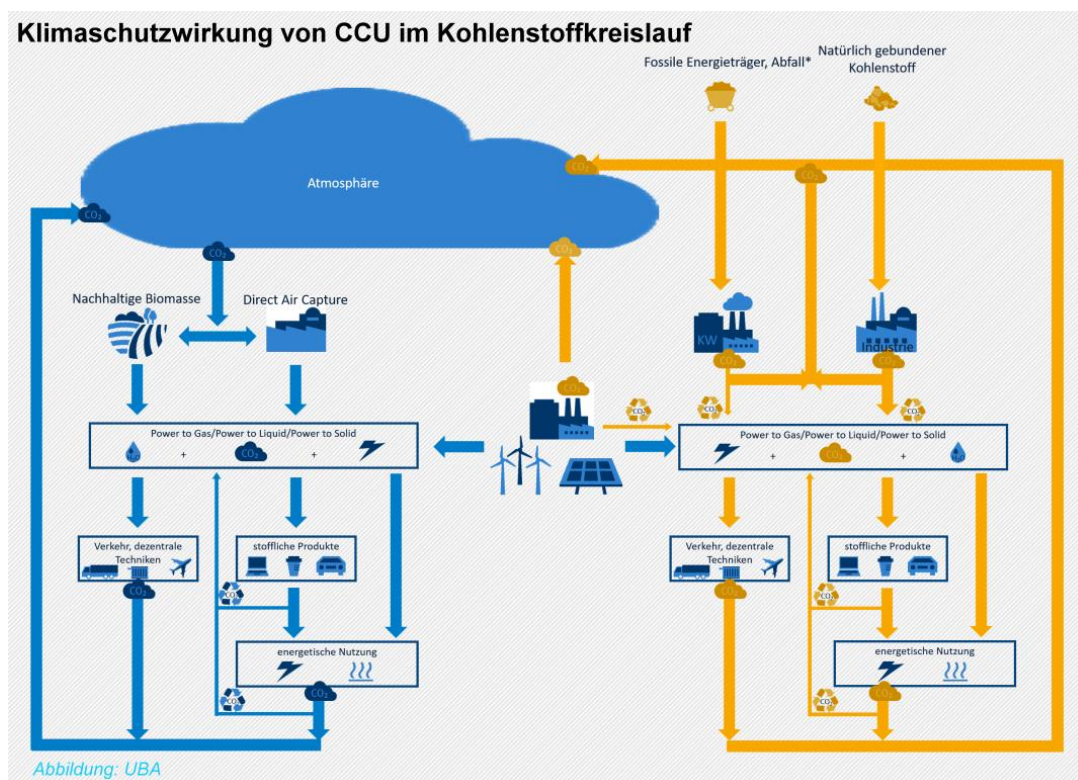
CO₂ erhebliche Mengen an zusätzlichem CO₂ entstünden, könnte innerhalb von 100 Jahren der CO₂-Gehalt der Luft durch CCS sogar signifikant steigen.

(Quellen zu nicht für CO₂-Verpressung geeignete Geologie [695 – 707])

Gefährdung des Trinkwassers durch Salzwasserverdrängung

Ralf E. Krupp erklärte am 06.06.2011 vor dem Bundestagsausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Das schwerwiegendste Problem der Verpressung von CO₂ in salzwasserführende Gesteinsschichten liegt in der Verdrängung der zumeist hoch salzhaltigen (bis zu 350 Gramm Salz pro Liter) Formationswässer. Bei einer Dichte des CO₂ von ca. 0,6 t/m³ verdrängen 0,6 Tonnen CO₂ jeweils einen Kubikmeter Salzwasser. Die Verdrängung ist unter realen geologischen Gegebenheiten der einzige relevante Mechanismus zur Raumschaffung für das CO₂. Das durch die Injektionsmaßnahme unter Überdruck gesetzte Formationswasser wird die erste sich bietende Wegsamkeit (z.B. geologische Störung) nutzen um in Richtung geringeren Drucks, also nach oben, zu entweichen. ... Die Verdrängung der salinen Formationswässer durch das CO₂ ist keine hypothetische Möglichkeit oder ein „Restrisiko“, sondern sie ist eine zwingende physikalische Folge der CO₂-Verpressung, die mit Sicherheit eintreten wird. Eine amerikanische Studie kommt zum Ergebnis, dass das bloße Eindringen von CO₂ in Trinkwasserhorizonte durch das erhöhte Lösungsvermögen der Kohlensäure, deren Gehalt an unerwünschten Mineralien um das 100-fache erhöhen kann. Auch ein Dossier des Clean Water Funds in den USA bestätigt die Bedenken bezüglich der Gefährdung der Trinkwasserversorgung durch CO₂-Verpressung. [707, 708, 709]

CCU – Kohlenstoff im Kreislauf führen, statt aufwändig speichern



Carbon Capture and Utilisation (CCU) erscheint auf jeden Fall sinnvoll zur Verminderung und Vermeidung von Treibhausgasemissionen. Sowohl über DAC als auch CC abgetrenntes CO₂ wird dabei der Chemischen Industrie als Grundstoff zugeführt. Das entspricht auch dem in C4C von VCI und VDI entwickelten Transformationskonzept für die Chemische Industrie. Das CO₂ aus der Luft und aus der Müllverbrennung würde dabei im Kreislauf geführt. Lediglich das CO₂ aus der Zementherstellung würde nach Ende der Nutzungs(kaskade) der damit hergestellten Produkte letztlich das CO₂ in der Atmosphäre anreichern. Das steht in Einklang mit den Aussagen des Umweltbundesamt, das aktuell nochmal darauf hinweist UBA: „CCU in Verbindung mit fossilen Treibhausgasemissionen kann keinen nachhaltigen Beitrag zum Klimaschutz leisten.“ Der Rest der wirklich unvermeidbaren CO₂-Emissionen könnte dann weitgehend durch die natürlichen Methoden gespeichert werden. Eine weitgehende Umstellung der Chemie auf CCU bis ca. 2040 und ein zu diesem Zeitpunkt zunehmender Einsatz von CCS in größerem Maßstab – unter Nutzung sicherer (!) Speicherorte – könnte dann ab ca. 2050 zur Absenkung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre führen.

(Quellen zu CCU [710 – 726, 778 - 782])

Stellungnahmen zweier Klimaschutz und Energiewende aktiver Wissenschaftler

Am 14.10.2022 gab **Mark Lawrence**, Wissenschaftlicher Direktor am Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit (Research Institute for Sustainability, RIFS) des PIK ein Interview beim Fernsehsender ntv. Anlässlich des Vorschlags das Zuviel an CO₂ in der Atmosphäre durch die Verwitterung von Gestein abzubauen, kommt es zu einer insgesamt sehr nüchternen Beurteilung von BECCS und DACCS. „... Es gibt sehr viele Ideen und Vorschläge, wie CO₂ aus der Atmosphäre entfernt werden könnte. Das ist nichts Neues, das wird seit etwa 30 Jahren erforscht. ...[Aber] Soweit wir wissen, gibt es derzeit keine Technik, die einen wesentlichen Beitrag zu den Zielen des Pariser Klimaabkommens von zwei Grad leisten könnte... Das ist [alles] Fantasie. ...“ [727]

Volker Quaschnig Professor für das Fachgebiet Regenerative Energiesysteme an der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin und Kollege bei den Scientists for Future macht im Februar 2024 auf youtube in seinem Video „*Quaschnig erklärt: CO₂-Rückholung*“ zu folgenden Aussagen: „...Verfahren wie BECCS oder DACCS können tatsächlich Kohlendioxid aus der Atmosphäre entfernen. ... [Aber] Was in der Theorie gut klingt und in der Praxis durchaus funktioniert, braucht riesige Flächen und gigantisch viel Energie. ... Meint ihr wirklich, dass irgendjemand auf der Welt enorm viel Geld in die Hand nimmt, um CO₂ aus der Atmosphäre zu holen, solange andere hemmungslos Erdöl, Erdgas und Kohle verfeuern? ... Dabei ist die Entwicklung dieser Technologien gar nicht falsch. Die klimaneutrale Zementherstellung oder Müllverbrennung ist ohne CO₂-Abtrennung nicht möglich. Aber auch das wird richtig teuer. ... Zu

glauben, wir könnten die Erde weiter hemmungslos zerstören und auf eine Supererfindung hoffen, die das schnell und preiswert wieder repariert, ist eine reine Illusion.“ [728]

Fazit: CDR, CCS oder DACCS, gleich welcher Art darf nicht zum Feigenblättchen für Versäumnisse der Energiewende werden!

- Auch wenn sie nur sehr langsam und z. T. in geringem Maße wirken, müssen alle sinnvollen Maßnahmen des natürlichen Carbon Capture and Storage fortgeführt und soweit möglich ausgebaut werden.
- Da sie sehr langsam wirken, dürfen diese „natürlichen“ Maßnahmen aber nicht als Ersatz oder zur Verzögerung der Vermeidung von fossilen CO₂-Emissionen eingesetzt werden.
- CCS zur Abscheidung von CO₂ aus den Abgasen fossiler Verbrennung ist ein „Fass ohne Boden“, da aufgrund der geringen energetischen Effizienz 60 % oder gar mehr der Kraftwerksenergie verloren gehen und zum Ausgleich entsprechend mehr fossile Energieträger verbrannt und zusätzliches CO₂ produziert werden müsste.
- Für CCS und DACCS ist die Langzeit-Stabilität bzw. die Bezahlbarkeit der Speicherung in geologischen Schichten noch nicht wirklich geklärt.
- Es ist zwar sinnvoll CCS und DACCS weiter zu entwickeln, es muss aber in wenigen (!) großen Projekten über lange Zeit (!) und mit sorgfältigem Monitoring überprüft werden.
- Im Erfolgsfall können nach weitgehender Einstellung der fossilen Emissionen, CCS und DACCS evtl. ab ca. 2040 zunehmend und ab ca. 2050 in großem Maßstab eingesetzt werden.
- Wichtig ist jedoch, dass kein Geld in CCS- oder DACCS-Projekte gesteckt wird, das dann zur Umsetzung der Energiewende fehlt und dadurch den Ausstieg aus fossilen Energieträgern verzögert.

(Quellen die vielfach verwendet wurden und keinem speziellen Thema zugeordnet wurden [819 – 849])

Quellen:

Hinweis: Seit 2001 habe ich ein digitales Archiv mit Dokumenten zu Naturschutz, Klimawandel, Klimaschutz, Energiewende zu Treibhausgas-Null und Nachhaltigkeit angelegt. Dieses Archiv umfasst inzwischen ca. 15000 Veröffentlichungen, Stellungnahmen, Studien und Szenarien. Nachfolgend die ca. 850 Quellen, die ich hauptsächlich für dieses Dossier verwendet habe. Über 600 davon hatte ich bereits während der letzten 10 Jahre für Referate und Dossiers zu Teilthemen ausgewertet die nun auch für Carbon Capture bedeutsam sind. Ungefähr 200 Quellen vor allem zu CDR, CCS und DACCS habe ich in den letzten 6 Monaten ausgewertet. Die verschiedenen Quellen kommen z. T. (oft auch Interessen gesteuert) zu extrem unterschiedlichen ja widersprüchlichen Aussagen. Normalerweise zitiere ich deshalb in diesem Dossier keine Einzelquellen, sondern ich habe versucht, stets zu zusammenfassenden Aussagen zu kommen. Zu den thematischen Absätzen habe ich deshalb jeweils zusammenfassend die Quellen genannt. Dieses Dossier wendet sich nicht an Wissenschaftler und will auch keine innerwissenschaftliche Diskussion anfeuern, sondern es will mit eindeutigen und gut nachvollziehbaren Fakten und Argumenten allen Leser:innen Orientierungshilfe bieten.

1. 1,5 °C GLOBALE ERWÄRMUNG – Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger; (2019); IPCC; https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/07/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf;
2. Carbon Capture and Storage – Diskussionsbeitrag zur Integration in die nationalen Klimaschutzstrategien; (09.2023); eckpunkte; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/carbon-capture-storage-diskussionsbeitrag>;
3. Klimaschutz in der Landwirtschaft; (03.2024), UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-umweltfreundlich-gestalten/klimaschutz-in-der-landwirtschaft#landwirtschaft-und-klimaschutz>;
4. Wie die Transformation der Chemie gelingen kann; (2023); VCI und VDI; <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/broschueren-und-faltblaetter/final-c4c-broschure-langfassung-es.pdf>;
5. CO2-Kreislaufwirtschaft; (12.2023); Industrie-Energieforschung; <https://www.industrie-energieforschung.de/forschen/co2-kreislaufwirtschaft>;
6. CCU – CO2 als Rohstoff für Industrieprozesse; (Stand 03.2024); Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (KEI); <https://www.klimaschutz-industrie.de/ueber-uns/ueber-das-kei/>;
7. CCS: Was bedeutet Carbon Capture and Storage?; (212.2022); Chemie Technik; <https://www.chemietechnik.de/sicherheit-umwelt/was-verbirgt-sich-hinter-carbon-capture-and-storage-513.html>;
8. What is carbon capture and storage?; (02.2023), National Grid; <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/what-is-ccs-how-does-it-work>;
9. CDR (Carbon Dioxide Removal-Technologien); (03.Stand 2024); Pflanzenforschung.de; <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/lexikon-a-z/cdr-carbon-dioxide-removal-technologien:L>
10. Short Typology of Carbon Dioxide Removals; (07.2023); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/factsheet_short_typology_of_carbon_dioxide_removals.pdf;
11. DACCS – Gamechanger der Klimapolitik? Potenziale zur Erreichung der Klimaziele durch CO2-Entnahme aus der Luft; (10.2023); Fraunhofer ISI; <https://www.isi.fraunhofer.de/de/presse/2023/presseinfo-15-dacccs-klimapolitik.html>;
12. Bioenergie und CCS (BECCS); (Stand 2024); Climate Engineering, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel; <https://www.spp-climate-engineering.de/index.php/BECCS.html>;

13. CO₂-Senken; (Stand 03.2024); Stiftung Denkfabrik Klimaneutralität; <https://www.stiftung-klima.de/de/themen/co2-senken/>;
14. Natürliche Senken – Kurzgutachten im Rahmen der dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität; (2021); Ökoinstitut, Hrsg. dena; https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Kurzgutachten_Natuerliche_Senken_OEkoinstitut.pdf;
15. Klimaschutzfaktor Moore – CO₂ binden statt freisetzen; (2022); Bioökonomie in BW; <https://www.biooekonomie-bw.de/fachbeitrag/aktuell/klimaschutzfaktor-moore-co2-binden-statt-freisetzen/>;
16. Klimaschutz - Moore als Kohlenstoffspeicher und THG-Quelle; (Stand 03.2024), Bundesamt für Naturschutz; <https://www.bfn.de/oekosystemleistungen-0>;
17. Klimaschutz durch Moorbodenschutz; (02.2023); BMEL; <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/klimaschutz/moorbodenschutz.html>;
18. Wälder und Moore: unsichere CO₂-Senken, unwägbares Klimaziel 2030; (Stand 03.2024); Deutscher Naturschutzring DNR; <https://www.dnr.de/aktuelles-termine/aktuelles/waelder-und-moore-unsichere-co2-senken-unwaegbares-klimaziel-2030>;
19. Humus als CO₂-Senke; (Stand 03.2024); AgrarFakten; <https://www.agrarfakten.de/humus-als-co2-senke/>;
20. Humusaufbau für den Klimaschutz; (2021); i.m.a - information.medien.agrar; https://www.ima-agrar.de/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=486&cf_id=24;
21. Wie viel CO₂ binden landwirtschaftlich genutzte Böden?; (Stand 10.2023); Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL); <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/wie-funktioniert-landwirtschaft-heute/wie-viel-co2-binden-landwirtschaftliche-boeden/>;
22. Humusaufbau = Klimaschutz? Diese Formel ist zu einfach; (10.2023); THÜNEN; <https://www.thuenen.de/de/newsroom/detail/humusaufbau-klimaschutz-diese-formel-ist-zu-einfach>;
23. Kohlenstoffspeicher Holz; (Stand 03.2024); Forstwirtschaft in Deutschland; <https://www.forstwirtschaft-in-deutschland.de/wald-im-klimastress/klimawandel/kohlenstoffspeicher-holz/>;
24. Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C.P.O. et al. Buildings as a global carbon sink. *Nat Sustain* **3**, 269–276 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>;
25. Gebäude können zu einer globalen CO₂-Senke werden – mit dem Baustoff Holz statt Zement und Stahl; (2020); PIK; <https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/gebäude-koennen-zu-einer-globalen-co2-senke-werden-mit-dem-baustoff-holz-statt-zement-und-stahl>;
26. Klimaschutz durch Holz; (Stand 03.2024); FNR; <https://holz.fnr.de/rohstoff-holz/klimaschutz-durch-holz>;
27. Stroh als Dämmstoff nutzen (Baustroh) - Preise und Vorteile; (Stand 03.2024); energieheld; <https://www.energieheld.de/daemmung/daemmstoffe/stroh/>;
28. Holzbau mit Strohdämmung: Bau, Brandschutz, Nachweise; (04.2023); Deutsches Architektenblatt; <https://www.dabonline.de/2023/04/25/holzbau-strohaemmung-brandschutz-nachweis-schallschutz-waermeschutz-feuchte/>;
29. Hanf - ökologische Dämmung mit guten Eigenschaften; (Stand 03.2024); energieheld; <https://www.energieheld.de/daemmung/daemmstoffe/hanf/>;
30. Schilf - ökologisch und ökonomisch eine sehr gute Dämmung; ; (Stand 03.2024); energieheld; <https://www.energieheld.de/daemmung/daemmstoffe/schilf/>;
31. Beschleunigtes Verwittern von Gestein kann helfen, CO₂ aus der Luft zu holen – ein wenig; <https://www.geo.uni-hamburg.de/geologie/ueber-das-institut/nachrichtenauflistung/beschleunigtes-verwittern-von-gestein.html>; (03.2018); Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung und Uni Hamburg, Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN); <https://www.geo.uni-hamburg.de/geologie/ueber-das-institut/nachrichtenauflistung/beschleunigtes-verwittern-von-gestein.html>;
32. Basaltstaub als CO₂-Schlucke?; (07.20221); scinexx; <https://www.scinexx.de/news/geowissen/basaltstaub-als-co2-schlucker/>;
33. Beschleunigte Verwitterung (im Meer und an Land); (01,2021); GEOENGINEERINGMONITOR; https://www.boell.de/sites/default/files/2021-01/GM_Beschleunigte_Verwitterung.pdf;
34. Verwitterte Steine gegen die Erderwärmung; (12.2022); klimareporter; <https://www.klimareporter.de/technik/verwitterte-steine-gegen-die-erderwaermung>;
35. Beton als CO₂-Schlucke; (02.2024); scinexx; <https://www.scinexx.de/news/geowissen/beton-als-co2-schlucker/>;
36. Xi, F., Davis, S., Ciais, P. et al. Substantial global carbon uptake by cement carbonation. *Nature Geosci* **9**, 880–883 (2016). <https://doi.org/10.1038/ngeo2840>;

37. CO₂ mit Steinen binden? "Das wäre Bergbau so groß wie die Kohleindustrie"; (14.10.2022); ntv; <https://www.n-tv.de/wirtschaft/Das-waere-Bergbau-so-gross-wie-die-Kohleindustrie-article23647479.html>;
38. Klimaschützer im Meer: Braunalgen binden Hunderte Millionen Tonnen Kohlenstoff; (01.2023); FONA; https://www.fona.de/de/aktuelles/nachrichten/2022/230102_Braunalgen_big.php;
39. CO₂-Speicherung: Algenzucht ist auch keine Lösung – laut Studie; (06.2023); heise online; <https://www.heise.de/news/CO2-Speicherung-Algenzucht-ist-auch-keine-Loesung-laut-Studie-9194162.html>;
40. Arzeno-Soltero, I.B., Saenz, B.T., Frieder, C.A. et al. Large global variations in the carbon dioxide removal potential of seaweed farming due to biophysical constraints. *Commun Earth Environ* **4**, 185 (2023). <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00833-2>;
41. Negative Emissionen“: Natürliche und künstliche Kohlenstoffsinken; (Stand 03.2024); Klimaschutz im Bundestag; <https://klimaschutz-im-bundestag.de/massnahmen-pakete/senkenoekonomie-1-0-zur-finanzierung-negativer-emissionen/>;
42. Langfriststrategie Negativemissionen zum Umgang mit unvermeidbaren Restemissionen (LNe); (02.2024); BMWK; https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/240226-eckpunkte-negativemissionen.pdf?__blob=publicationFile&v=4;
43. Thünen-Bericht: Böden in Deutschland droht Humusverlust; (12.2018); weltagrarbericht; <https://www.weltagrarbericht.de/aktuelles/nachrichten/news/de/33493.html>;
44. Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung; (2018); Thünenreport 64; https://www.thuenen.de/media/institute/ak/Allgemein/news/Thuenen_Report_64_final.pdf;
45. BO-R-1: Humusgehalte von Ackerböden – Fallstudie; (11.2019); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/monitoring-zur-das/handlungsfelder/boden/bo-r-1/indikator#bo-r-1-humusgehalte-von-ackerboden-fallstudie>;
46. Kolbe, Hartmut; Zimmer, Jörg; Leitfaden zur Humusversorgung; (2015); Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/25484>;
47. Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands – Ausgewählte Ergebnisse der Bodenzustandserhebung; (2018); BMEL; https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Bodenzustandserhebung.pdf?__blob=publicationFile&v=10;
48. DAS BODEN-BULLETIN – LANDBAU IN ZEITEN DER ERDERHITZUNG; (2019); WWF Deutschland; <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Landwirtschaft/WWF-Studie-Boden-Bulletin-2019.pdf>;
49. Der kleine Humus-Faktencheck; (2020); WWF <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Landwirtschaft/WWF-Der-kleine-Humus-Faktencheck.pdf>;
50. Entwicklung des Bodens; (2013); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-flaeche/kleine-bodenkunde/entwicklung-des-bodens>;
51. Strategien und Handlungsempfehlungen für die Bodenschutzpolitik der 20. Legislaturperiode; (2022); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_140-2022_strategien_und_handlungsempfehlungen_fuer_die_bodenschutzpolitik_der_20._legislaturperiode.pdf;
52. Grundsätze der Humuswirtschaft Humus im Klimawandel; (2023); Verbund der Landesanstalten und Landesämter für Landwirtschaft; <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.landwirtschaft-mv.de%2Fserviceassistent%2Fdownload%3Fid%3D1660988&psig=A0vVaw3CPjWUPges0Y8nYPC0vM4b&ust=1711370985305000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAUQn5wMahcKEwjgduv94yFAxUAAAAAHQAAAAAQBA>;
53. Holger Flaig; Kohlenstoffsequestrierung und Humuszertifikate; (2022); LTZ Augustenberg; https://www.researchgate.net/publication/359244254_Kohlenstoffsequestrierung_und_Humuszertifikate;
54. Martin Körschens, Gerhard Breitschuh und Manfred Munzert; Faktencheck – Humusgehaltserhöhung um 0,1 % in bayerischen Böden? (2014); AgrarFakten; <https://ffe9ccd15f.clvaw-cdnwnd.com/3a7cbd54c76320ceec95212da849404/200000562-b345cb345d/FC%2009%20Humus%2001%2020206%2020240316.pdf>;
55. MARTIN KÖRSCHENS; Dauerhumus oder Nährhumus, das ist hier die Frage; (2014); AgrarFakten; <https://ffe9ccd15f.clvaw-cdnwnd.com/3a7cbd54c76320ceec95212da849404/200000286-7a5027a505/Dauerhumus%20oder%20Na%CC%88hrhumus%20MK%2020200723.pdf>;

56. Konrad Egenolf; *Die neue Humustheorie und was wir daraus für die Landwirtschaft ableiten können*; (2019); Landwirtschaftskammer NRW; <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/boden/humus/humustheorie.htm>;
57. *Humusbildung braucht Zeit*; (01.04.2011); topargar; <https://www.topagrar.com/management-und-politik/news/humusbildung-braucht-zeit-9604949.html>;
58. *Carbon Farming und Klimalabeling*; (Stand 2024); Thünen.; <https://www.thuenen.de/de/institutsuebergreifende-projekte/carbon-farming-und-klimalabeling>;
59. *Kohlenstoffspeicher Boden - Geschäftsmodelle für den Klimaschutz*; (stand 2024); <https://www.thuenen.de/index.php?id=5491&L=0>;
60. *Welche Rolle spielt Carbon Farming in Afrika für Kleinbauern und den Klimaschutz?*; (10.2023); *Fachjournal Welternährung*; <https://www.welthungerhilfe.de/welternaehrung/rubriken/klima-ressourcen/kleinbauern-und-klimaschutz-was-kann-carbon-farming>;
61. *Was bringt Carbon Farming? – Gefahren und Potenziale für den Natur- und Klimaschutz*; (2022); NABUS; <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/landnutzung/landwirtschaft/klimaschutz/31980.html>;
62. *NABU-Standpunkt Carbon Farming*; (2022); NABU; https://www.nabu.de/imperia/md/content/220905-nabu-standpunkt_carbon_farming.pdf;
63. *Hilft Carbon Farming das Klima zu schützen?* (10.2023); Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL); <https://www.landwirtschaft.de/diskussion-und-dialog/umwelt/hilft-carbon-farming-das-klima-schuetzen>;
64. Carsten Paul, Bartosz Bartkowski, Cenk Dönmez, Axel Don, Stefanie Mayer, Markus Steffens, Sebastian Weigl, Martin Wiesmeier, André Wolf, Katharina Helming; ; *Carbon farming: Are soil carbon certificates a suitable tool for climate change mitigation?*; (15.02.2023); *Journal of Environmental Management*; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722027153?via%3Dihub>;
65. *Klimaschutz mit Carbon Farming - eine gute Idee?*; (03.02.2022); SMC – das Science Media Center Germany; <https://www.sciencemediacenter.de/alle-angebote/science-response/details/news/klimaschutz-mit-carbon-farming-eine-gute-idee/>;
66. *Carbon Farming: Greenwashing durch Humuszertifikate?*; (01.2024); Heinrich Böll Stiftung; <https://www.boell.de/de/2024/01/09/carbon-farming-greenwashing-durch-humuszertifikate>;
67. *Bodenatlas – Daten und Fakten über eine lebenswichtige Ressource*; (2024); Heinrich Böll Stiftung; <https://www.boell.de/de/bodenatlas>;
68. *Carbon Farming – ein neues Framing für klimafreundliche Landwirtschaft?*; (12.2023); Welthungerhilfe; <https://www.welthungerhilfe.de/welternaehrung/rubriken/klima-ressourcen/carbon-farming-als-klimarettet-ungeeignet>;
69. Axel Schick, Pierre L. Ibisch; *Namibian ‘Bush encroachment’ in context: an ecological perspective on current and future dryland greening, its causes and consequences*; (2021); Hrsg. DUH; https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Kohlekraftwerke/DUH-Gutachten_Namibian.Bush.encroachment.in.context.pdf;
70. Bjart Holtsmark; *Harvesting in boreal forests and the biofuel carbon debt*; *Climatic Change* (2012) 112:415-428; https://www.researchgate.net/publication/227584033_Harvesting_in_boreal_forests_and_the_biofuel_carbon_debt;
71. Blumröder, J. S., May, F., Härdtle, W., & Ibisch, P. L; *Forestry contributed to warming of forest ecosystems in northern Germany during the extreme summers of 2018 and 2019*; *Ecological Solutions and Evidence*, 2, e12087; (2021); <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12087>; <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2688-8319.12087>;
72. *Climate change and land – An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*; Full report; (2022); IPCC; https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2022/11/SRCCL_Full_Report.pdf;
73. *Earth Week: In a drought, which trees risk death?* News Release 16-042; (2016); The National Science Foundation (NSF); https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=138226;
74. *Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2022*; (2023); BMEL; https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldzustandserhebung-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=6;
75. *Ergebnisse Waldzustandserhebung 2020: Schäden haben weiter zugenommen*; (2021); Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL); <https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/waldzustandserhebung.html>;

76. *Forests and Climate Change; Reports of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development to the Parliament of Canada - Independent Auditor's Report; (2023); https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/docs/parl_cesd_202304_01_e.pdf;*
77. *Grassi, G., Fiorese, G., Pilli, R., Jonsson, K., Blujdea, V., Korosuo, A. and Vizzari, M.; Brief on the role of the forest-based bioeconomy in mitigating climate change through carbon storage and material substitution; (2021); European Commission; <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC124374>;*
78. *Hundreds of scientists affirm that trees are more valuable alive than dead — both for climate and for biodiversity; (2021); Woodwell Climate Research Center <https://www.woodwellclimate.org/letter-regarding-use-of-forests-for-bioenergy/>;*
79. *Indicator: Forest carbon emissions and removals (2020); Government of Canada; <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/forests/state-canadas-forests-report/disturbance-canadas-forests/indicator-carbon-emissions-removals/16552>; wurde aus dem Verkehr gezogen, ist aber in meinem digitalen Archiv;*
80. *Lindner, M., Fitzgerald, J. B., Zimmermann, N. E., Reyer, C., Delzon, S., van der Maaten, E., Hanewinkel, M. (2014). Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*, 146, 69–83; <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.030>;*
81. *Malcolm, Jay; Holtsmark, Bjart; Piascik, Paul; Forest harvesting and the carbon debt in boreal east-central Canada; (2020); *Climatic Change*. 161. 1-17; DOI:10.1007/s10584-020-02711-8; https://www.researchgate.net/publication/340587312_Forest_harvesting_and_the_carbon_debt_in_boreal_east-central_Canada;*
82. *Pierre L. Ibisch, Torsten Welle, Jeanette S. Blumröder, Jörg Sommer; Wälder sind Kohlenstoffspeicher – Holzverbrennung ist nicht klimaneutral; (2020); https://www.researchgate.net/publication/340309866_ePaper_Holzverbrennung_ist_nicht_klimaneutral_31_Mar20_fin;*
83. *Pierre L. Ibisch; (2020); Ökologischer Zustand und Umbau der Wälder zur Förderung von Klimaresilienz und Biodiversität; im Ausschusses für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit; <https://www.bundestag.de/resource/blob/808970/a70eece0fdcdcc5b837e0a0bce48c01/Prof-Dr-Pierre-Ibisch-data.pdf>;*
84. *Projektionsbericht für Deutschland 2019 – Zusammenfassung in der Struktur des Klimaschutzplans – Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 (Politikszenerarien IX)“; Umweltbundesamt UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2019-fuer-deutschland>;*
85. *Searchinger, T.D.; Beringer, T.; Holtsmark, B. et al.; Europe's renewable energy directive poised to harm global forests; (2018); *Nat Commun* 9, 3741; DOI: 10.1038/s41467-018-06175-4; https://www.researchgate.net/publication/327603838_Europe%27s_renewable_energy_directive_poised_to_harm_global_forests;*
86. *Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Reyer, C. P. O.; Forest disturbances under climate change; (2017); *Nature Climate Change*, 7(6), 395–402; <https://doi.org/10.1038/nclimate3303>;*
87. *Senf, C., Buras, A., Zang, C. S., Rammig, A., & Seidl, R.; Excess forest mortality is consistently linked to drought across Europe; (2020); *Nature Communications*, 11(1), 6200; <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19924-1>; <https://www.nature.com/articles/s41467-020-19924-1>;*
88. *Senf, C., Seidl, R.; Mapping the forest disturbance regimes of Europe; (2021); *Nature Sustainability* 4(1):1-8; DOI:10.1038/s41893-020-00609-y; https://www.researchgate.net/publication/344372338_Mapping_the_forest_disturbance_regimes_of_Europe;*
89. *Standing up for forests and against the Swedish forestry model: A letter to EC policymakers; (2021); Forest Defenders Alliance; https://forestdefenders.eu/wp-content/uploads/2021/03/Final-version.open-letter_on-the-international-day-of-forests.pdf;*
90. *The State of the World's Forests 2020, Forests, biodiversity and people; (2020) FAO and UNEP; Rome; <https://doi.org/10.4060/ca8642en>; <https://www.fao.org/3/ca8642en/ca8642en.pdf>;*
91. *The State of the World's Forests 2022, Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies; (2022) FAO; Rome; <https://doi.org/10.4060/cb9360en>; <https://www.fao.org/3/cb9360en/cb9360en.pdf>;*
92. *Växthusgasutsläppen 2021 på samma nivå som året innan, markanvändningssektorn utsläppskälla för första gången; Statistikcentralen Finland; <https://www.stat.fi/sv/publikation/cktlcpwag38sg0c5561iqop0y>;*

93. Waldzustandserhebung: 4 von 5 Bäumen sind krank – Waldumbau drängt; (2023); BMEL; <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2023/030-waldzustandserhebung.html>;
94. Europas Wald-CO₂-Senken schrumpfen rapide; (2022); EURACTIV; <https://www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/europas-wald-co2-senken-schrumpfen-rapide/>;
95. Natürliche Senken; (2021); Ökoinstitut und dena; https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Kurzgutachten_Natuerliche_Senken_OEkoinstitut.pdf;
96. CO₂-Entnahmen: Notwendigkeit und Regulierungsoptionen; (2021); Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC); https://www.wissenschaftsplattform-klimaschutz.de/files/WPKS_Gutachten_MCC_PIK.pdf;
97. Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität; (2019); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/rescue>;
98. Felix Chr. Matthes; LULUCF-Quellen und Senken in den deutschen Treibgas-Emissionsinventaren; (02.2021); Öko-Institut; https://backend.dnr.de/sites/default/files/Positionen/21-02-23-Memo_Inventare_LULUCF.pdf;
99. N. MENGIS, U. BERNITT, A. OSCHLIES; Klima retten mit Kohlendioxid-Entnahme? (20022); Deutscher Wetterdienst; https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_promet/Promet_105_Einzelkapitel_PDF/Promet_105_Kap9.pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=7;
100. Jean-Francois Bastin, Yelena Finegold, Claude Garcia, Danilo Mollicone, Marcelo Rezende, Devin Routh, Constantin M. Zohner, Thomas W. Crowther; The global tree restoration potential; (2019); Science 5 Jul 2019 Vol 365, Issue 6448 pp. 76-79; DOI: 10.1126/science.aax0848; <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.aax0848>;
101. Mo, L., Zohner, C.M., Reich, P.B. et al. Integrated global assessment of the natural forest carbon potential. Nature **624**, 92–101 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06723-z>; <https://www.nature.com/articles/s41586-023-06723-z.pdf>;
102. Heftige Kritik an Schweizer Aufforstungsstudie; (22.10. 2019); MDR; <https://www.mdr.de/wissen/kritik-an-studie-zur-wiederaufforstung-100.html>;
103. Aufforstung in Trockengebieten bringt wenig für den Klimaschutz; Aufforstung; (09.2022); SMC – das Science Media Center Germany; <https://www.sciencemediacenter.de/das-smc/das-smc/>;
104. Wiederaufforstung könnte riesige Mengen CO₂ aus der Luft saugen. Der Schutz bestehender Wälder ist allerdings wichtiger; (13.11.2023); NZZ; <https://www.nzz.ch/wissenschaft/waelder-zur-co2-entnahme-renaturierung-und-wiederaufforstung-sind-nicht-alles-ld.1764894>;
105. IPCC Report Climate Change and Land (2019), p. 397. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf>;
106. Moore – Ökosystemleistungen; (Stand 03.2024); Bundesamt für Naturschutz BfN; <https://www.bfn.de/oekosystemleistungen-0>;
107. Faktenpapier: Die Rolle von Methan bei Moor-Wiedervernässung; (Stand 11.2022); Greifswald Moor Centrum; https://greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/202211_Faktenpapier_Methan.pdf;
108. Frolking S, Roulet NT (2007) Holocene radiative forcing impact of northern peatland carbon accumulation and methane emissions. Global Change Biology 13:1079–1088; <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01339.x>;
109. Joosten H, Sirin A, Couwenberg J, Laine J, Smith P (2016) The role of peatlands in climate regulation. In: Bonn A, Allot T, Evans M, Joosten H, Stoneman R (eds) Peatland Restoration and Ecosystem Services: Science, Policy and Practice. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 63–76; https://www.researchgate.net/publication/325954154_The_role_of_peatlands_in_climate_regulation;
110. Paludikultur als Hoffnungsträger fürs Klima – Moore als CO₂-Speicher: renaturieren und gleichzeitig wirtschaften; <https://www.biooekonomie-bw.de/fachbeitrag/aktuell/moore-als-co2-speicher-renaturieren-und-gleichzeitig-wirtschaften>;
111. Moore als natürliche CO₂-Speicher; (09.2021); Wissenschaftsjahr 2020/21: Bioökonomie; <https://www.wissenschaftsjahr.de/2020-21/koepfe-des-wandels/moore-als-natuerliche-co2-speicher.html>;
112. Hoher Methan-Ausstoß bei Wiedervernässung; (10.2014); Deutschlandfunk; <https://www.deutschlandfunk.de/moore-hoher-methan-ausstoss-bei-wiedervernaessung-100.html>;

113. Sachs, T., Koebisch, F., Franz, D., Larmanou, E., Serafimovich, A., Kohnert, K., Jurasinski, G., Augustin, J. (2015): Mehr Moor?: zur Treibhausgasdynamik wiedervernässter Feuchtgebiete. - *System Erde*, 5, 1, 22-27; https://www.researchgate.net/publication/283703822_Mehr_Moor;
114. Restaurierung von Mooren: Überfluten ist nicht die ideale Lösung; (06.09.2022); Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) im Forschungsverbund Berlin; <https://www.igb-berlin.de/news/restaurierung-von-mooren-ueberfluten-ist-nicht-die-ideale-loesung>;
115. Dominik Eisen, Robert J. McInnes; A call for refining the peatland restoration strategy in Europe; (2022); <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1365-2664.14261>;
116. Jack Longman, Daniel Veres, Aritina Haliuc, Walter Finsinger, Vasile Ersek, Daniela Pascal, Tiberiu Sava, Robert Begy; Carbon accumulation rates of Holocene peatlands in central–eastern Europe document the driving role of human impact over the past 4000 years; (2021); <https://cp.copernicus.org/articles/17/2633/2021/cp-17-2633-2021.pdf>;
117. Andreas Lengerer; Der Treibhausgasaustausch von landwirtschaftlich genutzten Niedermoorflächen im Pfrunger-Burgweiler Ried; (2018); Dissertation Universität Ulm; <https://oparu.uni-ulm.de/server/api/core/bitstreams/552d34b0-3a71-48f0-87a6-0766aa444466/content>;
118. Lexikon der Biologie: Torf; (Stand 03.2024); Spektrum.de; <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/torf/67000>;
119. Alexandra Barthelmes; Vegetation dynamics and carbon sequestration of Holocene alder (*Alnus glutinosa*) carrs of NE Germany; (2009); Dissertation an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald; https://epub.ub.uni-greifswald.de/frontdoor/deliver/index/docId/615/file/Diss_Barthelmes_Alexandra.pdf;
120. ALM, J., SHURPALI, N.J., MINKKINEN, K., ARO, L., HYTÖNEN, J., LAURILA, T., LOHILA, A., MALJANEN, M., MARTIKAINEN, P.J., MÄKIRANTA, P., PENTTILÄ, T., SAARNIO, S., SILVAN, N., TUUTTILA, E.-S. & LAINE, J. (2007a): Emission factors and their uncertainty for the exchange of CO₂, CH₄ and N₂O in Finnish managed peatlands. *Boreal Environment Research* 12: 191-209; https://www.researchgate.net/publication/215473536_Emission_factors_and_their_uncertainty_for_the_exchange_of_CO2_CH4_and_N2O_in_Finnish_managed_peatlands;
121. ALM, J., SHURPALI, N.J., TUUTTILA, E.-S., LAURILA, T., MALJANEN, M., SAARNIO, S. & MINKKINEN, K. (2007b): Methods for determining emission factors for the use of peat and peatlands flux measurements and modelling. *Boreal Environment Research* 12: 85-100; https://www.researchgate.net/publication/215473532_Methods_for_determining_emission_factors_for_the_use_of_peat_and_peatlands_-_Flux_measurements_and_modelling;
122. AUGUSTIN, J. & JOOSTEN, H. (2007): Peatland rewetting and the greenhouse effect. - *International Mire Conservation Group Newsletter* 2007/3: 29-30; https://www.researchgate.net/publication/288847511_Peatland_rewetting_and_the_greenhouse_effect;
123. BRIDGHAM, S.D., MEGONIGAL, J.P., KELLER, J., BLISS, N.B. & TRETTIN, C. (2006): The carbon balance of North American wetlands. *Wetlands* 26: 889-916; https://www.researchgate.net/publication/227317573_The_Carbon_Balance_of_North_American_Wetlands;
124. DREWS, H., JACOBSEN, J., TREPEL, M. & WOLTER, K. (2000): Moore in Schleswig-Holstein unter besonderer Berücksichtigung der Niedermoore - Verbreitung, Zustand und Bedeutung. *Telma* 30: 241-278; https://www.researchgate.net/publication/270394368_Das_Niedermoorprogramm_in_Schleswig-Holstein_-_ein_Beitrag_zur_Umsetzung_der_Wasserrahmenrichtlinie;
125. DRÖSLER, M., FREIBAUER, A., CHRISTENSEN, T. & FRIBORG, T. (2008) Observation and status of peatland greenhouse gas emission in Europe. In: *The Continental-Scale Greenhouse Gas Balance of Europe*; https://www.researchgate.net/publication/225911483_Observations_and_Status_of_Peatland_Greenhouse_Gas_Emissions_in_Europe;
126. GAUDIG, G., JOOSTEN, H. & KAMERMANN, D. (2008): Growing growing media: the promises of Sphagnum biomass. *Acta Horticulturae* 779: 165-172; https://www.researchgate.net/publication/284251152_Growing_growing_media_Promises_of_sphagnum_biomass;
127. Höper, H. (2007): Freisetzung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren. *Telma* 37: 85- 116; https://www.researchgate.net/publication/279561926_Freisetzung_von_Treibhausgasen_aus_deutschen_Mooren_Greenhouse_gas_emissions_from_German_peatlands;
128. HÖPER, H., AUGUSTIN, J., CAGAMPAN, J.P., DRÖSLER, M., LUNDIN, L., MOORS, E., VASANDER, H., WADDINGTON, J.M. & WILSON, D. (2008): Restoration of peatlands and greenhouse gas balances. In: STRACK, M. (eds.): *Peatlands and Climate Change*. International Peat Society, Jyväskylä, 182-210; <https://edepot.wur.nl/117602>;

129. Jahresbericht des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein 2007/08; JESSEL, B. (2008): Zukunftsaufgabe Klimawandel – der Beitrag der Landschaftsplanung. *Natur und Landschaft* 83: 311-317; <https://docplayer.org/18878231-Landesamt-fuer-natur-und-umwelt-des-landes-schleswig-holstein-jahresbericht-2007-08-landesamt-fuer-natur-und-umwelt.html>;
130. JOOSTEN, H. & CLARKE, D. (2002): *The Wise Use of Mires and Peatlands - Background and Principles including a Framework for Decision-making*; https://www.researchgate.net/publication/293563126_Wise_use_of_mires_Background_and_principles;
131. JOOSTEN, H. (2006): *Moorschutz in Europa. Restauration und Klimarelevanz*; <https://docplayer.org/4086136-Moorschutz-in-europa-restauration-und-klimarelevanz.html>;
132. LÜTT, S.; 30 Jahre Vegetationsentwicklung schleswig-holsteinischer Moore – Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen; (2021); BfN; <https://bf.n.bsz-bw.de/frontdoor/index/index/docId/1094>;
133. SIRIN, A. & LAINE, J.; Chapter 7: Peatlands and greenhouse gases; (2007); https://www.academia.edu/74843983/Peatlands_and_greenhouse_gases_7_1_Chapter_7_Peatlands_and_greenhouse_gases?auto=download;
134. ALETTA BONN et al.; Klimaschutz durch Wiedervernässung von kohlenstoffreichen Böden; in *NATURKAPITAL UND KLIMAPOLITIK – SYNERGIEN UND KONFLIKTE*; (2015); *NATURKAPITAL DEUTSCHLAND – TEEB DE*; https://www.academia.edu/26542969/Klimaschutz_durch_Wiedervern%C3%A4ssung_von_kohlenstoffreiche_n_B%C3%B6den?auto=download&email_work_card=download-paper;
135. *Potenziale und Hemmnisse für Paludikultur*; (2022); UBA und DEHSt; https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/projektmechanismen/Hintergrundpapier-hemmnisse-paludikultur.pdf?__blob=publicationFile&v=2;
136. *Künstlicher Auftrieb: Mehr Power für die biologische Kohlenstoffpumpe des Meeres*; (2023); CDRmare; https://cdrmare.de/wp-content/uploads/2023/06/CDRmare14_kuenstlichAuftrieb_factsheet_230607V2.pdf;
137. *Gezielte Kohlendioxid-Entnahme – Welche Möglichkeiten meeresbasierte Verfahren bieten und wie diese erforscht werden*; (2023); CDRmare; <https://www.geomar.de/news/article/co2-entnahme-mit-hilfe-des-meeres>;
138. *Eisendüngung des Ozeans*; (Stand 04.2024); *Climate Engineering DFG*; <https://www.spp-climate-engineering.de/index.php/Eisenduegung-des-Ozeans.html>;
139. *Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie: Braunalgen binden Hunderte Millionen Tonnen Kohlenstoff*; (01.2023); FONA; https://www.fona.de/de/aktuelles/nachrichten/2022/230102_Braunalgen_big.php;
140. *Lexikon der Biologie: Braunalgen*; (Stand 04.2024); *Spektrum.de*; <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/braunalgen/10496>;
141. *Sargassum Inundation Events (SIEs): Impacts on Aquatic Life and Associated Ecosystems*; (Stand 12.2023); U.S. Environmental Protection Agency (EPA); <https://www.epa.gov/habs/sargassum-inundation-events-sies-impacts-aquatic-life-and-associated-ecosystems>;
142. *Sargassum, an environmental disaster*; (Stand 04.2024); *Sargasse Project*; <https://sargasseproject.com/en/sargassum-an-environmental-disaster/>;
143. Wera Leujak, Harald Ginzky, Ulrich Claussen; *Eisendüngung – Mehr CO2 Fixierung durch das Meer?*; (2013); *Warnsignal Klima der Uni Hamburg*; https://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/pdf/de/meere/warnsignal_klima-die-meere-kapitel-5_7.pdf;
144. *Ozeandüngung – ein umstrittener Ausweg aus dem Klimawandel*; (01.2011); *GEOMAR*; <https://www.geomar.de/news/article/ozeanduegung-ein-umstrittener-ausweg-aus-dem-klimawandel/>;
145. *Ocean Fertilization – A scientific summary for policy makers*; (2010); *Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) der United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization und GEOMAR*; <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000190674>;
146. *HSLU: Mikroalgen gegen den Klimawandel*; (14. 8.2023); *Kanton Luzern*; <https://blog.bkd.lu.ch/hslu-mikroalgen-gegen-klimawandel/>;
147. *Algae Biorefinery – Material and energy use of algae*; (2013); *DBFZ Report No. 16*; https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_16.pdf;
148. *Bioökonomie – Projekte*; (Stand 04.2024); *Bioökonomie auf Marinen Standorten e.V.*; <https://blaue-biooekonomie.de/de/projekte>;
149. *TH Köln entwickelt nachhaltigen Algen-Anbau für zu Hause*; (01.2022); *TH Köln*; https://www.th-koeln.de/mam/downloads/deutsch/hochschule/aktuell/pm/pm_01_norifarm.pdf;

150. xCUBIO Algenbioreaktoren; (stand 04.2024); bbi-biotech; <http://algenbioreaktor.de/algenbioreaktoren/xcubio-algenbioreaktoren/>;
151. Auf dem Weg zur effizienten Mikroalgenproduktion; (08.2023); bioökonomie.de; <https://biooekonomie.de/nachrichten/neues-aus-der-biooekonomie/auf-dem-weg-zur-effizienten-mikroalgenproduktion/>;
152. Algenbiotechnologie: Wie werden Prozesse profitabel?; (05.2023); bioökonomie.de; <https://biooekonomie.de/foerderung/foerderbeispiele/algenbiotechnologie-wie-werden-prozesse-profitabel/>;
153. Mögliche Perspektiven für die Landwirtschaft; (08.2022); Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB; <https://www.igb.fraunhofer.de/de/presse-medien/presseinformationen/2022/mikroalgen-moegliche-perspektiven-fuer-die-landwirtschaft.html>;
154. Prozessentwicklung in Photobioreaktoren; (Stand 04.2024); Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB; <https://www.igb.fraunhofer.de/de/forschung/algenbiotechnologie/prozessentwicklung-in-photobioreaktoren.html>;
155. Felix Derwenskus, Benjamin Schäfer, Jan Müller, Konstantin Frick, Andrea Gille, Karlis Briviba, Ulrike Schmid-Staiger, Thomas Hirth; Coproduction of EPA and Fucoxanthin with *P. tricornutum* – A Promising Approach for Up- and Downstream Processing; (2020); <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cite.202000046>;
156. Proteins4Singapore: Forschung zur Sicherung einer nachhaltigen Proteinversorgung durch neuartiges Reverse Food Engineering und Additive Fertigung; (06.2022); TUM School of Life Sciences; <https://www.ls.tum.de/ls/presse/aktuelles/nachricht-detail/article/proteins4singapore-forschung-zur-sicherung-einer-nachhaltigen-proteinversorgung-durch-neuartiges-reverse-food-engineering-und-additive-fertigung/>;
157. Inside this vertical farm, carbon-neutral algae grows under glowing pink lights;(09-21-2022); Fast Company; <https://www.fastcompany.com/90790596/inside-this-vertical-farm-carbon-neutral-algae-grows-under-glowing-pink-lights>;
158. Die Vertical-Farming-Revolution gerät ins Stocken; (03.01.2023); capital.de; <https://www.capital.de/wirtschaft-politik/die-vertical-farming-revolution-geraet-ins-stocken-33064902.html>;
159. Hagen Buck-Wiese, Mona A. Andskog, Nguyen P. Nguyen, Jan-Hendrik Hehemann; Fucoïd brown algae inject fucoïdan carbon into the ocean; (2023); <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2210561119>;
160. Kohlenstoffspeicher Ozean: – So nimmt das Meer Kohlendioxid auf; (2022); Sarmare; https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/56931/1/CDRmare_carboncy_factsheet_220824.pdf;
161. Spillias, S., Valin, H., Batka, M. et al. Reducing global land-use pressures with seaweed farming. *Nat Sustain* **6**, 380–390 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41893-022-01043-y>;
162. Kelpwald; wikipedia; (Stand 04.2024);
163. Riesige Kohlenstofflager unter der Grasnarbe; (Stand 04.2024); SeaStore; <https://www.seegraswiesen.de/de/co2-speicher/>;
164. Wie trägt Seegras zur Bekämpfung des Klimawandels bei?; (Stand 04.2023); HELMHOLTZ KLIMAINITIATIVE; <https://www.helmholtz-klima.de/faq/seegras-kohlenstoff-speicher/>;
165. Seegras – Seegraswiesen; (Stand 04.2024); Deutsche Stiftung Meeresschutz; <https://www.stiftung-meeresschutz.org/foerderung/seegraswiesen-seegras-renaturierung/>;
166. Riesiger Algenteppich treibt auf Karibik zu; (17.03.2023); Spektrum.de; <https://www.spektrum.de/news/ozeane-riesiger-algenteppich-treibt-auf-karibik-zu/2121399>;
167. WP 2100 Biological nutrients report; Granata, T. and M. Egli. 2016. Biological Nutrients: In: Sustainable Materials Concept. 2016 ESA Report (AO/1-7707/13/NL/R), T324-001QT; https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.hslu.ch%2F%2Fmedia%2Fcampus%2Fcommon%2Ffiles%2Fissuu-pdf%2Fta%2Fta-forschung%2Fforschung%2Fccmbe%2Fsmc.pdf%2F%3Fsc_lang%3Den&psig=AOvVaw3FJhrexGfOhFfbiz7sYYe2&ust=1712307484162000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAUQn5wMahcKEwiom4H9mKiFAxUAAAAAHQAAAAAQBA;
168. Ein Masterplan für neue Seegraswiesen in der Ostsee; (Stand 04.2024); SeaStore; <https://www.seegraswiesen.de/de/>;
169. Seegraswiesen; (Stand 04.2024); GEOMAR; <https://www.geomar.de/entdecken/seegraswiesen>;
170. Seegraswiesen am Limit; (Stand 04.2024); Leibniz Zentrum für Marine Tropenforschung (ZMT); <https://www.leibniz-zmt.de/de/neuigkeiten/nachrichten-aktuelles/archiv-news/seegraswiesen-am-limit.html>;

171. Ökologisch wertvoll: Deswegen sterben die wichtigen Seegraswiesen ab; (22.06.2020); The Weather Channel; <https://weather.com/de-DE/wissen/klima/news/2020-06-22-okologisch-wertvoll-deswegen-sterben-die-wichtigen-seegraswiesen-ab>;
172. Gärtnern unter Wasser; (14.12.2023); tag eins; <https://www.tageins.at/seegras-pflanzen-ostsee-jasmin-spreer/>;
173. Beschleunigtes Verwittern von Gestein kann helfen, CO₂ aus der Luft zu holen – ein wenig; (06.03.2018); Gemeinsame Pressemitteilung des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung und der Universität Hamburg, Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN); <https://www.geo.uni-hamburg.de/geologie/ueber-das-institut/nachrichtenauflistung/beschleunigtes-verwittern-von-gestein.html>;
174. Jessica Strefler, Thorben Amann, Nico Bauer, Elmar Kriegler, Jens Hartmann; Potential and costs of carbon dioxide removal by enhanced weathering of rocks; (2018); Environmental Research Letters, Volume 13, Number 3; <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaa9c4>;
175. Dunit (dunite); (Stand 04.2024); Mineralienatlas; <https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/RockData?rock=dunite>;
176. Basalt – CO₂-Schlucker mit Vor- und Nachteilen; (03.08.2021), ORF; <https://science.orf.at/stories/3207971/>;
177. CO₂ mit Steinen binden? – "Das wäre Bergbau so groß wie die Kohleindustrie"; (14.10.2022); ntv; <https://www.n-tv.de/wirtschaft/Das-waere-Bergbau-so-gross-wie-die-Kohleindustrie-article23647479.html>;
178. Beschleunigte Verwitterung (im Meer und an Land); (01.2021); Geoengineeringmonitor; <https://www.boell.de/de/2021/01/08/beschleunigte-verwitterung>;
179. Beschleunigte Verwitterung an Land; (2024); SPP Climate Engineering; <https://www.spp-climate-engineering.de/index.php/Beschleunigte-Verwitterung.html>;
180. Rinder, T. and von Hagke, C. (2021) 'The influence of particle size on the potential of enhanced basalt weathering for carbon dioxide removal – Insights from a regional assessment', Journal of Cleaner Production, 315, p. 128178. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128178> ;
181. Beton als CO₂-Speicher für den Klimaschutz?; (Stand 04.2024); ingenieur.de; <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/werkstoffe/beton-als-co%E2%82%82-speicher-fuer-den-klimaschutz/>;
182. Beton als CO₂-Schlucker; (11.2016); scinexx.de; <https://www.scinexx.de/news/geowissen/beton-als-co2-schlucker/>;
183. „Grünes“ Bauen: Schweizer Startup Neustark speichert CO₂ in Beton; (04.2022); <https://www.trendingtopics.eu/gruenes-bauen-schweizer-startup-neustark-speichert-co2-in-beton/>;
184. Werner Sobek; 17 Thesen zur Nachhaltigkeit [im Bauwesen]; (2020); https://www.wernersobek.com/de/themen/17_thesen/;
185. Klimafreundliches Bauen: Neuartiger Beton als CO₂-Schwamm; (09.2017); Spektrum.de; https://www.spektrum.de/video/klimafreundliches-bauen-neuartiger-beton-als-co2-schwamm/1501829?gad_source=1&qclid=EA1a1QobChMI_oDu2eCohQMVQq-DBx1sTQWJEAMYASAAEgIeWfD_BwE;
186. Stahlbeton, Korrosion und Klimawandel; (08.2023); ETH Zürich; <https://baug.ethz.ch/news-und-veranstaltungen/news/2023/08/stahlbeton-korrosion-und-klimawandel.html>;
187. CO₂-Speicherung in Recyclingbeton und CO₂-Vermeidung bei der Zementherstellung durch Rückführung von ultraleichten Schaumbeton in die Produktion; TU Darmstadt und Dyckerhoff Stiftung; https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.deutsches-stiftungszentrum.de/download/file/fid/2857&ved=2ahUKEwiP0fLc46iFAxVshP0HHR-Bx8QFnoECBcQAQ&usq=AOvVaw3d_6FKWs_tLybfe9dSR5Xq;
188. CO₂-Speicherung im Beton: Richtig Gas geben bei der Dekarbonisierung; (03.2021), Baublatt; <https://www.baublatt.ch/baupraxis/co2-speicherung-im-beton-richtig-gas-geben-bei-der-dekarbonisierung-30871>;
189. Die „Büscher-Wand“ – Nachhaltig bauen mit -Recyclingbeton; (2022); BFT; <https://www.bft-international.com/de/artikel/die-buescher-wand-nachhaltig-bauen-mit-recyclingbeton-3897795.html>;
190. Gesamtheitliche CO₂-Bilanzierung der Betonbauweise unter besonderer Berücksichtigung der (Nach-)Nutzungsphase; (10.2022); LPI für Stiftung der Bauindustrie Niedersachsen-Bremen https://www.bauindustrie-nord.de/fileadmin/bauindustrie-nord.de/Dateien/Stiftung/20221010_Gesamtheitliche_CO2-Bilanzierung_der_Betonbauweise.pdf;
191. Weidner, Stefanie & Mrzigod, Alexandra & Bechmann, Roland & Sobek, Werner. (2021). Graue Emissionen im Bauwesen – Bestandsaufnahme und Optimierungsstrategien. Beton- und Stahlbetonbau. 116.

10.1002/best.202100065;

<https://www.researchgate.net/publication/354574495> *Graue Emissionen im Bauwesen - Bestandsaufnahme und Optimierungsstrategien*;

192. Fritz Hunkeler; Einfluss des CO₂-Gehaltes, der Nach- und Vorbehandlung sowie der Luftfeuchtigkeit auf die Karbonatisierungsgeschwindigkeit von Beton; (2012); DOI: 10.1002/best.201200039; <https://www.researchgate.net/publication/264229805> *Einfluss des CO₂-Gehaltes der Nach- und Vorbehandlung sowie der Luftfeuchtigkeit auf die Karbonatisierungsgeschwindigkeit von Beton*;
193. Haist, Michael & Bergmeister, Konrad & Fouad, Nabil & Curbach, Manfred & Deiters, Macielle Vivienne & Forman, Patrick & Gerlach, Jesko & Hatzfeld, Tobias & Hoppe, Jannik & Kromoser, Benjamin & Mark, Peter & Müller, Christoph & Müller, Harald & Scope, Christoph & Schack, Tobias & Tietze, Matthias & Voit, Klaus. (2023). Nachhaltiger Betonbau: Vom CO₂ - und ressourceneffizienten Beton und Tragwerk zur nachhaltigen Konstruktion. 10.1002/9783433611289.ch9; <https://www.researchgate.net/publication/369209133> *Nachhaltiger Betonbau Vom CO₂ - und ressourceneffizienten Beton und Tragwerk zur nachhaltigen Konstruktion*;
194. Winnefeld, Frank. (2023). Neue Materialien für CO₂-freundlicheren Beton - Chancen und Herausforderungen; (01.2023); <https://www.researchgate.net/publication/369976925> *Neue Materialien für CO₂-freundlicheren Beton - Chancen und Herausforderungen*;
195. Grüner Wasserstoff aus biologischen Reststoffen; (Stand 04.2024); blueFLUX Energy AG; <https://www.bluefluxenergy.com/de/>;
196. Projekt BioH₂Ref eröffnet Testanlage – Grüner Wasserstoff aus Biogas; (Stand 04.2024); Energiesystem-Forschung; https://www.energiesystem-forschung.de/news/bioh2ref_eroeffnung;
197. Holzgaskraftwerk Wahlstedt; (Stand 04.2024); HanseWerk Natur; <https://www.hansewerk-natur.com/de/technologien/projekte/holzgaskraftwerk-wahlstedt.html>;
198. Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -speicherung (BECCS); (01.2021); Geoengineering Monitor; https://www.boell.de/sites/default/files/2021-01/GM_BECCS_de.pdf;
199. S. V. Hanssen, V. Daioglou, Z. J. N. Steinmann, J. C. Doelman, D. P. Van Vuuren, M. A. J. Huijbregts; (2020); The climate change mitigation potential of bioenergy with carbon capture and storage; Nature Climate Change volume 10, pages 1023–1029 (2020); <https://www.nature.com/articles/s41558-020-0885-y>;
200. Rolle und Potenzial von negativen Emissionen durch BECCS; (2020); Science Media Center Germany; <https://www.sciencemediacenter.de/alle-angebote/research-in-context/details/news/rolle-und-potenzial-von-negativen-emissionen-durch-beccs/>;
201. IWB baut Pyrolyse-Anlage; (02.2020); sevogelgroup; <https://sevogel.ch/2020/02/04/iwb-baut-pyrolyse-anlage/>;
202. Daten und Fakten – Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft mit Fischerei und Wein- und Gartenbau; (Stand 2022); BMEL; https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/daten-fakten-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=8;
203. 2003 bis 2008 Anbauflächenausweitung von Mais für Biogas auf das 2,5-fache im LK Celle; Kreistagsprotokoll; im Archiv des Autors;
204. Agrarstrukturerhebung (ASE) 2016; Landesamt für Statistik Niedersachsen; <https://www.statistik.niedersachsen.de/download/156328>;
205. Aktuelle der Düngung mit Biogasgärresten auf die Bodentiere; (2015); Biogasforum Bayern; <https://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0001/Auswirkung-der-Duengung-mit-Biogasgarresten-auf-die-Bodentiere.pdf>;
206. Aktuelle Entwicklung und Perspektiven der Biogasproduktion aus Bioabfall und Gülle – Abschlussbericht; (2019); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktuelle-entwicklung-perspektiven-der>;
207. ANBAU UND VERWENDUNG NACHWACHSENDER ROHSTOFFE IN DEUTSCHLAND; (2021); FNR; <https://mediathek.fnr.de/anbau-und-verwendung-nachwachsender-rohstoffe-in-deutschland.html>;
208. Anlagenbestand Biogas und Biomethan – Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland; (2017); DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum; nicht mehr zum Download angeboten;
209. Auf gutem Grund – Ein Aktionsprogramm zum Schutz der Böden in Niedersachsen; (2020); https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/boden/aktionsprogramm_boden/boeden-und-bodenschutz-194720.html;

210. Ausgewählte Herbizide zur Unkraut- und Ungrasbekämpfung in Mais 2023; Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion ISIP;
<https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/9128/5571375bd71c6404a7551f2384c76279/wirkungsspektren-der-maisherbizide-data.pdf>;
211. BASISDATEN BIOENERGIE DEUTSCHLAND 2022; FNR;
https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2022/Mediathek/broschuere_basisdaten_bioenergie_2022_06_web.pdf ;
212. Bei Mais die Düngung richtig berechnen; (2016), LfL;
https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/stickstoffduengung_mais_2016.pdf;
213. Bernard Jeangros, Numa Courvoisier; Optimale Fruchtfolgen im Feldbau; (2019); Agrarforschung Schweiz;
https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2019_0708_2488.pdf;
214. Bettina Steiniger, Johannes Blattenberger, Christian Hubert, Jörg Kretzschmar, Stefan Einsiedel, Markus Heinrich, Konstantinos Athanasiadis, Christian Schaum; Flexibilisierung von Faulungs- und Biogasanlagen – Identifikation von Gemeinsamkeiten und Unterschieden; (2022); Korrespondenz Abwasser, Abfall · 2022 (69) · Nr. 10; https://www.unibw.de/wasserwesen/swa/aktuelle-nachrichten/flxsynergy-workshop_ka_10_22-2.pdf;
215. Bioabfallkomposte und -gärreste in der Landwirtschaft; (2017); UBA;
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/170131_uba_pos_bioabfall_bf.pdf;
216. Biogas – Faustzahlen; (2023); FNR; <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>;
217. Biogas – Strompreis-Deckel: Celles Bundespolitiker sind sich uneins; (04.11.2022); Cellesche Zeitung;
<https://www.cz.de/celler-land/celle/biogas-strompreis-deckel-celles-bundespolitiker-mit-unterschiedlichen-meinungen>;
218. Biogas in der Landwirtschaft – Leitfaden für Landwirte und Investoren im Land Brandenburg; (2006); Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg;
<https://docplayer.org/12218224-Biogas-in-der-landwirtschaft-leitfaden-fuer-landwirte-und-investoren-im-land-brandenburg.html>;
219. Biogas in Niedersachsen – Inventur 2014; (2014); 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe;
https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/92260/Biogas_in_Niedersachsen_-_Inventur_2014_November_2014_.pdf;
220. Biogas in Niedersachsen Inventur 2021; (2023); 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe; <https://www.ml.niedersachsen.de/download/193408> ;
221. Biogas market data in Germany 2021/2022; Fachverband Biogas;
https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/de_branchenzahlen;
222. Biogas nur aus Gülle und Mist; (28.02.2014); Südwest Presse; nur noch im Archiv des Autors;
223. Biogas: Landwirte aus Kreis Celle kritisieren Strompreis-Deckel; (27.10.2022); Cellesche Zeitung;
<https://www.cz.de/celler-land/celle/rueckwirkende-abschoepfung-landwirte-aus-kreis-celle-kritisieren-preisdeckel-bei-biogas-verstromung>;
224. Biogas; (2023); Bundesnetzagentur;
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/NetzzugangMesswesen/NetzzugangGas_KOV/Biogas/start.html;
225. Biogasanlagen müssen sicherer und emissionsärmer werden; (2019); UBA;
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/biogasanlagen-muessen-sicherer-emissionsaermer>;
226. Biogasanlagen: Gülle hat Potenzial; (2021); agrarheute;
<https://www.agrarheute.com/energie/gas/biogasanlagen-quelle-hat-potenzial-578867>;
227. Biogasanlagen: Planungssicherheit über 2022 hinaus gefordert; (2020); topagrar online;
<https://www.topagrar.com/suedplus/news/biogasanlagen-planungssicherheit-ueber-2022-hinaus-gefordert-12335732.html>;
228. Biogasanlagen; (2015); Bayerisches Landesamt für Umwelt;
https://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/fachwissen/319/biogasanlagen;
229. Biogaserzeugung und -nutzung: Ökologische Leitplanken für die Zukunft – Vorschläge der Kommission Landwirtschaft beim Umweltbundesamt (KLU); (2013); <https://www.energie-mensch-natur.de/images/Biogas%20UBA.pdf>;
230. Biogashandbuch Bayern – Materialienband, Kap. 2.1, Stand Juni 2016;
https://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/fachwissen/319/biogasanlagen;

231. Biogas-Hanf; (2023); Knapkon; <https://biogashanf.de/>;
232. Biogas-Hotspot & Mais im Landkreis Celle; (2020); Climate Watch Celle; <https://www.climate-watch-celle.de/index.php/naturschutz/41-biogas-hotspot-mais-im-landkreis-celle>;
233. biogaspartner – gemeinsam einspeisen; (2019); dena; https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/biogaspartner_-_gemeinsam_einspeisen.pdf;
234. Biogasverbände fordern Anschlussregelung für Güllevergärung jetzt; (2021); agrarheute; <https://www.agrarheute.com/energie/strom/biogasverbaende-fordern-anschlussregelung-fuer-quellevergaerung-579211>;
235. Biologische Boden-Bewirtschaftung als Schlüssel zum Klimaschutz in der Landwirtschaft; (2011), Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL; https://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/news/2011/fiblstudie_boden_klima_1110.pdf;
236. Biomethan – vielseitig einsetzbar; (2015); C.A.R.M.E.N.; <https://www.carmen-ev.de/wp-content/uploads/2021/12/Biomethan-Vielseitig-einsetzbar.pdf>;
237. Biomethan – vielseitig einsetzbar; (2020); Team Energiewende Bayern und C.A.R.M.E.N.; <https://www.carmen-ev.de/wp-content/uploads/2021/12/Biomethan-Vielseitig-einsetzbar.pdf>;
238. Biomethan in KWK-Anlagen wieder förderfähig; (2022); bayern-innovativ; <https://www.bayern-innovativ.de/de/seite/biomethan-in-kwk-anlagen-wieder-foerderfaehig>;
239. Biostrom, nein danke!; (2011); Handelsblatt; <https://www.handelsblatt.com/technik/alternative-energie-biostrom-nein-danke/4406150.html>;
240. Blanke Meier Evers; LEITFADEN FÜR BIOGASANLAGEN – ERRICHTUNG UND BETRIEB VON BIOGASANLAGEN IM LANDWIRTSCHAFTLICHEN BEREICH; (2006); https://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/fachwissen/319/biogasanlagen;
241. BMP Greengas – Gläubiger fordern mehr als 700 Millionen Euro von insolventer EnBW-Tochter; (2023), Handelsblatt; <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/bmp-greengas-glaebiger-fordern-mehr-als-700-millionen-euro-von-insolventer-enbw-tochter/29394600.html>;
242. Branchenzahlen 2019 und Prognose der Branchenentwicklung 2020; Fachverband Biogas; https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/de_branchenzahlen;
243. Christine von Buttler; Beitrag der Bioenergie zum Gewässerschutz– Potenziale von Einjahres- und Dauerkulturen besser nutzen: (2020); <https://www.iglu-goettingen.de/klimaschutz-nawaro>;
244. Clausen, J., Huber, M. & Ehrhardt, H. (2023). Bordesholm und das grüne Gas. Berlin: Borderstep Institut; <https://www.borderstep.de/publikation/clausen-j-huber-m-ehrhardt-h-2023-bordesholm-und-das-gruene-gas-berlin-borderstep-institut/>;
245. Daniela Thrän, Harry Schindler, Peter Kornatz, Martin Dotzauer, Michael Nelles; Die Rolle von Biogas für eine sichere Gasversorgung in Deutschland; (2022); DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum; https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Statements/Positionspapier_Biogas_Ukraine.pdf;
246. Daniel-Gromke, Dotzauer; Anlagenbestand & Entwicklungsperspektiven für Biogas; (2020); https://kwk-flexpernten.net/dl/69add19bc1ee3fef443eb592b96488e7/20200427_Dotzauer.pdf?target=1;
247. DAS BODEN-BULLETIN – LANDBAU IN ZEITEN DER ERDERHITZUNG; (2018); WWF; <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Studie-Boden-Bulletin-Klima-2018.pdf>;
248. DATEN ZUR UMWELT AUSGABE 2011 – UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT; (2011); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/daten-zur-umwelt-2011>;
249. Der Einsatz von Kompost lohnt sich; (2023); Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen; <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/boden/kompost.htm>;
250. Der kleine Humus-Faktencheck; (2020); WWF; <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Der-kleine-Humus-Faktencheck.pdf>;
251. Dialogprozess Gas 2030 – Erste Bilanz; (2019); BMWi; https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/C-D/dialogprozess-gas-2030-erste-bilanz.pdf?__blob=publicationFile&v=4;
252. Die 4-Promille-Initiative „Böden für Ernährungssicherung und Klima“ – Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge in Deutschland; [2018], Thünen; https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_112.pdf;
253. Die Fruchtfolge im Bio-Ackerbau: Es geht um mehr!; (2023); Bio Austria; <https://www.bio-austria.at/a/bauern/fruchtfolge-im-bio-ackerbau-es-geht-um-mehr/>;
254. Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen 2017; (2017); Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz;

https://www.ml.niedersachsen.de/download/124920/Die_niedersaeschische_Landwirtschaft_in_Zahlen_2017.pdf;

255. Durchwachsene Silphie; (2023); Landkreis St. Wendel; <https://klimaschutz.landkreis-st-wendel.de/silphie>;
256. Dürremonitor Deutschland; (1952 – 2023); Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ; <https://www.ufz.de/index.php?de=34258>;
257. Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS); (2022); BMEL; BMUV; BMWK; https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/eckpunkte-nationale-biomassestrategie-nabis.pdf?__blob=publicationFile&v=4;
258. Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz; (2006); Hrsg. FNR; https://www.infothek-biomasse.ch/images/2006_FNR_Einspeisung_biogas.pdf;
259. Energetische Effizienz und Emissionen der Biogasverwertung; (2012); LfL; https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/abschlussbericht_effizienz_biogas_be-14-14_20160708.pdf;
260. Energieeffiziente Kläranlagen und Biogasanlagen; (2022); Fraunhofer IGB; https://www.igb.fraunhofer.de/content/dam/igb/documents/brochures/uebergreifend/220601_BR_Biogas-Klaeranlagen_de.pdf;
261. ENERGIEEFFIZIENZ KOMMUNALER KLÄRANLAGEN; (2009); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3855.pdf>;
262. Entwicklung der Biomethan-Preise | Unser Biomethan-Preisticker; (2023); agriportance; <https://agriportance.com/de/tools/biomethan-entwicklung-preise/>;
263. Ermittlung des Gesamtpotentials erneuerbarer Gase zur Einspeisung ins deutsche Erdgasnetz (Gesamtpotenzial EE-Gase); (2019); DVGW; https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/pi-dvgw-anhang_dvgw-forschung_g-201710_ee-gase-gesamtpotenzial_abschlussbericht.pdf;
264. Explodierende Befallszahlen: Der Maiswurzelbohrer ist nicht aufzuhalten; Forum Bio- und Gentechnologie; <https://www.transgen.de/anbau/2684.maiswurzelbohrer-schaedling-nicht-aufzuhalten.html>;
265. Fakten zur Nitratbelastung in Grund- und Trinkwasser; (2018); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/fakten-zur-nitratbelastung-in-grund-trinkwasser>;
266. Feldfrüchte und Grünland, Anbauflächen, Hektarerträge und Erntemengen ausgewählter Anbaukulturen im Zeitvergleich; (2023), destatis; <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/liste-feldfruechte-zeitreihe.html#123340>;
267. Flächenbedarf für Biogas; (2023), EnArgus des FZ Jülich; https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d3857-2/**/FI%c3%a4chenbedarf.html?op=Wiki.getwiki;
268. Flexibilisierung von Biogasanlagen; (2018); FNR; <https://biogas.fnr.de/biogas-nutzung/stromerzeugung/flexibilisierung-von-biogasanlagen>;
269. Flexibilisierung von Biogasanlagen; (Update 2021); FNR; https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/einleger_broschuere_flexibilisierung_biogas_web_neu_bf_final1.pdf;
270. Flexible Biogasnutzung mit höchster Effizienz; (2022); Reverion; <https://www.epe.ed.tum.de/res/aktuelles/article/default-1c3527247f/> ;
271. FORCE® EVO Insektizid zur Reduzierung von Schäden durch Drahtwurmbefall an Kartoffeln und Mais sowie Maiswurzelbohrer; (2023); syngenta; https://www.syngenta.at/sites/g/files/kgtney401/files/media/document/2022/06/29/force_evo_produkthinformati on.pdf;
272. Friedhelm Taube; Wasserschutz konformer Maisanbau; (2013), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Christian-Albrechts-Universität, Kiel; nicht mehr als Download verfügbar;
273. Gärrestversuch Bayern – Prüfung der langfristigen Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL; (2029); LfL und TFZ; https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/tfz_bericht_67_gaerrest_geschuetzt.pdf;
274. Gärsubstrate; (2023); FNR; <https://biogas.fnr.de/biogas-gewinnung/gaersubstrate>;
275. Gas aus Mais herstellen: Warum das keine gute Option ist; (2023); EFAHRER; https://efahrer.chip.de/news/gas-aus-mais-herstellen-warum-das-keine-gute-option-ist_1014644;
276. Greta Sundermann, Nicole Wäger, Astrid Cullmann, Christian von Hirschhausen; Claudia Kemfert; Nitratbelastung im Grundwasser überschreitet Grenzwert seit Langem – mehr Transparenz und Kontrolle in der Düngepraxis notwendig; (2020); DIW; https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.740756.de/20-9-1.pdf;

277. Grocholl, Jürgen [Bearb.]; Effiziente Wassernutzung Im Ackerbau Nord-Ost-Niedersachsens; (2011); Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen; https://digital.zlb.de/viewer/api/v1/records/15593374/files/images/Wassersparende_Anbauverfahren_im_Ackerbau_Grocholl_201102.pdf/full.pdf;
278. Grundlagen des Maisanbaus; (2020), KWS SAAT SE & Co. KGaA; <https://docplayer.org/80374361-Grundlagen-des-maisanbaus.html>;
279. Grundwasserschutzorientierte Maisdüngung; (2016); Landwirtschaftskammer Niedersachsen; <https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/services/download.cfm?file=25800>;
280. Henning Hahn, Frank Schünemeyer; Flexibilisierung von Biogasanlagen – Chancen und Möglichkeiten eines Anlagenkonzeptes zur flexiblen Gasproduktion; (2016); Fraunhofer IEE; https://www.iee.fraunhofer.de/content/dam/iee/energiesystemtechnik/de/images/Projekte/ReBi2_0/161121_EnergyDecentral.pdf;
281. Herrmann, Techow; Taube; Biogasproduktion von Grünland- und Futterbauflächen in Norddeutschland; (2013); Christian Albrechts Universität Kiel und Landwirtschaftskammer Schleswig Holstein; https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2012_herrmann_et_al.pdf;
282. Hinweise zur umweltgerechten Düngung von Körner-, Silo- und Energiemais; (2011), Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt; https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04_themen/pfl_ernaehr_duengung/veroeffentlichungen/11_kuhlmann_broschuere_mais-duengung.pdf;
283. Humus – Basis für nachhaltig ertragreiche Landwirtschaft; (2023); humus.de; <https://www.humus.de/humus-in-der-landwirtschaft/>;
284. Humus im Klimawandel; (2023); Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen LLH; <https://llh.hessen.de/pflanze/boden-und-duengung/humus-und-boden/humus-im-klimawandel/>;
285. Humus in Ackerböden – vermehren statt verzehren; (2019); AGRIDEA; https://agridea.abacuscity.ch/abauserimage/Agridea_2_Free/3498_2_D.pdf?xet=1582693534457;
286. Insektizide: Mais; (2023); proplanta; <https://www.proplanta.de/Pflanzenschutzmittel/Empfehlungen/Insektizide/Mais/>;
287. Insolvenz von bmp greengas: Stadtwerke ohne Biomethan; (2023), Solarserver; <https://www.solarserver.de/2023/08/29/insolvenz-von-bmp-greengas-stadtwerke-ohne-biomethan/>;
288. Jahrerhebung über Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas; (2022); destatis; <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=table&code=43381-0001&bypass=true&levelindex=0&levelid=1695290155705#abreadcrumb>;
289. Jaqueline Daniel-Gromke; Peter Kornatz, Martin Dotzauer, Velina Denysenko; Leitfaden Flexibilisierung der Strombereitstellung von Biogasanlagen (LF Flex) Abschlussbericht; (2020); DBFZ; https://www.researchgate.net/publication/343106652_Leitfaden_Flexibilisierung_der_Strombereitstellung_von_Biogasanlagen_LF_Flex_Abschlussbericht;
290. Julia Wiehe, Michael Rode und Helga Kanning; Auswirkungen der Biogasproduktion auf Natur und Landschaft; (2011); https://www.researchgate.net/publication/319472802_Auswirkungen_der_Biogasproduktion_auf_Natur_und_Landschaft;;
291. Klimaneutrales Deutschland 2045; (2021); Prognos im Auftrag von AGORA et al; https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_01_DE_KNDE2045/KNDE2045_Langfassung.pdf;
292. KLIMAWANDEL UND LANDWIRTSCHAFT – Anpassungsstrategien im Ackerbau; (2019), Verband der Landwirtschaftskammern (VLK); <http://www.landwirtschaftskammern.de/pdf/klimawandel.pdf>;
293. Kolbe; Nachhaltige Sicherung der Humusversorgung; (2009); Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; https://www.gartenbau.sachsen.de/download/20090227_Vortrag_Duengungstagung2009_Kolbe.pdf;
294. Kornatz, Peter & Daniel-Gromke, Jaqueline & Rensberg, Nadja & Dotzauer, Martin & Nelles, Michael. (2021). Biogasanlagen in Deutschland -Stand und Perspektiven; https://www.researchgate.net/publication/353403986_Biogasanlagen_in_Deutschland_-_Stand_und_Perspektiven/citation/download;
295. Lachgas und Methan; (2022); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/lachgas-methan>;

296. Lachgas-Emissionen – Dünger als Klimakiller; SPIEGEL;
<https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/stickstoff-duenger-schadet-dem-klima-mehr-als-bedacht-a-1297071.html>;
297. Landwirtschaft verliert jedes Jahr 120 Mio. t Boden; (2015); topagrar online;
<https://www.topagrar.com/management-und-politik/news/landwirtschaft-verliert-jedes-jahr-120-mio-t-boden-9598269.html>;
298. Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung; (2018); Thünen Report 64; https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_64.pdf;
299. Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; (2022); Fraunhofer ISE;
https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45_Webinar_Angebot_Nov_2022_final_webinarversion.pdf;
300. Literaturliste zum Flyer Grundsätze der Humuswirtschaft Humus im Klimawandel; LTZ Augustenberg;
https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E131606068/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft_und_Umwelt/Bodenschutz/Grunds%C3%A4tze_der_Humuswirtschaft_DL/Literaturliste%20Humus%20im%20Klimawandel_LTZ_2023.pdf?attachment=true;
301. Mais; (2023); wikipedia;
302. Martin Dotzauer, Tino Barchmann, Uta Schmieder, Nadja Rensberg, Walter Stinner, Karin Arnold, Christine Krüger; Kurzstudie zur Rolle von Biogas für ein klimaneutrales, 100 % erneuerbares Stromsystem 2035; (2022); Wuppertalinstitut und DBFZ;
https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Studien/Kurzstudie_Biogas_2022.pdf;
303. Maxim Quattro* Leistungsstarker Beizschutz im Mais; (2023; syngenta;
<https://www.syngenta.de/news/aktuelles-mais/maxim-quattro-leistungsstarker-beizschutz-im-mais>;
304. Mehr Biodiversität wagen – Artenvielfalt stabilisiert Agrarökosysteme; (2022); pflanzenforschung.de;
<https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/mehr-biodiversitaet-wagen>;
305. Methanverluste bei der Biogasaufbereitung; (2008); Bundesamt für Energie CH; https://www.infothek-biomasse.ch/index.php?option=com_abook&view=book&id=1115:methanverluste-bei-der-biogasaufbereitung&catid=5:alle&Itemid=154&lang=de;
306. Meyer, R.; Priefer, C. ; Ökologischer Landbau und Bioenergieerzeugung – Zielkonflikte und Lösungsansätze, Endbericht zum TA-Projekt; (2012); Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des KIT; <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/310092068>;
307. Michael Huber; Stellungnahme: Grundwasser, Trinkwasser, Feldberegnung im LK Celle; (2022); mit guter Quellenübersicht; kann vom Autor angefordert werden;
308. Michael Löber; Verfahrenstechnische und organisatorische Möglichkeiten des Anbaues von Sonnenblumen zur Biogaserzeugung; (2007), Bachelorarbeit Uni Gießen; <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2008/5374/pdf/LoeberMichael-2007-10-02.pdf>;
309. Ministerrat bringt neue Biogasstrategie Baden-Württemberg auf den Weg; (04.07.2023); Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR); <https://mlr.baden-wuerttemberg.de/de/unser-service/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilungen/pressemitteilung/pid/ministerrat-bringt-neue-biogasstrategie-baden-wuerttemberg-auf-den-weg>;
310. Mit Biomethan statt Erdgas heizen: wirtschaftliche Sackgasse; (2023), TGA+E; <https://www.tga-fachplaner.de/meldungen/energietraeger-mit-biomethan-statt-erdgas-heizen-wirtschaftliche-sackgasse>;
311. Nachwachsende Rohstoffe in Deutschland – Anbau und Nutzungsarten; (2023); FNR;
<https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/landwirtschaft.html>;
312. Nährstoffbericht auf Kreisebene für den Landkreis Celle; (2017); Landwirtschaftskammer Niedersachsen;
<https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/126744>;
313. Nährstoffbericht für Niedersachsen 2021/22; (2023); Landwirtschaftskammer Niedersachsen;
https://www.ml.niedersachsen.de/download/194064/Naehrstoffbericht_2021_2022.pdf;
314. Nationale Wasserstrategie – Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023; BMUV;
https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/BMUV_Wasserstrategie_bf.pdf;
315. Nitratbericht 2020; BMEL und BMU;
https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2020_bf.pdf;
316. Öko-Dünger aus dem Kompostwerk; (2018), Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen;
https://www.oeko-komp.de/wp-content/uploads/2022/12/2019.12-KOEN_Kompostbroschuere.pdf;

317. Pestizidatlas – Daten und Fakten zu Giften in der Landwirtschaft; (2022); Heinrich-Böll-Stiftung, BUND, PAN Germany und Le Monde Diplomatie; <https://www.boell.de/sites/default/files/2022-01/Boell-Pestizidatlas-2022.pdf>;
318. Pestizide im Grundwasser - wie groß ist die Gefahr von Pflanzenschutzmittelrückständen im Trinkwasser?; (2023); proplanta; https://www.proplanta.de/ratgeber/verbraucher/pestizide-im-grundwasser-wie-gross-ist-die-gefahr-von-pflanzenschutzmittelrueckstaenden-im-trinkwasser_tipps1651688747.html;
319. Pestizidzulassungen gefährden unser Grund- und Trinkwasser; (2022); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/pestizidzulassungen-gefaehrden-unser-grund>;
320. RAINER LUICK, BENNO ROTHSTEIN; Bioenergie im Kontext der Energiewende – eine energiepolitische Reflexion; (2016); Bundesamt für Naturschutz; https://www.researchgate.net/publication/262725843_Bioenergie_im_Kontext_der_Energiewende_-_eine_energiepolitische_Reflexion;
321. Reduktion von Methanemissionen bei der Biogasaufbereitung; FNR; nur noch im Archiv des Autors;
322. Roadmap Gas für die Energiewende – Nachhaltiger Klimabeitrag des Gassektors; (2019); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-04-15_cc_12-2019_roadmap-gas_2.pdf;
323. Sebastian Baum; Methanverluste bei der Biogasaufbereitung; (2007); https://www.researchgate.net/publication/305302641_Methanverluste_bei_der_Biogasaufbereitung;
324. SEBASTIAN PARZEFALL, JOHANNES BURMEISTER, MARTIN WIESMEIER, FLORIAN EBERTSEDER, ROSWITHA WALTER, MAENDY FRITZ; Prüfung der langfristigen Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL; (2021); https://www.researchgate.net/publication/359417768_Pruefung_der_langfristigen_Nachhaltigkeit_der_Nutzun_gspfade_Biogas_und_BtL;
325. Skinner, Krauss, Hansen, Mayer, Mäder, Gattinger; Emission und Aufnahme von Lachgas und Methan durch Ackerböden in der Fruchtfolgesequenz Kunstwiese – Silomais unter konventioneller und biologischer Bewirtschaftung; (2015); 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau; https://orqprints.org/id/eprint/26920/2/26920_skinner.pdf;
326. Sonnenblumen als Biogassubstrat ungeeignet; (2018); Biogas Forum Bayern; <https://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0004/2018-12-lfl-sonnenblume.pdf>;
327. Stickstoffdüngung heizt den Klimawandel an; (2020); Max Planck Gesellschaft; <https://www.mpg.de/15510963/lachgas-landwirtschaft-klimawandel>;
328. Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse; (2004); FZ Jülich; https://www.researchgate.net/publication/242744224_Stoffstromanalyse_zur_nachhaltigen_energetischen_Nutzung_von_Biomasse;
329. Studie: Mais und Raps mit schlechter Klimabilanz; (2011); agrarheute; <https://www.agrarheute.com/energie/strom/studie-mais-raps-schlechter-klimabilanz-477057>;
330. Thomas Betzold; Mais: Als „Raigschmeggdr“ im Ländle; (2010); Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 7/2010; https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag10_07_07.pdf;
331. Thompson, R.L., Lassaletta, L., Patra, P.K. et al. Acceleration of global N₂O emissions seen from two decades of atmospheric inversion. Nat. Clim. Chang. **9**, 993–998 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0613-7>;
332. Thünen-Bericht: Böden in Deutschland droht Humusverlust; (2018); weltagrarbericht; <https://www.weltagrarbericht.de/aktuelles/nachrichten/news/de/33493.html>;
333. Treibhausgase beim Mais- und Rapsanbau realistisch bewerten und einsparen; (2017); Renewable Carbon News; <https://renewable-carbon.eu/news/treibhausgase-beim-mais-und-rapsanbau-realistisch-bewerten-und-einsparen/>;
334. Trockenheit in Deutschland – Fragen und Antworten; (2023); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/extremereignisseklimawandel/trockenheit-in-deutschland-fragen-antworten#trockenheit-aktuelle-situation>;
335. Umgang mit Zielkonflikten bei der Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel; (2022); Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA); https://www.umweltministerkonferenz.de/umlbeschluesse/umlaufBericht2022_36.pdf;
336. Unkrautbekämpfung im Mais - vielfältig, nachhaltig, resistenzvorbeugend und grundwasserschonend; (2023); Landwirtschaftskammer Niedersachsen; https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/40385_Unkrautbekaempfung_im_Mais_-_vielfaeltig_nachhaltig_resistenzvorbeugend_und_grundwasserschonend;

337. Unkrautschutz MIT NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN; (2020), FNR; https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/broschuere_gewaesserschutz_2020_web.pdf;
338. Was ist Biogas; (2023); FNR; <https://biogas.fnr.de/biogas-gewinnung/was-ist-biogas>;
339. Wassermangel in Deutschland: Wasser-Rationierung für Bürger und Bauern; (2023); agrarheute; <https://www.agrarheute.com/management/recht/wassermangel-deutschland-wasser-rationierung-fuer-buerger-bauern-608061>;
340. Wie die Transformation der Chemie gelingen kann; (2023); VDI und VCI; <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/broschueren-und-faltblaetter/final-c4c-broschure-langfassung.pdf>;
341. Aktuelle Nutzung und Förderung der Holzenergie; (2022); Climate Change 12/2022 UBA; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023-01-05_cc_12-2022_aktuelle_nutzung_und_foerderung_der_holzenergie.pdf;
342. Andreas Huth und Friedrich Bohn; Interview zum Waldzustand: Wir müssen so schnell wie möglich unsere Emissionen senken; (2021); Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung; <https://www.helmholtz-klima.de/aktuelles/wir-muessen-so-schnell-wie-moeglich-unsere-emissionen-senken>;
343. Argumentationshilfe: Ist die Umrüstung von Kohlekraftwerken auf Holzfeuerung sinnvoll?; Michael Huber S4F, Helge Erhard (S4F); (2022); https://drive.google.com/file/d/1JBjVf_iT_tbWr8fsFmlxjwkwxcN-tF3/view?usp=sharing;
344. Axel Schick, Pierre L. Ibisch; Namibian 'Bush encroachment' in context: an ecological perspective on current and future dryland greening, its causes and consequences; (2021); Hrsg. DUH; https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Kohlekraftwerke/DUH-Gutachten_Namibian.Bush.encroachment.in.context.pdf;
345. BASISDATEN WALD UND HOLZ 2019; (2019), Kompetenz- und Informationszentrum Wald und Holz (KIWUH), Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe FNR; https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2019/Mediathek/Basisdaten_KIWUH_web_2te_Auflage_Okt_mio.pdf;
346. BASISDATEN WALD UND HOLZ 2023; (2023), Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR); https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2023/Mediathek/Broschuere_Basisdaten_Wald_Holz_2022_web.pdf;
347. BEE-Wärmeszenario 2045 – Bilanzielle Darstellung der Umstellung der Wärmeversorgung auf 100 % Erneuerbare Energien; (2022); Bundesverband Erneuerbare Energien; https://www.bee-ev.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Meldungen/Positionspapiere/2022/20221117_BEE-Waermeszenario-2045_Final.pdf;
348. Bjart Holtsmark; Harvesting in boreal forests and the biofuel carbon debt; Climatic Change (2012) 112:415-428; https://www.researchgate.net/publication/227584033_Harvesting_in_boreal_forests_and_the_biofuel_carbon_debt;
349. Blumröder, J. S., May, F., Härdtle, W., & Ibisch, P. L.; Forestry contributed to warming of forest ecosystems in northern Germany during the extreme summers of 2018 and 2019; Ecological Solutions and Evidence, 2, e12087; (2021); <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12087>; <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2688-8319.12087>;
350. Clausen, Jens; Ehrhardt, Helge, Huber, Michael; Linow, Sven; Seifert, Thomas; Beisheim, Mirco; Heizen mit Holz: knapp, teuer und unerwartet klimaschädlich,; (2022); Policy Paper der Scientist for Future, Berlin; <https://info-de.scientists4future.org/heizen-mit-holz/>;
351. Climate change and land – An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems; Full report; (2022); IPCC; https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2022/11/SRCCL_Full_Report.pdf;
352. Climate Change and Land; (2019); IPCC; Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems; Summary; https://www.weltagrabericht.de/fileadmin/files/weltagrabericht/Weltagrabericht/15KlimaEnergie/2019IPCC_SPM.pdf;
353. CO2-Emissionsfaktoren der Wärmebereitstellung; (2023); FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe; <https://mediathek.fnr.de/co2-emissionsfaktoren-der-waermebereitstellung.html>;
354. Der Holzweg – Wald im Widerstreit der Interessen; (2021); Hrsg. Hans Dieter Knapp, Siegfried Klaus, Lutz Fähser; Oekom Verlag; <https://www.oekom.de/buch/der-holzweg-9783962382667>;
355. Der Wald fest im Griff des Klimawandels; (2019); Niedersächsische Landesforsten <https://www.landesforsten.de/2019/11/29/der-wald-fest-im-griff-des-klimawandels/>; nicht mehr verfügbar;

356. *Earth Week: In a drought, which trees risk death?* News Release 16-042; (2016); The National Science Foundation (NSF); https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=138226;
357. *Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS)*; (2022); BMEL; https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/eckpunkte-nationale-biomassestrategie-nabis.pdf?__blob=publicationFile&v=3;
358. *Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2021*; (2022); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsbilanz-erneuerbarer-energietraeger-2021>;
359. *Energie aus Holz*; (2023); Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft LWF; <https://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/holzverwendung/050613/>;
360. *ENERGIEERZEUGUNG AUS ALTHOLZ IN DEUTSCHLAND – Auswirkungen auf Klima und Ressourcen*; (2022); NABU; https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/biooekonomie/220706_infopapier_altholz_pdf.pdf;
361. *Entwicklung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien*; (2023); FNR Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe; <https://mediathek.fnr.de/entwicklung-der-waermebereitstellung-aus-erneuerbaren-energien.html>;
362. *Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2022*; (2023); BMEL; https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldzustandserhebung-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=6;
363. *Ergebnisse Waldzustandserhebung 2020: Schäden haben weiter zugenommen*; (2021); Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL); <https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/waldzustandserhebung.html>;
364. *Erneuerbare Energien in der Fernwärmeerzeugung 2022*; (2023); FNR Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe; <https://mediathek.fnr.de/erneuerbare-energien-in-der-fernwaermeerzeugung-2022.html>;
365. *Exporte von Rohholz im Jahr 2020 um 42,6 % gestiegen*; (2021); Statistisches Bundesamt; https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/05/PD21_N031_51.html;
366. *Forests and Climate Change; Reports of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development to the Parliament of Canada - Independent Auditor's Report*; (2023); https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/docs/parl_cesd_202304_01_e.pdf;
367. *Global Markets for Biomass Energy are Devastating U.S. Forests*; NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL, SOUTHERN ENVIRONMENTAL LAW CENTER und DOGWOODALLIANCE USA; (2022); <https://www.nrdc.org/sites/default/files/global-markets-biomass-energy-devastating-us-forests-202209.pdf>;
368. Grassi, G., Fiorese, G., Pilli, R., Jonsson, K., Blujdea, V., Korosuo, A. and Vizzarri, M.; *Brief on the role of the forest-based bioeconomy in mitigating climate change through carbon storage and material substitution*; (2021); European Commission; <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC124374>;
369. Hiebel M., Dresen B., Mrotzek A., Jandewerth M. (2014), *Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW; Teil 3 – Biomasse-Energie*; (2022); LANUV-Fachbericht 40, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen; <https://www.oeko.de/oekodoc/2115/2014-671-de.pdf>;
370. *Holzeinschlag erreicht 2020 aufgrund von Waldschäden neuen Rekordwert*; (2021); PM Nr. 192 vom 15. April 2021; Statistisches Bundesamt; https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/04/PD21_192_413.html;
371. *Hundreds of scientists affirm that trees are more valuable alive than dead — both for climate and for biodiversity*; (2021); Woodwell Climate Research Center <https://www.woodwellclimate.org/letter-regarding-use-of-forests-for-bioenergy/>;
372. Ibisch, Pierre & Welle, Torsten & Blumroeder, Jeanette & Sommer, Jörg & Sturm, Knut. (2020). *Wie das Klimaschutznarrativ die Wälder bedroht*; (2020); https://www.researchgate.net/publication/347935643_Wie_das_Klimaschutznarrativ_die_Walder_bedroht;
373. *Import von Rohholz nach Deutschland in den Jahren 2003 bis 2018*; statista; <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/162622/umfrage/holzwirtschaft-einfuhr-von-rohholz-seit-2003/>;
374. *Indicator: Forest carbon emissions and removals (2020)*; Government of Canada; <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/forests/state-canadas-forests-report/disturbance-canadas-forests/indicator-carbon-emissions-removals/16552>; wurde aus dem Verkehr gezogen, ist aber in meinem digitalen Archiv;
375. *Informationspapier zum Sustainable Biomass Program*; (2023); Biofuelwatch; <https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/SBP-Infopapier.pdf>;

376. Joint Letter to Dutch MPs ahead of Biomass Roundtable; (2023); Biofuelwatch; <https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/NGO-letter-ahead-of-Dutch-parliamentary-hearing-on-biomass-2023.pdf>;
377. Karte von Kronendachöffnungen europäischer Wälder – Trotz Änderungen – positive Entwicklung; (2020); in *Forstpraxis*, 20. September 09. 2020; <https://www.forstpraxis.de/erste-karte-von-kronendachoeffnungen-europaeischer-waelder-erstellt/>; wurde aus dem Verkehr gezogen, ist aber in meinem digitalen Archiv;
378. Klimaneutrales Deutschland; (2021); AGORA mit Prognos, Öko-Institut und Wuppertal Institut; https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_195_KNDE_WEB.pdf;
379. Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; (2021); Fraunhofer ISI; <https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/szenario-explorer/>
380. Lindner, M., Fitzgerald, J. B., Zimmermann, N. E., Reyer, C., Delzon, S., van der Maaten, E., Hanewinkel, M. (2014). Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*, 146, 69–83; <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.030>;
381. Luderer, G., Kost, C., Sörgel, D. (Eds.); (2021): Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich, (Ariadne-Report), Potsdam: Potsdam Institute for Climate Impact Research, 359 p.; <https://doi.org/10.48485/pik.2021.006>;
382. Malcolm, Jay; Holtsmark, Bjart; Piascik, Paul; Forest harvesting and the carbon debt in boreal east-central Canada; (2020); *Climatic Change*. 161. 1-17; DOI:10.1007/s10584-020-02711-8; https://www.researchgate.net/publication/340587312_Forest_harvesting_and_the_carbon_debt_in_boreal_east-central_Canada;
383. Open Letter to President Biden and Members of Congress from Scientists: It is essential to Remove Climate-Harming Logging and Fossil Fuel Provisions from Reconciliation and Infrastructure Bills; (2021); über 200 Wissenschaftler; https://johnmuirproject.org/wp-content/uploads/2021/11/ScientistLetterOpposingLoggingProvisionsInBBB_BIF4Nov21.pdf;
384. Pierre L. Ibisch, Torsten Welle, Jeanette S. Blumröder, Jörg Sommer; Wälder sind Kohlenstoffspeicher – Holzverbrennung ist nicht klimaneutral; (2020); https://www.researchgate.net/publication/340309866_ePaper_Holzverbrennung_ist_nicht_klimaneutral_31_Mar20_fin;
385. Pierre L. Ibisch; (2020); Ökologischer Zustand und Umbau der Wälder zur Förderung von Klimaresilienz und Biodiversität; im Ausschusses für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit; <https://www.bundestag.de/resource/blob/808970/a70eece0fdcdcc5b837e0a0bcecc48c01/Prof-Dr-Pierre-Ibisch-data.pdf>;
386. Projektionsbericht für Deutschland 2019 – Zusammenfassung in der Struktur des Klimaschutzplans – Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 (Politikszenerien IX)“; Umweltbundesamt UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2019-fuer-deutschland>;
387. RED III: Deutschland muss die Verbrennung von Waldholz endlich eindämmen; Offener Brief der Umweltverbände an Robert Habeck zur EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie; (2023); NABU, Deutsche Umwelthilfe, ROBIN WOOD, WWF und Biofuelwatch; <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/biomasse/230912-offenerbriefhabeck-red3.pdf>;
388. Searchinger, T.D.; Beringer, T.; Holtsmark, B. et al.; Europe’s renewable energy directive poised to harm global forests; (2018); *Nat Commun* 9, 3741; DOI: 10.1038/s41467-018-06175-4; https://www.researchgate.net/publication/327603838_Europe%27s_renewable_energy_directive_poised_to_harm_global_forests;
389. Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Reyer, C. P. O.; Forest disturbances under climate change; (2017); *Nature Climate Change*, 7(6), 395–402; <https://doi.org/10.1038/nclimate3303>;
390. Senf, C., Buras, A., Zang, C. S., Rammig, A., & Seidl, R.; Excess forest mortality is consistently linked to drought across Europe; (2020); *Nature Communications*, 11(1), 6200; <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19924-1>; <https://www.nature.com/articles/s41467-020-19924-1>;
391. Senf, C., Seidl, R.; Mapping the forest disturbance regimes of Europe; (2021); *Nature Sustainability* 4(1):1-8; DOI:10.1038/s41893-020-00609-y; https://www.researchgate.net/publication/344372338_Mapping_the_forest_disturbance_regimes_of_Europe;
392. Standing up for forests and against the Swedish forestry model: A letter to EC policymakers; (2021); Forest Defenders Alliance; https://forestdefenders.eu/wp-content/uploads/2021/03/Final-version.open-letter_-on-the-international-day-of-forests.pdf;

393. Stellungnahme zu den Eckpunkten für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS); Biofuelwatch; <https://www.biofuelwatch.org.uk/2022/nabis-kommentare/>;
394. Stellungnahme zu den Eckpunkten für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS) – Kommentare mit Literaturangaben; <https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/Biomassestrategie-Kommentare.pdf>;
395. The State of the World's Forests 2020, Forests, biodiversity and people; (2020) FAO and UNEP; Rome; <https://doi.org/10.4060/ca8642en>; <https://www.fao.org/3/ca8642en/ca8642en.pdf>;
396. The State of the World's Forests 2022, Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies; (2022) FAO; Rome; <https://doi.org/10.4060/cb9360en>; <https://www.fao.org/3/cb9360en/cb9360en.pdf>;
397. Umweltschutz, Wald und nachhaltige Holznutzung in Deutschland; (2021); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltschutz-wald-nachhaltige-holznutzung-2021>;
398. Växthusgasutsläppen 2021 på samma nivå som året innan, markanvändningssektorn utsläppskälla för första gången; Statistikcentralen Finland; <https://www.stat.fi/sv/publikation/cktlcpwag38sq0c5561iqop0y>;
399. Veolia: Biomassekraftwerk in Großaitingen geht vom Netz; (02.2024); EUWID; <https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/veolia-biomassekraftwerk-in-grossaitingen-geht-von-netz-150224/>;
400. Waldstrategie 2050; (2021); BMEL; https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Waldstrategie2050.pdf?__blob=publicationFile&v=9;
401. Waldzustandserhebung: 4 von 5 Bäumen sind krank – Waldumbau drängt; (2023); BMEL; <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2023/030-waldzustandserhebung.html>;
402. Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE: Langfassung; (2019); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/rescue>;
403. WEGE ZU EINEM KLIMANEUTRALEN ENERGIESYSTEM; (2020); Fraunhofer ISE; <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem.pdf>;
404. Werner Sobek; 17 Thesen zur Nachhaltigkeit; https://www.wernersobek.com/de/themen/17_thesen/;
405. Werner Sobek; non nobis – über das Bauen in der Zukunft Band 1: Ausgehen muss man von dem, was ist; (2022); avedition; Stuttgart; <https://www.avedition.de/de/non-nobis-ueber-das-bauen-in-der-zukunft-band-1-ausgehen-muss-man-von-dem-was-ist/978-3-89986-369-7>;
406. Wertvolles Holz landet in Kraftwerken und in der Pelletproduktion – ROBIN WOOD legt Recherchebericht vor und kritisiert das Greenwashing der Energieholzbranche; (2023); ROBINWOOD; <https://www.robinwood.de/pressemitteilungen/wertvolles-holz-landet-kraftwerken-und-der-pelletproduktion>;
407. 100 Jahre Landwirtschaftlicher Verein Beedenbostel; (1961); Festschrift; im Archiv des Autors,
408. Agnes Bergmeister; Zukunftsfähige Welternährung Ökolandbau und Fairer Handel als funktionierende Alternativen zum Agrobusiness – zwei Fallstudien zu Mais und Reis; (2012); Der kritische Agrarbericht; <https://kritischer-agrarbericht.de/fileadmin/Daten-KAB/KAB-2012/Bergmeister.pdf>;
409. Agrarstrukturerhebung (ASE), Betriebswirtschaftliche Ausrichtung (BWA) – Ökologischer Landbau nach Grad der Umstellung; (2016); Landesamt für Statistik Niedersachsen LSN;
410. Albrecht Thaer; (1812); Grundsätze der rationellen Landwirtschaft; Realschulbuchhandlung Berlin; https://www.deutschestextarchiv.de/book/show/thaer_landwirtschaft04_1812;
411. Albrecht Thaer; Theorien zum Boden und Fortschritte in der Landwirtschaft; Kurzfassung der Originalveröffentlichung 1811-12; https://unterrichten.zum.de/wiki/Bodenhistorie/Albrecht_Thaer:_Theorien_zum_Boden_und_Fortschritte_in_der_Landwirtschaft.pdf;
412. Alexander Stahr; Pflanzennährstoffe; ahabc.de Internet-Magazin für Boden und Garten; <http://www.ahabc.de/garten/bodenverbesserung/duengung/pflanzennaehrstoffe/>;
413. Altenceller Heide gepflegt; Celler Zeitung vom 08.09.2019; im Archiv des Autors;
414. Alwin Seifert; Der Kompost in der bäuerlichen Wirtschaft; Berlin/München/Boston; De Gruyter, Reprint 2019;
415. Alwin Seifert; Die Versteppung Deutschlands; Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland 1936; Band 1; https://www.zobodat.at/pdf/Beitr-natukdl-Forsch-Suedwestdtschl_1_0197-0204.pdf;
416. Alwin Seifert; Gärtnern, Ackern - ohne Gift; München, Beck, 2008;

417. Andrea Zimmermann; Biogemüse aus dem Gewächshaus; Deutschlandfunk, 17.10. 2001; <https://www.deutschlandfunk.de/biogemuese-aus-dem-gewaechshaus-100.html>;
418. Anna Bouten; Wie viel Kohlenstoffspeicherung ist mit Humusaufbau möglich; (2019); Agrando GmbH; <https://agrando.com/de-de/magazin/kohlenstoffspeicherung-durch-humusaufbau>;
419. Bericht eines alten Eiflers über den Buchweizenanbau, Heimatjahrbuch 1997 des Kreises Ahrweiler; <https://kreis-ahrweiler.de/kvar/INH/inhalt.hjb1997.htm>;
420. Bestandteile von Humus – organischer und anorganischer Kohlenstoff; o. J.; Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF); <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/031122/index.php.pdf>;
421. Biohof Kirchweidach weht zukunftsweisendes Gewächshaus ein / CO₂-freie Produktion durch einzigartiges Energiekonzept; (2019); <https://www.presseportal.de/pdf/4309977-download.pdf>;
422. Bodenerosion durch Wasser – eine unterschätzte Gefahr; o. J.; UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/bodenerosion/bodenerosion-durch-wasser#undefined>;
423. Bodenflächen in Niedersachsen nach Art der tatsächlichen Nutzung; (2016); Landesamt für Statistik Niedersachsen LSN;
424. Bodenfruchtbarkeit – Grundlage erfolgreicher Landwirtschaft; (2015); Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern e. V. (VLK) und des Bundesarbeitskreises Düngung (BAD); https://www.iva.de/sites/default/files/benutzer/%25uid/publikationen/bad_tagungsband_2015_11-2015_0.pdf;
425. Bodennutzung und Ernte 2018; Landesamt für Statistik Niedersachsen LSN
426. Bodennutzung und Ernte 2019; Landesamt für Statistik Niedersachsen LSN
427. Brandbeschleuniger Soja - Handlungsoptionen gegen Entwaldung durch Futtermittelimporte nach Deutschland; (2020); Deutsche Umwelthilfe e.V.; <https://www.duh.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/brandbeschleuniger-soja-bericht-der-deutschen-umwelthilfe-zeigt-zusammenhaenge-von-importiertem-soja/>;
428. Buchweizen; (2000); Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL; Schweiz; <https://orprints.org/id/eprint/25372/>;
429. Carolin Wahnbaeck; Haltung von Milchkühen – Wie glücklich ist Ihre Milch?; (2017); SPIEGEL Wissenschaft; <https://www.spiegel.de/wissenschaft/superkuehe/milchkuehe-wie-leben-kuehe-in-deutschland-a-1166382.html>;
430. Christian Raichle; Humus im Boden – Eigenschaften Entstehung und Kreislauf; <https://www.hauke-erden.de/humus-im-boden-eigenschaften-entstehung-und-kreislauf.html>;
431. Daum, Thomas; Birner, Regina; (2019); Welches Agrarmodell kann die Welt ernähren; Agrar- & Ernährungspolitik; Welthungerhilfe; https://www.researchgate.net/publication/336129764_Welches_Agrarmodell_kann_die_Welt_ernahren;
432. Die Ernährungswelt in Zahlen: Ein Landwirt ernährt heute 155 Menschen; (2017); Ernährungs-Umschau 2/17 auf Seite M66 ff; <https://www.ernaehrungs-umschau.de/print-news/15-02-2017-die-ernaehrungswelt-in-zahlen-ein-landwirt-ernaehrt-heute-155-menschen/>;
433. Wie viele Menschen ernährt ein Landwirt; (2023) BLE; https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Informationsgrafiken/231103_Landwirt-ernaehrt.gif?sessionid=1BF47FFB3E9BAF7904D1C01268B77AB7.internet982?__blob=publicationFile&v=3;
434. Erträge in der Landwirtschaft historisch; <https://www.heimbiotop.de/landwirtschaft/ertraege.html.pdf> ; zitiert die Daten aus Reinhard Rürup (1984): Deutschland im 19. Jahrhundert, 1815-1871. 1. Auflage, Vandenhoeck & Ruprecht;
435. F. Waldmann und W. Weinzierl; Organische Kohlenstoffvorräte der Böden Baden-Württembergs in Abhängigkeit von Bodentyp, Bodenart, Klima und Landnutzung; (2014); Reihe KLIMOPASS-Berichte; Hrsg. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg;
436. Florian Hackmann; Die Lachgasemissionen landwirtschaftlicher Nutzflächen – Ein Überblick über die Gewichtung relevanter Parameter; Institut für Landschaftsökologie, AG Angewandte Landschaftsökologie/Ökologische Planung, Westfälische Wilhelms-Universität Münster; https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/landschaftsoekologie/oekologischeplanung/abgeschlossenearbeiten/zusammenfassung_bsc_hackmann.pdf;
437. Frank Schuchardt und Klaus-Dieter Vorlop; Abschätzung des Aufkommens an Kohlenstoff in Biomasse-Reststoffen in Deutschland für eine Verwertung über Hydrothermale Carbonisierung (HTC) und Einbringung von HTC-Kohle in den Boden; vTI Agriculture and Forestry Research 4 2010 (60)205-212;

438. Franz Makeschin; *Bodenlos? Wir verlieren den Boden unter den Füßen*; (2011); Kommission Bodenschutz des UBA; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/01_makeschin.pdf;
439. *Fruchtfolge, Kurs ändern – alt Erlerntes passt oft nicht mehr*; (2018); praxisnah – Fachinformation für die Landwirtschaft; Ausgabe 4 Oktober 2018;
440. *Fruchtwechsel in der Heide um 1820 laut Thaer*; aus *100 Jahre Landwirtschaftlicher Verein Beedenbostel*; (1961); Festschrift; im Archiv des Autors;
441. Georg Dufner; *Indigene Identität in Lateinamerika*; (2020); Konrad-Adenauer-Stiftung; <https://www.kas.de/de/web/auslandsinformationen/artikel/detail/-/content/indigene-identitaet-in-lateinamerika>;
442. Gerhard Bellof, Peter Weindl; *Der Futtermittelreport – Strategien zum verminderten Einsatz von aus Übersee importierten Sojaerzeugnissen in der Geflügelfütterung in Deutschland*; (2013); Hrsg. WWF Deutschland, Berlin; https://www.wwf.de/fileadmin/user_upload/WWF_Futtermittelreport_Gefluegel.pdf;
443. *Getreideanbau – Steinzeit bis Heute*; (2006); Historisches Lexikon der Schweiz; <https://hls-dhs-dss.ch/de/articles/013936/2006-12-11/>;
444. *Global Soil Forum (2012; Fruchtbare Böden: Entscheidend für den Kampf gegen Hunger und Klimawandel!; Institute for Advanced Sustainability Studies Potsdam e.V. (IASS)*; https://www.rifs-potsdam.de/sites/default/files/files/iass_gsw_media_sheet_boeden_de.pdf;
445. Hans Wolfram Graf Finck von Finckenstein; (1960); *Die Entwicklung der Landwirtschaft in Preußen und Deutschland 1800 -1930*; Holzner Verlag Würzburg;
446. Hartmut Kolbe; *Phosphor und Kalium im ökologischen Landbau – aktuelle Probleme, Herausforderungen, Düngungsstrategien*; (2010); in *Phosphor- und Kaliumdüngung – brauchen wir neue Düngekonzepte? Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern e. V. (VLK) und des Bundesarbeitskreises Düngung (BAD) am 20. und 21. April 2010 in Würzburg*; https://www.iva.de/sites/default/files/benutzer/uid/publikationen/tb2010_0.pdf;
447. Heinz Lüdemann; *Landwirtschaft in früheren Zeiten*; (2013); im Begleitband zur Dauerausstellung, Beiträge aus dem Heimatmuseum der Stadt Holzgerlingen; <https://www.heimatmuseum-holzgerlingen.de/museum-wAssets/docs/Landwirtschaft-in-fr-uuml-heren-Zeiten.pdf>;
448. Horst Mielke; Bärbel Schöber-Butin; *Pflanzenschutz bei Nachwachsenden Rohstoffen - Zuckerrübe, Öl- und Faserpflanzen*; *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem Pflanzenschutz Heft 391 Berlin 2002*; https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00061232;
449. *Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands*; (2019); Thünen-Institut für Agrarklimaschutz; Hrsg. BMEL; <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Bodenzustandserhebung.html>;
450. *Humusaufbau in der Heide*; (1961); in *100 Jahre Landwirtschaftlicher Verein Beedenbostel*; (1961); Festschrift; im Archiv des Autors
451. Ingeborg Schininger; *Globale Landnutzung*; (2008); *Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten "Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung"* https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hq2008/pdf/wbgu_jg2008_e_x09.pdf;
452. *Integrierter Pflanzenschutz in der Praxis*; (2021); BMEL; https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Landwirtschaft/Pflanzenschutz/ErfahrungenIntegrierterPflanzenschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=3;
453. *Jahresberichte des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 1964*; Hrsg. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft; Braunschweig 1966; https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00013069/1964_0001.pdf;
454. *Jahrhundertvergleich – Produktivität der Landwirtschaft*; in *SITUATIONSBERICHT 2018/19 – TRENDS UND FAKTEN ZUR LANDWIRTSCHAFT*; Deutscher Bauernverband; https://www.bauernverband.de/fileadmin/user_upload/Kapitel1.pdf;
455. Joy Tivy; *Landwirtschaft und Umwelt*; (1993); *Agrarökosysteme in der Biosphäre*; Spektrum Akademischer Verlag;
456. Jürgen Paeger; (2006 – 2020); *Die Bevölkerung der Erde – historische Entwicklung*; www.oekosystem-erde.de/;
457. Justus von Liebig; (1858); *ÜBER DAS VERHALTEN DER ACKERKRUME ZU DEN IN WASSER LÖSLICHEN NAHRUNGSTOFFEN DER PFLANZEN*; Cotta München; https://books.google.de/books/about/%C3%9Cber+das+Verhalten+der+Ackerkrume+zu+de.html?id=ZFgluJb+m5uAC&redir_esc=y;

458. Karl Bockholt; Ausweisung Roter Gebiete – Das soll bundeseinheitlich Vorschrift werden, (2020); agrarheute; <https://www.agrarheute.com/pflanze/getreide/duengeverordnung-aerger-um-ausweisung-roter-gebiete-576872>;
459. Karten zum Maisanbau 2020; Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK); <https://www.maiskomitee.de/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland/Maisanbau>;
460. Kleinbauern sind das Rückgrat der Welternährung; (2014); Zukunftsstiftung Landwirtschaft; www.weltagrabericht.de/aktuelles/nachrichten/en/29876.html;
461. Klimadiskurse (2019); Bundeszentrale für Politische Bildung; AUS POLITIK UND ZEITGESCHICHTE, 69. Jahrgang, 47–48/2019, 18. November 2019; <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/300424/klimadiskurse/>;
462. Konzernatlas, Daten Fakten Agrar- und Lebensmittelindustrie; (2017); Heinrich-Böll-Stiftung, Rosa-Luxemburg-Stiftung, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Oxfam Deutschland, Germanwatch, Le Monde diplomatique; <https://www.boell.de/de/2017/01/10/konzernatlas>;
463. Kuba rationiert Lebensmittel; Deutsche Welle DW 11.05.2019; <https://www.dw.com/de/kuba-rationiert-lebensmittel/a-48695816>;
464. Landwirtschaft ohne Pestizide? Wie in Indien erste Bundesstaaten aussteigen; (2019); https://www.aktion-agrar.de/wp-content/uploads/2019/04/Studie_Adhra_Pradesh.pdf;
465. Landwirtschaft und Klimawandel – Ein Methodenheft für den Lernort Bauernhof; Bildungs- und Tagungszentrum Ostheide; (2020); Heimvolkshochschule Barendorf e.V.; <https://www.globale-slernen.de/sites/default/files/files/education-material/methodenheft-landwirtschaft-klima-hp-print.pdf>
466. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ); (2021); Merkblatt zur Ermittlung des Stickstoff-Düngebedarfs (N) für Ackerkulturen; http://www.ltz-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Pflanzenbau/D%C3%BCngung/Merkbl%C3%A4tter%20N-Berechnung/N-D%C3%BCngebedarf_Empfehlung.pdf?attachment=true;
467. Lara Schwenner; Schneller, größer, besser? So hat sich die deutsche Landwirtschaft entwickelt; (2021); Quarks; <https://www.quarks.de/umwelt/landwirtschaft/so-hat-sich-die-deutsche-landwirtschaft-entwickelt/>;
468. Lebensmittel – Selbstversorgungsgrad in Deutschland; (2019); top agrar online; <https://www.topagrar.com/mediathek/fotos/ackerbau/selbstversorgungsgrad-in-deutschland-10144658.html>;
469. Lozán, José L.; Breckle, Siegmund-W.; Graßl, Hartmut; (2019); Entwicklung der Weltbevölkerung, Megastädte und Landflucht; In: Lozán J. L. S.-W. Breckle, H. Grassl, W. Kuttler & A. Matzarakis (Hrsg.). Warnsignal Klima: Die Städte. pp.188-195. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de; DOI:10.25592/warnsignal.klima.die-staedte.28;
470. Minderung von Stickstoff -Emissionen aus der Landwirtschaft; Forschung Themenheft 1, 2014; Hrsg. Senat der Bundesforschungsinstitute des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft; <https://docplayer.org/53394958-Forschung-themenheft-1-2014-minderung-von-stickstoff-emissionen-aus-der-landwirtschaft.html>;
471. N. Wrage, Grünland als Quelle und Senke für N₂O; https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2009_riswick_wrage.pdf;
472. Nachhaltige Landwirtschaft – Tiergerechte Haltungssysteme und Tierschutz; (2017); Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN);
473. NÄHRSTOFFBERICHT IN BEZUG AUF WIRTSCHAFTSDÜNGER FÜR NIEDERSACHSEN 2015/2016; Landwirtschaftskammer Niedersachsen; https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/30493_N%C3%A4hrstoffbericht_in_Bezug_auf_Wirtschaftsd%C3%BCnger_f%C3%BCr_Niedersachsen_20152016;
474. Olaf Zinke; Gülle – Neue Regeln sind Mist – Bauern in Not; agrarheute, 18.09.2019; <https://www.agrarheute.com/management/betriebsfuehrung/quelle-neue-regeln-mist-bauern-not-558727>;
475. Overview AGVOLUTION FARMALYZER; Seed Data and Harvest Success; (2020); Firmenschrift;;
476. Peter Hiller; Auf die Mischung kommt es an – Eigenmischungen für Geflügel glasklar formuliert; (2018); Landwirtschaftskammer Niedersachsen; im Archiv des Autors;
477. Petra Plesch; Gerhard Bellof; Rapsextraktionsschrot in der Fütterung von Mastgeflügel; Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V.; https://www.ufop.de/files/2514/7870/2320/WEB_UFOP_1425_praxisinfo_rapsextraktionsschrot_mastgefuegel_041116.pdf;

478. Pflanzen brauchen Nährstoffe - Nutzen, Anwendung, Umweltverträglichkeit; (2013); Industrieverband Agrar e. V.; Bundesarbeitskreis Düngung (BAD); https://www.iva.de/sites/default/files/benutzer/uid/publikationen/iva_1301_br_009_pflanzen_brauchen_naehrstoffe_rz_20131104.pdf;
479. Philip McMichael, Stephanie Wil, Christa Wichterich, Kalyani Menon-Sen, Kirsten Tackmann, Sat urnino M. Borrás, Linda Rehmer, Benjamin Luig, Steffen Kühne, Ulrich Brand, Markus Wissen, Rhonda Koch u.a.; ERST KOMMT DAS FRESSEN; luxemburg 1/2018; https://www.rosalux.de/fileadmin/rls_uploads/pdfs/LUXEMBURG/LUX_1801.pdf;
480. Phosphat - Mineralischer Rohstoff und unverzichtbarer Nährstoff für die Ernährungssicherheit weltweit; (2013); Hrsg. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR); https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Zusammenarbeit/TechnZusammenarbeit/Politikberatung_SV_MER/Downloads/phosphat.html;
481. Reduzierte Bodenbearbeitung – schont Boden und Klima; Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung; <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/boden/reduzierte-bodenbearbeitung/>;
482. Reduzierte Bodenbearbeitung - Umsetzung im biologischen Landbau; (2014); Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Schweiz; <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1652-bodenbearbeitung.pdf>;
483. Regenerative Energien im Bio-Gewächshaus (2017); in Erneuerbare Energien – Strom aus eigener Ernte; KfW Stories; <https://www.kfw.de/stories/umwelt/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-projekte-buesingen-westhof/>;
484. Rupert Russel; Boom und Crash - Wie Spekulation ins Chaos führt Deutschland; (2020); ARTE TV; <https://www.youtube.com/watch?v=7ohj2vaGMBk&list=PLfdMKJMGPt7eZM583ID03J6UZ40qNQ&index=1>;
485. Schlipfs Handbuch der Landwirtschaft; (1934); Verlag Paul Parey Berlin
486. Schlipfs Praktisches Handbuch der Landwirtschaft (1976)); Verlag Paul Parey Berlin
487. Spritzkalender; ca. 1936; persönlicher Fund aus Nachlass eines Landwirts; im Archiv des Verfassers;
488. Stand der Urbanisierung in Afrika; (2020), Deutscher Bundestag Wissenschaftlicher Dienst; WD 2WD 2 - 3000 - 100/20; <https://www.bundestag.de/resource/blob/821374/be1f58ed6ff0285fd82279dfb91a1ccb/WD-2-100-20-pdf-data.pdf>;
489. Steffen Noleppa, Matti Carlsburg; Nahrungsmittelverbrauch und Fußabdrücke des Konsums in Deutschland - Eine Neubewertung unserer Ressourcennutzung; (2015); Hrsg: WWF Deutschland, Berlin; https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Studie_Nahrungsmittelverbrauch_und_Fussabdrucke_des_Konsums_in_Deutschland.pdf;
490. Desertification and land degradation; (Stand 04.2024); FAO; <https://www.fao.org/in-action/action-against-desertification/overview/desertification-and-land-degradation/es/>;
491. Andrea Beste; Carbon Farming – Klimaschutz oder Greenwashing?; (2023); Der kritische Agrarbericht 2023; http://landwirtschaft-soziooekonomie.de/fileadmin/Daten-KAB/KAB-2023/KAB_2023_78_82_Beste.pdf;
492. Andrea Beste; Carbon Farming – ein neues Framing für klimafreundliche Landwirtschaft?; (12.2023); Fachjournal der Welthungerhilfe; <https://www.welthungerhilfe.org/global-food-journal/rubrics/climate-resources/carbon-farming-cannot-save-the-climate>;
493. 400'000 Pyrolyseanlagen zur Rettung des Klimas; (2010); Hans-Peter Schmidt, Nikolas Hagemann; Journal für Terroirwein und Biodiversität; <https://www.ithaka-journal.net/400-000-pyrolyseanlagen-zur-rettung-des-klimas>;
494. Aus für den Holzdiesel; (2011); WirtschaftsWoche; <https://www.wiwo.de/unternehmen/unternehmenspleite-aus-fuer-den-holzdiesel/5307676.html>;
495. blueFLUX H2; (2024); (2024); bluefluxenergy; <https://www.bluefluxenergy.com/de/blueflux-h2-das-produkt>;
496. Carbon2Chem: wenn aus Emissionen Wertstoffe werden; (2024); thyssenkrupp; <https://www.thyssenkrupp.com/de/stories/carbon2chem-wenn-aus-emissionen-wertstoffe-werden>;
497. Carbon2Chem® Phase 2 – Teilprojekt L-II: Dynamische Methanolsynthese aus Hüttengasen; (2020); Fraunhofer ISE; <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/carbon2chem-phase-2.html>;
498. Die blueFLUX Technologie; (2024); bluefluxenergy; <https://www.bluefluxenergy.com/de/prozess>;
499. Dina Bacovsky, Michal Dallos, Manfred Wörgetter; Status of 2nd Generation Biofuels Demonstration Facilities in June 2010, IEA Bioenergy Task 39; (2010); IEA;

https://www.researchgate.net/publication/270753273_Status_of_2nd_Generation_Biofuels_Demonstration_Facilities_in_June_2010_IEA_Bioenergy_Task_39;

500. Durch die Technologie der Carbon Farming entstehen nicht nur BioMethan, sondern auch Pflanzenkohle und Negative Emissionen; (2024); CARBON FARMING; <https://carbonfarming.earth/unsere-technologie/>;
501. Erster CO2-negative Biokraftstoff kommt aus Deutschland; (01.23024); ingenieur.de; <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/umwelt/erster-co2-negative-biokraftstoff-kommt-auf-den-markt/>;
502. Förderverein Terra Preta; (2024); <https://www.fv-terrapreta.de/>;
503. GIER NACH HOLZ; (01.2024) Initiative Wahlstedt; <https://www.initiative-wahlstedt.de/gier-nach-holz/>;
504. Hansewerk plant Holzgaskraftwerk in Wahlstedt; (2024); gwf-gas; <https://gwf-gas.de/maerkte-und-unternehmen/hansewerk-plant-holzgaskraftwerk-in-wahlstedt/>;
505. Herstellung von flüssigen Kraftstoffen aus atmosphärischem Kohlendioxid; (2007); Solarenergie-Förderverein Deutschland; https://www.sfv.de/artikel/herstellung_von_fluessigen_kraftstoffen_aus_atmosphaerischem_kohlendioxid/;
506. Holz in den Tank - Weltweit erste Anlage für synthetischen Biodiesel in Freiberg; (2008); ASK; <https://www.ask-eu.de/Artikel/13182/Holz-in-den-Tank---Weltweit-erste-Anlage-f%C3%BCr-synthetischen-Biodiesel-in-Freiberg.htm>;
507. Kohlenstoff binden statt als Treibhausgas ausstoßen: Holzgaskraftwerk entsteht in Wahlstedt; (01.2023); Hanse Werk; <https://www.mynewsdesk.com/de/hansewerk/pressreleases/kohlenstoff-binden-statt-als-treibhausgas-ausstossen-holzgaskraftwerk-entsteht-in-wahlstedt-3230079.pdf>;
508. Kohlenstoff binden statt Treibhausgas ausstoßen: HanseWerk Natur baut Holzgaskraftwerk in Wahlstedt; (02.2023); openPR; <https://www.openpr.de/news/1240466/Kohlenstoff-binden-statt-Treibhausgas-ausstossen-HanseWerk-Natur-baut-Holzgaskraftwerk-in-Wahlstedt.html>;
509. Michael Specht, Andreas Bandi; Der „Methanol-Kreislauf“ – nachhaltige Bereitstellung flüssiger Kraftstoffe; (2001); Forschungsverbund Erneuerbare Energien; https://www.fvee.de/wp-content/uploads/2022/02/th1998_02_12.pdf;
510. Nachhaltiger Chemischer Speicher: Konversion von CO2 und H2 zu Methanol; (2011); Fraunhofer ISE; <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/konversion-von-co2-und-h2-zu-methanol-als-nachhaltigem-chemischen-energiespeicher.html>;
511. Negative Emissionen mit Carbon Farming Pflanzenkohle; (Stand 04.2024); <https://carbonfarming.earth/>;
512. Nutzung von CO2 aus Luft als Rohstoff für synthetische Kraftstoffe und Chemikalien; (2020); KIT; <https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/29-01-2021-DAC-Studie.pdf>;
513. Rainer Sagawe & Dr.-Ing. Stephan Martini; Terra Preta; (2023); Förderverein Terra Preta; [https://www.fv-terrapreta.de/news/1/872467/nachrichten/pr%C3%A4sentationsfolien-zum-vortrag-bei-der-bkk24-\(stand-08-2023\).html](https://www.fv-terrapreta.de/news/1/872467/nachrichten/pr%C3%A4sentationsfolien-zum-vortrag-bei-der-bkk24-(stand-08-2023).html);
514. So viel Heizwert steckt im Holz; (2024); CARMEN; <https://www.carmen-ev.de/2020/10/27/so-viel-heizwert-steckt-im-holz/>;
515. Technologien für Nachhaltigkeit und Klimaschutz – Chemische Prozesse und stoffliche Nutzung von CO2; DECHEMA; https://dechema.de/dechema_media/Bilder/Publicationen/CO2_Buch_Online.pdf;
516. Veolia: Biomassekraftwerk in Großaitingen geht vom Netz; (02.2024); EUWID; <https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/veolia-biomassekraftwerk-in-grossaitingen-geht-von-netz-150224/>;
517. 400'000 Pyrolyseanlagen zur Rettung des Klimas; (2010); Hans-Peter Schmidt, Nikolas Hagemann; Journal für Terroirwein und Biodiversität; <https://www.ithaka-journal.net/400-000-pyrolyseanlagen-zur-rettung-des-klimas/>;
518. Almuth Ernsting, NGO Biofuelwatch; Terra Preta keine Wundererde? Interview in Lebendige Erde 3/2012; <http://lebensraum-permakultur.de/terra-pretakeine-wundererde/>;
519. Almuth Ernsting, Rachel Smolker; Biochar for Climate Change Mitigation: Fact or Fiction? Convention on Biological Diversity; 2009; <https://www.cbd.int/doc/biofuel/Econexus%20Briefing%20Biochar.pdf>;
520. Almuth Ernsting; Biochar: Eine neue falsche Lösung für das Klimaproblem; BUKO Agrar Info; Nr. 166 September/Oktober 2009; https://www.agrarkoordination.de/uploads/tx_tproducts/datasheet/Buko_166-1.pdf;
521. Almuth Ernsting; Biochar´s Unproven Claims; biofuelwatch; 2013; <https://www.biofuelwatch.org.uk/files/Biochar-3-pager7.pdf>;

522. Amelung, Siemens, Borchard; Endbericht zu: Untersuchung langfristiger Funktionen und Auswirkungen von pyrogenem Kohlenstoff (BC) in Böden sowie dessen Interaktion mit der Bodenmatrix; Institut INRES - Bodenwissenschaften; Universität Bonn; 2011;
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Produkte/Schriften/Downloads/Endbericht_Biokohle.pdf?__blob=publicationFile&v=4;
523. Analyse des Klärschlamm; Zweckverband Frohnbach; 05.2021; im Archiv des Autors;
524. Analyse des Pyrolyse Carbonisats; Zweckverband Frohnbach; 05.2021; im Archiv des Autors;
525. André Brosowski, Philipp Adler, Georgia Erdmann, Walter Stinner, Daniela Thrän, Udo Mantau, Christian Blanke, Bernd Mahro, Thomas Hering, Gerd Reinholdt; BIOMASSE POTENZIALE VON REST- UND ABFALLSTOFFEN; FNR; 2015;
https://www.bioliq.de/downloads/schriftenreihe_band_36_web_01_09_15.pdf;
526. Ann-Kathrin Marr; Schwarze Wundererde? Was Pflanzenkohle im Garten tatsächlich leisten kann; NABU; o. J.; <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch-leben/balkon-und-garten/trends-service/trends/20401.html>;
527. Becker, Hennecke, Düring; Expositions Betrachtung und Beurteilung des Transfers von Dioxin, dioxinähnlichen PCB und PCB; Fraunhofer IME; 2010;
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4170.pdf>;
528. Beckers, Werner; Thermolytische Verarbeitung kommunalen Klärschlammes und anderer biogener Abfallstoffe. Dissertation, Universität Oldenburg; 2013; <https://oops.uni-oldenburg.de/371/>;
529. Bernd Bussian, Simone Schmidt, Jens Utermann; Typische Gehalte von Dioxinen und dl-PCB in Böden; Präsentation auf UBA Fachgespräch „Dioxine und PCB: Bessere Daten – Schnellere Aufklärung“; (04.11.2013); https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/utermann_-_dioxine_-_dl-pcb_in_boeden_2013-10-28_-_final.pdf;
530. BUND; Terra Preta / Pyrolysekohle – Einschätzung ihrer Umweltrelevanz; 2015;
<https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/terra-pret-a-pyrolysekohle-bund-einschaetzung-ihrer-umweltrelevanz/>;
531. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR; Hildesheimer Schwarzerde; Geowissenschaftliche Sammlungen 11/05; www.geozentrum-hannover.de;
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Sammlungen-Grundlagen/GG_Sammlungen/Objekt_Quartal/1105_schwarzerde.html?nn=1541516;
532. Bundesgütegemeinschaft Kompost; Hinweise zur Novelle der Düngemittelverordnung (DüMV); (2015); https://www.kompost.de/fileadmin/user_upload/Dateien/HUK_aktuell/2015/H_K-1_2-2015.pdf;
533. Bundesinstitut für Risikobewertung BfR; Auswirkung veränderter Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) auf die Toxizitätsäquivalente (TEQ) der Weltgesundheitsorganisation; Stellungnahme Nr. 011/2007;
https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/auswirkung_veraenderter_toxizitaetsaequivalentfaktoren_tef_auf_die_toxizitaetsaequivalente_teq_der_who.pdf;
534. Caroline Kray, Hansjörg Lerchenmüller; Mit Pflanzenkohle CO₂ langfristig binden!; Solarenergie Förderverein; 2021; www.sfv.de/co2-raus-pflanzenkohle-rein; <https://www.sfv.de/co2-raus-pflanzenkohle-rein>;
535. Christa Müller; Schadstoffe in landwirtschaftlich genutzten Böden - Ergebnisse von Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern; LfL; 2019;
https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/ebert_35jahrebd_f_gross_35jahrebd_f_schwermetalle.pdf;
536. Christopher J. Ennis, A. Garry Evans, Meez Islam, T. Komang Ralebitso-Senior, Eric Senior; Biochar; Carbon Sequestration, Land Remediation, and Impacts on Soil Microbiology; Critical Reviews in Environmental Science and Technology, Volume 42, 2012 - Issue 22;
https://research.tees.ac.uk/ws/files/6378723/Accepted_manuscript.pdf;
537. COMPAG RECYCLING UND UMWELTTECHNIK; Waste-to-Power-Heat and Biochar; Firmenschrift; 2018;
https://www.compag.ch/images/gallery/pyrolyseanlagen-pdf/EN_FlyerCPP500-1500.pdf;
538. de Souza, J.G., Schaan, D.P., Robinson, M. et al. Pre-Columbian earth-builders settled along the entire southern rim of the Amazon. Nat Commun 9, 1125; 2018;
https://www.researchgate.net/publication/324039817_Pre-Columbian_earth-builders_settled_along_the_entire_southern_rim_of_the_Amazon;
539. Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ; HTC-Kohle;
<https://www.dbfz.de/projektseiten/hydrothermale-prozesse-htp/anwendungen-produkte/htc-kohle>;
540. Lydia Paetsch, Dieter Lohr, Johannes Burmeister, Robert Brandhuber, Elke Meinken, Martin Wiesmeier; Wirkung karbonisierter organischer Reststoffe (Pyrolyse und hydrothermale Kohle) auf die

Bodenfruchtbarkeit; (2018); LfL;

https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/wirkung-karbonisierter-organischer-reststoffe-bodenfruchtbarkeit_lfl-schriftenreihe.pdf

541. Donau Carbon; Firmen-Broschüre: Aktivkohle und ihre Anwendung; 2018; <https://www.donau-carbon.com/Downloads/aktivkohle.aspx>;
542. Einsatz von Pflanzenkohle in der Landwirtschaft: Chancen und Herausforderungen; (2023); Institut für Ländliche Strukturforchung e.V. (IfLS); https://www.ifls.de/fileadmin/user_upload/Pflanzenkohle_Bericht>IfLS_Rentenbank.pdf;
543. EOENGINEERINGMONITOR; Biokohle; Geoengineering Technologie-Briefing; 01.2021; <https://www.geoengineeringmonitor.org/2021/04/biochar-technology-factsheet/>;
544. EU-Kommission; Expert Group for Technical Advice on Organic Production; Final Report on fertilisers; 2018; https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2019-01/final-report-egtop-fertilizers-iii_en_0.pdf;
545. Mineral fertiliser consumption remained high in 2020, (2021); eurostat; <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220628-1>;
546. Fachverband Pflanzenkohle; Pflanzenkohle im Entwurf der neuen EU-Düngemittelverordnung; 01.2021; <https://fachverbandpflanzenkohle.org/pflanzenkohle-im-entwurf-der-neuen-eu-duengemittelverordnung/>;
547. Förderverein Terra Preta; (2024); <https://www.fv-terrapreta.de/>;
548. Frank Lorenz; (05. August 2019); Wissen, wie man düngen muss - die Bodenuntersuchung; LUFA; <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/bodenschutz/bodenuntersuchung.htm>;
549. Hartmut Kolbe; Phosphor und Kalium im ökologischen Landbau – aktuelle Probleme, Herausforderungen, Düngungsstrategien; Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern (VLK) und des Bundesarbeitskreises Düngung (BAD) in Würzburg; April 2010; Frankfurt/Main, S. 117-137;
550. Hartmut Kolbe; Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft; „Phosphor und Kalium im ökologischen Landbau – aktuelle Probleme, Herausforderungen, Düngungsstrategien“; 2010; <https://orgprints.org/id/eprint/17276/>;
551. Heinz Flessa, Axel Don, Anna Jacobs, René Dechow, Bärbel Tiemeyer, Christopher Poeplau; Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands; Thünen-Institut für Agrarklimaschutz; 2018; https://www.thuenen.de/media/institute/ak/Allgemein/news/Bodenzustandserhebung_Landwirtschaft_Kurzfasung.pdf;
552. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ; Hydrothermale Carbonisierung HTC; <https://www.ufz.de/index.php?de=37433>;
553. Isabel Teichmann, Claudia Kemfert; Biokohle in der Landwirtschaft als Klimaretter? DIW Roundup; 2014; <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=553.+Isabel+Teichmann%2C+Claudia+Kemfert%3B+Biokohle+in+der+Landwirtschaft+als+Klimaretter>,
554. Jan Ohlert; Hydrothermale Carbonisierung (HTC) von Klär- und Faulschlamm; Dissertation Oldenburg; 2015; <https://d-nb.info/1081767774/34>,
555. Karin Heinrich, Elisabeth Lorenz, Philipp Hagemann, Raymond Kick, Steffen Heinrich; Ökologischer Fußabdruck von Klärschlamm-Karbonisat und von Klärschlamm-Asche im Vergleich; Korrespondenz Abwasser, Abfall; 2020 (67) Nr. 3; <https://infraplan-ingenieure.de/wp-content/uploads/2020/03/Seiten-aus-KA-2020-03.pdf>;
556. Karl Gröschl; Humus: Wenig – aber wichtig!; 2020; www.topagrar.com; https://www.topagrar.com/dl/3/7/8/4/5/2/1/T_064_071_11_20.pdf;
557. Ken Koehler; Activated Carbon: Fundamentals and New Applications; Chemical-Engineering; 2017; <https://de.scribd.com/document/374438144/Article-Chemical-Engineering-July-2017-Activated-Carbon-Fundamentals-and-New-Applications>;
558. Kolbe, Hartmut; Wie ist es um die Bodenfruchtbarkeit im Ökolandbau bestellt: Nährstoffversorgung und Humusstatus? In: Bodenfruchtbarkeit - Grundlage erfolgreicher Landwirtschaft (BAD Tagungsband 2015), Frankfurt/Main, S. 89-123; https://orgprints.org/id/eprint/29539/1/Bodenfruchtbarkeit_%C3%96ko_BAD-VLK15.pdf,
559. Konrad Billwitz Hrsg.; Bodenkundliche und landschaftsgenetische Studien in Mecklenburg-Vorpommern; GREIFSWALD; 2003; <https://www.yumpu.com/de/document/view/7567849/bodenkundliche-und-landschaftsgenetische-studien-in-mecklenburg->;
560. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg LTZ; Merkblatt zur Ermittlung des P-Düngebedarfs (P2O5) für Ackerkulturen (§ 4 DüV); 07.2018; www.ltz-augustenberg.de;

561. Landwirtschaftskammer NRW; (2017); *Handbuch Düngebedarfsermittlung für Stickstoff und Phosphat in NRW; Anlage 1 zu den Vollzugshinweise für die Umsetzung der Düngeverordnung (DüV)*; <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/pdf/dbe-handbuch.pdf>;
562. Lehmann; *Bio-energy in the black*; in *Frontiers in Ecology and the Environment*; 2007; <https://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/FrontiersEcolEnv%205,%20381-387.%202007%20Lehmann.pdf>;
563. LUFA Labor für Agrar- und Umweltanalytik der Landwirtschaftskammer Nordrhein Westfalen; *Merkblatt: Spurenelemente – Düngeempfehlungen für Acker- und Grünland*; 2014; https://www.landwirtschaftskammer.de/lufa/download/fachinfo/boden/spurenelemente_faltblatt.pdf;
564. Markus Kröhnert; *Energiegewinnung aus Biomasse mittels Vergasung und Verwertung der entstehenden Biokohle*; Bachelorarbeit; Hochschule Neubrandenburg; 2010; https://digibib.hs-nb.de/resolve/id/dbhsnb_thesis_0000000318;
565. Martin Körschens; *Dauerhumus – Nährhumus*; Merkblatt des Förderverband Humus; 2017; https://www.researchgate.net/publication/322499269_Dauerhumus_-_Nahrhumus_Wie_viel_ist_notig_und_wie_viel_ist_moglich_Merkblatt_des_wissenschaftlichen_Beirates_der_FVH_e_V;
566. Monika Riedel, WBI Freiburg; Dietmar Rupp, LVWO Weinsberg (Oktober 2018); *Bodenuntersuchung, Gehaltsklassen und Düngeempfehlung im Weinbau*;
567. *Orientierende Messungen zu AOX/TOC*; Blatt 6.01; Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie; www.hlnug.de; https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/fliessgewaesser/gewaesserbelastung/orientierende_messungen/kapitel_6_alle_stoffe.pdf;
568. *Pflanzenkohle – was ist das?*; (2024); German Biochar; <https://german-biochar.org/pflanzenkohle/>;
569. *Pflanzenkohle in der Landwirtschaft*; (2021); Hans-Peter Schmidt, Nikolas Hagemann, Fredy Abächerl, Jens Leifeld, Thomas Bucheli; Agroscope; https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2021/06/112_AS_Leifeld_Pflanzenkohle_Landwirtschaft_d_layout_def_hani.pdf;
570. *Pflanzenkohle in der Landwirtschaft*; (2025); THÜNEN; <https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/agrarklimaschutz/projekte/pflanzenkohle-in-der-landwirtschaft>;
571. *Pflanzenkohle/Biokohle im Ackerbau*; (2024); LfL Bayern; <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/266039/index.php>;
572. *Pflanzenkohle: Klimapositive Energie mit CO₂-Speicherung*; (2020); ENERGIE EXPERTEN; <https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/pflanzenkohle-klimapositive-energie-mit-co2-speicherung.html>;
573. *Pflanzenkohle: teures Wundermittel?* (2020); top agrar; <https://www.topagrar.com/perspektiven/start-up/pflanzenkohle-teures-wundermittel-12108694.html>;
574. *Pyrolyseöfen: Von privater Pflanzenkohle-Herstellung wird abgeraten*; (2023); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/garten-freizeit/pyrolyseofen-zur-herstellung-von-pflanzenkohle#warum-sie-biokohle-nicht-selbst-herstellen-sollten>;
575. Rachel Smolker; *NEGATIVE EMISSION TECHNOLOGIES: CAN THEY DELIVER?*; biofuelwatch; 12.2020; https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/BFW_NETS.pdf;
576. Rachel Smolker; *What have we learned about biochar since 2011 Report was published?* biofuelwatch; 01.2020; <https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/biochar-briefing-2020.pdf>;
577. Rainer Sagawe & Dr.-Ing. Stephan Martini; *Terra Preta*; (2023); Förderverein Terra Preta; [https://www.fv-terrapreta.de/news/1/872467/nachrichten/pr%C3%A4sentationsfolien-zum-vortrag-bei-der-bkk24-\(stand-08-2023\).html](https://www.fv-terrapreta.de/news/1/872467/nachrichten/pr%C3%A4sentationsfolien-zum-vortrag-bei-der-bkk24-(stand-08-2023).html);
578. Rudolf Scholz, Universität Hohenheim; *Vortrag "Probleme der P-Versorgung im Ökologischen Landbau und Lösungsansätze"*; Wintertagung Ökologischer Landbau Baden-Württemberg; 2009;
579. S.Jeffery; F.G.A.Verheijen; M.van der Velde; C.Bastos; *A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis*; in *Agriculture, Ecosystems & Environment*; Volume 144, Issue 1, Pages 175-187; 2011; https://www.researchgate.net/publication/251520008_A_Quantitative_Review_of_the_Effects_of_Biochar_Application_to_Soils_on_Crop_Productivity_Using_Meta-Analysis;
580. Sabine Gruber; *Sachbilanz von Technologien und Verfahrenskombinationen für ausgewählte biogene Abfallfraktionen (Vergärung, Kompostierung, Hydrothermale Carbonisierung und Pyrolyse)*; Diplomarbeit; Universität für Bodenkultur Wien; 2013; https://abstracts.boku.ac.at/search_abstract.php?paID=3&paLIST=0&paSID=11645;

581. Sujith Ravi, Brenton S. Sharratt, Junran Li, Stuart Olshevski, Zhongju Meng, Jianguo Zhang; *Particulate matter emissions from biochar-amended soils as a potential tradeoff to the negative emission potential*; Scientific Reports; 2016; https://www.researchgate.net/publication/309470344_Part particulate_matter_emissions_from_biochar-amended_soils_as_a_potential_tradeoff_to_the_negative_emission_potential;
582. TERRA PRETA GmbH; ENTSTEHUNG VON TERRA PRETA; <https://terra-preta.de>;
583. Thermochemische Behandlung von Klärschlammaschen; in *Verwertung von Klärschlamm*; Neuruppin; 2018;
584. Thomas Huber; *Biokohle: Klimaschutz aus der Pyrolyse*; LWF aktuell 77/2010; <https://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/biomassennutzung/010920/index.php>,
585. Umweltbundesamt UBA; *Begrenzung von Schadstoffeinträgen bei Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft bei Düngung und Abfallverwertung*; 2007; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/begrenzung-von-schadstoffeintraeegen-bei>;
586. Umweltbundesamt UBA; *Broschüre: Chancen und Risiken des Einsatzes von Biokohle und anderer „veränderter“ Biomasse als Bodenhilfsstoffe oder für die C-Sequestrierung in Böden*; 2016; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/chancen-risiken-des-einsatzes-von-biokohle-anderer>;
587. Studie „*Thermische Klärschlammbehandlung in Deutschland sowie Verfahren zur Phosphorrückgewinnung aus Asche*“; (2007); Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW; https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/forschung/wasser/klaeeranlage_abwasser/Abschlussbericht%20Teil%20B_Phosphor.pdf;
588. Umweltbundesamt UBA; *Broschüre: Schonung von Phosphor-Ressourcen aus Sicht einer nachhaltigen Bodennutzung und des Bodenschutzes*; Herausgeber: Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU); position // mai 2015; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schonung-von-phosphor-ressourcen-aus-sicht-einer>;
589. Umweltbundesamt UBA; *Einträge von Nähr- und Schadstoffen in die Oberflächengewässer*; 09.2020; <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/fliessgewaesser/eintraege-von-naehr-schadstoffen-in-die>;
590. VIELE NAMEN – GROSSE UNTERSCHIEDE: BIOKOHLE, PFLANZENKOHLE, HTC-KOHLE; (2024); German Biochar; <https://german-biochar.org/viele-namen-grosse-unterschiede-biokohle-pflanzenkohle-htc-kohle-2/>;
591. WANG, Z., CHEN, D., SONG, X., ZHAO, X. (2012): *Study on the combined sewage sludge pyrolysis and gasification process: mass and energy balance*. Environmental Technology, Vol. 33, Nr. 22, S. 2481-2488; https://www.researchgate.net/publication/235727391_Study_on_the_combined_sewage_sludge_pyrolysis_and_gasification_process_Mass_and_energy_balance;
592. Schweizer VJ, Ebi KL, van Vuuren DP, Jacoby HD, Riahi K, Strefler J, Takahashi K, van Ruijven BJ, Weyant JP. *Integrated Climate-Change Assessment Scenarios and Carbon Dioxide Removal*. One Earth. 2020 Aug 21;3(2):166-172. doi: 10.1016/j.oneear.2020.08.001. PMID: 34173531; PMCID: PMC7441969; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34173531/>;
593. *Weltweite Innovationen bei der Entwicklung von CCS-Technologien und Möglichkeiten der Nutzung und des Recyclings von CO₂*; (2026); Forschungszentrum Jülich; https://user.fz-juelich.de/record/9640/files/EnergieUmwelt_60.pdf;
594. *Einfach rauswaschen*; (09.2021); Scinexx; <https://www.scinexx.de/dossierartikel/einfach-rauswaschen/>;
595. Manuel Madlener; *Carbon Capture durch Gashydratsynthese über die Gasphasenabscheidung*; (2022); Masterarbeit an der FH Voralberg; https://opus.fhv.at/frontdoor/deliver/index/docId/4403/file/Masterarbeit_MMadlener_Carbon_Capture.pdf;
Neue Membrantechnologie für effiziente CO₂-Abscheidung; (Stand 04.2024); CORDIS der EU; <https://cordis.europa.eu/article/id/231865-new-membrane-technology-for-efficient-carbon-capture/de>;
596. *Feststoffe als CO₂-Fänger – Carbon-Capture mit Molekülkäfigen*; (09.2021) Scienexx; <https://www.scinexx.de/dossierartikel/feststoffe-als-co2-faenger/>;
597. *Innovative Membranen zur CO₂-Abtrennung*; (04.20320) NTH Köln; https://www.th-koeln.de/hochschule/pfannkuchen-fuer-biogas_72222.php;
598. *Maximaler Nutzen der CO₂-Aminwäsche für die Umwelt – Projekt: MeDORA*; (Stand 04.2024); RWE; <https://www.rwe.com/forschung-und-entwicklung/rwe-innovationszentrum/co2-nutzung-und-sektorenkopplung/co2-abscheidung/medora/>;
599. *Neues Abscheideverfahren entfernt Kohlendioxid aus Abgasen*; (02.2016); Chemie.de; <https://www.chemie.de/news/156961/neues-abscheideverfahren-entfernt-kohlendioxid-aus-abgasen.html>;

600. Oxyfuel und Calcium-Looping; (09.2021), Scinexx; <https://www.scinexx.de/dossierartikel/oxyfuel-und-calcium-looping/>;
601. Optimierung des Waschmittelverbrauchs und Senkung der Betriebskosten der CO₂-Wäsche – Projekt: LAUNCH; (Stand 04.2024); RWE; <https://www.rwe.com/forschung-und-entwicklung/rwe-innovationszentrum/co2-nutzung-und-sektorenkopplung/co2-abscheidung/launch/>;
602. Müller, F; CO₂-Abscheidung aus industriellen Abgasen – Evaluierung von Adsorbentien für die Anwendung im Festbett; (2020); Diplomarbeit, Technische Universität Wien; <https://doi.org/10.34726/hss.2020.72012>; <https://repositum.tuwien.at/handle/20.500.12708/15641>;
603. CO₂-Abscheidung und -Lagerung bei Kraftwerken; (2007); BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG; im Archiv des Autors im Internet nicht mehr abrufbar;
604. VERFAHREN ZUR CO₂-ABSCHEIDUNG UND -SPEICHERUNG – ZUSAMMENFASSUNG; (2006); UBA; <https://digital.zlb.de/viewer/resolver?urn=urn:nbn:de:kobv:109-opus-10601>;
605. Carbonate Looping; (Stand 04.2024); EnArgus; https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d1976-2/*/*Carbonate%20Looping.html?op=Wiki.getwiki;
606. CO₂-Abscheidung: Energieintensiv und dennoch unverzichtbar?; (05.2023); Prof. Cyril Brunner von der ETH Zürich im Interview mit SWI Swissinfo; <https://www.swissinfo.ch/ger/wirtschaft/co2-abscheidung-energieintensiv-und-dennoch-unverzichtbar/48498460>;
607. Erster Schritt für Eckpunkte: CO₂-Abscheidung; (Stand 04.2024); Zukunft Gas; <https://gas.info/carbon-management/co2-abscheidung/>;
608. Wie effizient ist Direct-Air-Capture?; (Stand 04.2024); Scienexx; <https://www.scinexx.de/news/energie/wie-effizient-ist-direct-air-capture/>
609. Carbon Capture and Storage / Usage (CCS / CCU); (05.2002) Global Energy Solutions; https://global-energy-solutions.org/wp-content/uploads/2022/05/220506_Factsheet-CCUS.pdf;
610. Kosten für CO₂-Abtrennung unter 15 Euro pro Tonne senken; (2014); Chemietechnik.de; <https://www.chemietechnik.de/markt/kosten-fuer-co2-abtrennung-unter-15-euro-pro-tonne-senken.html>;
611. CO₂-Abscheidung und Speicherung: Notwendige und teure Technik; (03.2024) Staatsanzeiger BW; <https://www.staatsanzeiger.de/nachrichten/politik-und-verwaltung/co2-abscheidung-und-speicherung-notwendige-und-teure-technik/>
612. Kartierung der Kosten für CO₂-Abscheidung und Lagerung in Europa; (Stand 02.2023); Clean Air Task Force CATF; <https://www.catf.us/de/2023/02/mapping-cost-carbon-capture-storage-europe/>;
613. STUDIE NENNT KOSTEN VON 16,3 MRD. FRANKEN FÜR SCHWEIZER CCS-INFRASTRUKTUR; (3.10.2023); energate messenger Schweiz; <https://www.energate-messenger.ch/news/236954/studie-nennt-kosten-von-16-3-mrd-franken-fuer-schweizer-ccs-infrastruktur>;
614. Carbon Capture & Storage (CCS) Kostenschätzung für ein CCS-System für die Schweiz bis 2050; (07.2023); BAK Economics AG, Basel, in Zusammenarbeit mit dena Deutsche Energieagentur im Auftrag Bundesamt für Umwelt (BAFU); <https://www.bak-economics.com/studien-analysen/detail/carbon-capture-storage-ccs-kostenschaetzung-fuer-ein-ccs-system-fuer-die-schweiz-bis-2050>;
615. Klimafeind auf Ökokurs – CCS-Verfahren sind noch zu teuer; (20. September 2014); WirtschaftsWoche; <https://www.wiwo.de/technologie/forschung/energie-ccs-verfahren-sind-noch-zu-teuer/10690450-3.html>;
616. Energie für Deutschland Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext; (2021); Weltenergieerat – Deutschland; https://www.weltenergieerat.de/wp-content/uploads/2021/06/WEC_Energie-f%C3%BCr-Deutschland-2021.pdf#page=57;
617. Viebahn, P.; Horst, J.; Scholz, A.; Zelt O. (2018): Technologiebericht 4.4 Verfahren der CO₂-Abtrennung aus Faulgasen und Umgebungsluft. In: Wuppertal Institut, ISI, IZES (Hrsg.): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken; https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7062/file/7062_CO2-Abtrennung.pdf;
618. Wie effizient ist Direct-Air-Capture?; (11.2021); Scienexx; <https://www.scinexx.de/news/energie/wie-effizient-ist-direct-air-capture/>;
619. CO₂ aus der Luft filtern bleibt teurer als erhofft; (03.2024); ETH Zürich; <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2024/03/co2-aus-der-luft-filtern-bleibt-teurer-als-erhofft.html>;
620. Katrin Sievert, Tobias S. Schmidt, Bjarne Steffen; Considering technology characteristics to project future costs of direct air capture; (02.2024); 2024DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2024.02.005>; [https://www.cell.com/joule/abstract/S2542-4351\(24\)00060-6?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2542435124000606%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/joule/abstract/S2542-4351(24)00060-6?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2542435124000606%3Fshowall%3Dtrue);

621. *Water Requirements for Existing and Emerging Thermoelectric Plant Technologies*; (2009); National Energy Technology Laboratory USA; <https://www.circleofblue.org/wp-content/uploads/2010/08/Water-Requirements-for-Existing-and-Emerging-Thermoelectric-Technology.pdf>;
622. *Der westliche Lebensstil wird nicht mehr lange fortbestehen*; (Heft 7/ 2022); SZ Magazin; <https://sz-magazin.sueddeutsche.de/leben-und-gesellschaft/dennis-meadows-interview-grenzen-des-wachstums-91233?reduced=true>;
623. *Abtrennung von CO₂ aus Abgasen durch Absorptionsverfahren*; (Stand 04.2024); IUTA; <https://www.iuta.de/forschung/luftreinhaltung-gasprozesstechnik/absorptive-gasreinigung/co2-absorption/>;
624. A. Berry, J. Kirchner, F. Ohnemüller, N. Weber, E. Erich, H.-J. Brumsack; *ECO₂ - Entwicklung des Kalksteinmehl-CO₂-Waschverfahrens, Praxisoptimierung und ökologische Bewertung*; https://fg-kalkmoertel.de/files/Forschungsbericht_01_2018_18560N_ECO2.pdf;
625. *Eckpunkte der Bundesregierung für eine Carbon Management-Strategie*; (26.02.2024); BMWK; https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/240226-eckpunkte-cms.pdf?__blob=publicationFile&v=6;
626. Johan Rockström et al.; *Safe and just Earthsystemboundaries*; (2023); Nature; <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>; <https://www.nature.com/articles/s41586-023-06083-8>;
627. Breyer et al.; *Proposing a 1.0°C climate target for a safer future*; (2023); https://www.researchgate.net/publication/371530790_Proposing_a_10C_climate_target_for_a_safer_future;
628. Tremmel, J., Steinberger, B., Linow, S., Breyer, C., Gerhards, C., Vollmer, D., Zens, J., Fichter, C., Masurenko, C.; *Negative Emissionen: Eine neue Phase der Klimapolitik zur Reduktion der globalen Erwärmung auf 1 °C über vorindustriellem Niveau*; (2024); *Diskussionsbeiträge der Scientists for Future*, 15, 1–43. doi: 10.5281/zenodo.10828229; https://www.researchgate.net/publication/379515635_Negative_Emissionen_Eine_neue_Phase_der_Klimapolitik_zur_Reduktion_der_globalen_Erwarmung_auf_1_C_uber_vorindustriellem_Niveau;
629. Garlapati C, Joshi S, Turaga RC, Mishra M, Reid MD, Kapoor S, Artinian L, Rehder V, Aneja R. *Monoethanolamine-induced glucose deprivation promotes apoptosis through metabolic rewiring in prostate cancer*. *Theranostics*. 2021 Aug 27;11(18):9089-9106. doi: 10.7150/thno.62724. PMID: 34522228; PMCID: PMC8419048; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8419048/pdf/thnov11p9089.pdf>;
630. *Geologische CO₂-Speicherung - was ist das?*; (2009); CO₂GeoNet; https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Nutzung_tieferer_Untergrund_CO2Speicherung/Downloads/CO2Geonet-broschuere.pdf?__blob=publicationFile&v=2;
631. Frank Schilling; *Geologische CO₂-Speicherung: Sicher unter die Erde*; (Stand 04.2024), KIT-Zentrum Klima und Umwelt, Geowissenschaften; https://www.sts.kit.edu/english/6588_1231.php;
632. *Ocean-Inland-Basalt*; (Stand 04.2024); *Lexikon der Geowissenschaften*, Spektrum.de; <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/ocean-island-basalt/11442>;
633. *Sandstein*; (Stand 04.2024); *Mineralienatlas – Fossilienatlas*; <https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/RockData?lang=de&rock=Sandstein>;
634. *Petrographie des Sandsteins*; (Stand 04.2024); GeoDienst; <https://www.geodienst.de/petrographiedessandsteins.htm>;
635. *Nutzung tieferer Untergrund / CO₂-Speicherung*; (Stand 04.2024); Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR; https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Nutzung_tieferer_Untergrund_CO2Speicherung/nutzung_tieferer_untergrund_co2speicherung_node.html;
636. *CCS – Kohlendioxid in der Tiefe speichern*; (Stand 04.2024)M; DFG; <https://www.spp-climate-engineering.de/index.php/EXKURS-CCS.html>;
637. *CO₂-Abscheidung und Speicherung im Meeresgrund*; (05.2022); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage>;
638. *CO₂-Speicherung*; (Stand 04.2024); LBEG Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen; https://www.lbeg.niedersachsen.de/energie_rohstoffe/co2speicherung/co2-speicherung-935.html;
639. *Geologische Speicherung von Kohlendioxid in Europa: FAQ*; (Stand 12.2022); Clean Air Task Force; <https://www.catf.us/de/2021/12/carbon-dioxide-storage-europe/>
640. *Kohlendioxid verpressen tief unter dem Meer*; (Stand 04.2024); world ocean revue; <https://worldoceanreview.com/de/wor-8/kohlendioxid-verpressen-tief-unter-dem-meer/>;

641. Claudia Thomsen; Geologische CO₂-Speicherung als Brückentechnologie; (2008); in 129. Jahresbericht des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein 2007/08; <https://silo.tips/download/landesamt-fr-natur-und-umwelt-des-landes-schleswig-holstein-jahresbericht-2007-0>;
642. We turn CO₂ into stone; (Stand 04.2024), Carbfix; <https://www.carbfix.com/>;
643. Schweizer Kohlendioxid wird nach Island verschickt; (06.2023); klimareporter; <https://www.klimareporter.de/technik/schweizer-kohlendioxid-wird-nach-island-verschiff>;
644. DemoUpCARMA & DemoUpStorage – die Projekte in Kürze; (Stand 04.2024); ETH Zürich; https://demoupcarma.ethz.ch/export/sites/demoupcarma/galleries/documents/Hintergrundinformationen_DemoUpCARMA_DE_final.pdf_2063069299.pdf;
645. DemoUpCARMA WP3 – Demonstration of CO₂ transport and geological storage (abroad, CCTS); (Stand 04.2024); <https://demoupcarma.ethz.ch/en/activities/demoupcarm-activities/wp3/>;
646. Stefan Wiemer, Alba Zappone, Antonio Pio Rinaldi, Thanushika Gunatilake, Jonas Junker, Anne Obermann, Viola Becattini, Marco Mazzotto and the DemoUpCarma team; Storing Swiss CO₂ in Iceland and Switzerland: insights from DemoUpCarma and beyond; (2024); in Caprock Integrity & Gas Storage Symposium, St-Ursanne, 24–25 January 2024 #203; <https://www.cigss.ch/wp-content/uploads/2024/01/CIGSS2024-extended-abstracts.pdf>;
647. Eleni Stavropoulou, Andrea Moscariello, Alba Zappone, Antoine De Haller, Ovie Emmanuel Eruteya, Claudio Madonna, Luca Guglielmetti, Lyesse Laloui, Marco Mazzotti, Stefan Wiemer; DemoUpStorage: Storing Swiss CO₂ in Basalt; (2022); in Abstract Volume 20th Swiss Geoscience Meeting 18–20 November 2022 Lausanne; https://geoscience-meeting.ch/sgm2022/wp-content/uploads/abstract_books/SGM_2022_Abstract_Volume_s.pdf;
648. CCS aus Schweizer MVA kostet rund 220 Franken pro Tonne; (01.2020); EUWID; <https://www.euwid-recycling.de/news/international/ccs-aus-schweizer-mva-kostet-rund-220-franken/>;
649. Faktenblatt Geologische CO₂-Speicherung Ketzin; (05.2023); GFZ; https://www.gfz-potsdam.de/fileadmin/user_upload/Faktenblatt-CO2-Ketzin.pdf;
650. Hilke Würdemann, Fabian Möller, Michael Kühn, Wolfgang Heidug, Niels Peter Christensen, Günter Borma, Frank R. Schilling band the CO₂SINK Group; CO₂SINK – From Site Characterisation and Risk Assessment to Monitoring and Verification: One Year of Operational Experience with the Field Laboratory for CO₂ Storage at Ketzin, Germany; (2010); https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/rest/items/item_242409_1/component/file_242408/content;
651. Cornelia Schmidt-Hattenberger & Ketzin-Team; CO₂-Speicherung in Deutschland – Erfahrungen vom Pilotstandort Ketzin; (2019); GFZ auf Workshop CO₂-Infrastruktur in NRW; <https://www.vdz-online.de/fileadmin/Forschung/4.pdf>;
652. Pilotstandort Ketzin: Publikationen; (Stand 04.2024); GFZ; <https://www.co2ketzin.de/medien-publikationen/publikationen>;
653. S. Martensa, A. Liebscher, F. Möller, H. Würdemann, F. Schilling, M. Kühn and Ketzin Group; Progress Report on the First European on-shore CO₂ Storage Site at Ketzin (Germany) – Second Year of Injection; (2011); KIT; <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000039403>;
654. Pilotstandort Ketzin: Abscheidung-Transport-Speicherung; (Stand 04.2024), GFZ; <https://www.co2ketzin.de/co2-speicherung/abscheidung-transport-speicherung-ccs>;
655. CO₂-Deponie Ketzin – ein gescheitertes Vorzeigeprojekt?; (03.2023); Stellungnahme von Greenpeace im Landtag Schleswig-Holstein; <https://www.landtag.ltsh.de/infothek/wahl20/umdrucke/01200/umdruck-20-01231.pdf>;
656. Adding practical experience to the EU CCS Directive; (2012); CO₂ReMoVe Project in Newsletter <http://www.co2remove.eu/SciPublicationsData.aspx?IdPublication=82&IdType=417>;
657. Eunseon Jang, Bernd Wiese, Peter Pilz, Sebastian Fischer, Cornelia Schmidt-Hattenberger; Geochemical modeling of CO₂ injection and gypsum precipitation at the Ketzin CO₂ storage site; (2022); GFZ; https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/rest/items/item_5011215_1/component/file_5011254/content;
658. Shaping the future CO₂ transport network for Europe; (2024); European Commission, Joint Research; <https://data.europa.eu/doi/10.2760/582433> ,
659. Unser CO₂-Transportnetz startet; (Stand 04.2024); OGE; <https://oge.net/de/co2/co2-netz>;

660. CO₂-ABSCHIEDUNG UND -LAGERUNG ALS BEITRAG ZUM KLIMASCHUTZ; (2005); Germanwatch; <https://www.germanwatch.org/sites/default/files/publication/7666.pdf>;
661. CCS als Baustein für eine wettbewerbsfähige klimaneutrale Industrie in Deutschland und Europa; (12.2023); Project of Common Interest (PCI) EU2NSEA u. a. mit Equinor, Heidelberg Materials, Lhoist, OGE, Onyx Power, Schwenk Building Materials Group, Uniper, VNG, Wintershall Dea; https://www.vng.de/sites/default/files/2023-12/Impulspapier-zur-deutschen-Carbon-Management-Strategie_PCI_EU2NSEA_0.pdf;
662. Smith, S. M., Geden, O., Nemet, G., Gidden, M., Lamb, W. F., Powis, C., Bellamy, R., Callaghan, M., Cowie, A., Cox, E., Fuss, S., Gasser, T., Grassi, G., Greene, J., Lück, S., Mohan, A., Müller-Hansen, F., Peters, G., Pratama, Y., Repke, T., Riahi, K., Schenuit, F., Steinhauser, J., Strefler, J., Valenzuela, J. M., and Minx, J. C. (2023). The State of Carbon Dioxide Removal – A global, independent scientific assessment of Carbon Dioxide Removal; doi:10.17605/OSF.IO/W3B4Z; <https://orca.cardiff.ac.uk/id/eprint/164199/1/SoCDR-1st-edition-2023-V9.pdf>;
663. Global Gas Report 2022; (2023); Hrsg. International Gas Union IGU et al.; <https://igu.org/resources/global-gas-report-2022/>;
664. Carbon Management – Baustein für eine klimaneutrale Wirtschaft; (2023); Zukunft Gas; <https://gas.info/carbon-management>;
665. A carbon dioxide pipeline burst in Mississippi. Here's what happened next; (2020); Des Moines Register; <https://eu.desmoinesregister.com/story/money/agriculture/2022/09/11/here-minute-details-2020-mississippi-co-2-pipeline-leak-rupture-denbury-gulf-coast/8015510001/>;
666. Sulphur, Louisiana, CO₂ Pipeline Rupture; (04.04.2024); SIERRA CLUB; <https://www.sierraclub.org/iowa/blog/2024/04/co2-pipeline-rupture>;
667. The Gassing Of Satartia; (26.08.2021); Huffpost; https://www.huffpost.com/entry/gassing-satartia-mississippi-co2-pipeline_n_60ddea9fe4b0ddef8b0ddc8f;
668. USA will CO₂-Pipelines bauen, doch deren Sicherheit sorgt für Bedenken; (21.04.2022); Tech & Nature; <https://www.trendingtopics.eu/usa-will-co2-pipelines-bauen-doch-deren-sicherheit-sorgt-fuer-bedenken/>;
669. Proposed European Carbon Dioxide Pipelines & Terminals Would Endanger Tens Of Millions; (09.02.2024); CleanTechnica; <https://cleantechnica.com/2024/02/09/proposed-european-carbon-dioxide-pipelines-terminals-would-endanger-tens-of-millions/>;
670. Exxon/Denbury CO₂ Pipeline Leaks in Louisiana, Triggering Shelter in Place Order; (05.04.2024); Pipeline Fighters Hub; <https://pipelinefighters.org/news/denbury-co2-pipeline-leaks-in-louisiana-triggering-shelter-in-place-order/>;
671. Denbury, Pipeline Company Responsible for 2020 Carbon Dioxide Pipeline Rupture in Satartia, MS Leaks CO₂ Again, This Time in Sulphur, LA; (05.04.2024); The Pipeline Safety Trust; <https://pstrust.org/denbury-pipeline-company-responsible-for-2020-carbon-dioxide-pipeline-rupture-in-satartia-ms-leaks-co2-again-this-time-in-sulphur-la/>;
672. CO 22 PIPELINE SAFETY – INFORMATION, For Living and Working Near Pipelines; Denbury; <https://txgulfcoast.exxonmobilpipeline.com/resources/docs/denbury-rocky.pdf>;
673. CCS (Carbon Capture and Storage): Falsche Weichenstellung verhindern!; (08.2023); BUND; <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/ccs-falsche-weichenstellung-verhindern/>;
674. Gasspeicherung in Sandsteinschichten und Basaltgestein; (Stand 04.2024); world ocean review; <https://worldoceanreview.com/de/wor-8/kohlendioxid-verpressen-tief-unter-dem-meer/gasspeicherung-in-sandsteinschichten-und-basaltgestein/>;
675. Kohlenstoffspeicherung im Meeresboden; (Stand 04.2024); GFZ; <https://www.geomar.de/entdecken/kohlenstoffaufnahme-im-ozean/kohlenstoffspeicherung-im-meeresboden>;
676. Experience in developing CO₂ storage under the Directive on the geological storage of carbon dioxide; (02.2022); Zero Emission Platform ZEP; <https://zeroemissionsplatform.eu/experience-in-developing-co2-storage-under-the-directive-on-the-geological-storage-of-carbon-dioxide/>;
677. 25 Jahre erfolgreiche Offshore CO₂-Speicherung in Norwegen; (Stand 04.2024); equinor; https://cdn.equinor.com/files/h61q9gi9/germany/7a76ce382beff8fad4ff77b5e8e694df24965491.pdf?Equinor_Brosch%C3%BCre_25-Jahre-erfolgreiche-Offshore-CO2-Speicherung.pdf;
678. CO₂-Management; (Stand 04.2024), equinor; <https://www.equinor.de/co2-management>;
679. Carbon Management – Ambitionierter Klimaschutz und Stärkung des Industriestandorts Deutschland; (10.2023); equinor; <https://cdn.equinor.com/files/h61q9gi9/germany/86dee1c339108130618c203823d51d94fa1006d4.pdf?Carbon-Management-Position-Equinor-in-Deutschland.pdf>;

680. *The Dirty Dozen – The Climate Greenwashing of 12 European Oil Companies*, (07.2023); **EnergyComment**; <https://www.energycomment.de/new-report-the-dirty-dozen/>;
681. Klaus Wallmann; *CO₂-Speicherung unter der Nordsee Chancen und Risiken*; (Stand 04.2024); GFZ, <https://www.helmholtz-klima.de/aktuelles/co2-speicherung-unter-der-nordsee-chancen-und-risiken/>;
682. Monastersky R. *Seabed scars raise questions over carbon-storage plan*. *Nature*. 2013 Dec 19;504(7480):339-40. doi: 10.1038/504339a. PMID: 24352270; <https://www.nature.com/articles/504339a.pdf>;
683. Chadwick, Andy; Clochard, Vincent; Delepine, Nicolas; Labat, Karine; Sturton, Susan; Buddensiek, Maïke L.; Dillen, Menno; Nickel, Michael; Lima, Anne Louise; Williams, Gareth; Neele, Filip; Arts, Rob; Rossi, Giuliana. *2010 Quantitative analysis of time-lapse seismic monitoring at the Sleipner CO₂ storage operation*. *The Leading Edge*, 29 (2). 170-177. <https://doi.org/10.1190/1.3304820>; https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/9418/1/Sleipner_TLE_v7_revised.pdf;
684. Andy Chadwick, David Noy, Erik Lindeberg, Rob Arts, Ola Eiken, Gareth Williams; *Calibrating reservoir performance with time-lapse seismic monitoring and flow simulations of the Sleipner CO₂ plume*; https://www.academia.edu/27803124/Calibrating_reservoir_performance_with_time_lapse_seismic_monitoring_and_flow_simulations_of_the_Sleipner_CO_2_plume;
685. *Report on environmental risks associated to CO₂ storage at Sleipner*; ECO₂ project number: 265847; (2015); <https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/29081/>;
686. Bob Harrison; *Sleipner CO₂ leakage shows risk of containment was underestimated - new risking method needed?*; (12.2022); <https://www.linkedin.com/pulse/co2-migration-out-sleipner-storage-structure-suggests-harrison-fej>;
687. *A guide to potential impacts of leakage from CO₂ storage*; (2014); RISCS Consortium 2010–2013; Project no: 240837 *Research into impacts and safety in CO₂ storage (RISCS) der EU*; (2014); <http://www.riscs-co2.eu/FileDownload.aspx?ldFile=710&From=Publications>;
688. Andrew J. Cavanagh, R. Stuart Haszeldine; *The Sleipner storage site: Capillary flow modeling of a layered CO₂ plume requires fractured shale barriers within the Utsira Formation*; <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-greenhouse-gas-control/vol/21/suppl/C>;
689. Andrew Cavanagh, Stuart Haszeldine; *The Sleipner storage site: Capillary flow modeling of a layered CO₂ plume requires fractured shale barriers within the Utsira Formation*; (2014); *International Journal of Greenhouse Gas Control* 21:101–112; DOI: 10.1016/j.ijggc.2013.11.017; https://www.researchgate.net/publication/260028054_The_Sleipner_storage_site_Capillary_flow_modeling_of_a_layered_CO2_plume_requires_fractured_shale_barriers_within_the_Utsira_Formation/figures?lo=1;
690. *Deep Trouble – The Risks of Offshore Carbon Capture and Storage*; (11.2023); Center for International Environmental Law (CIEL); <https://www.ciel.org/reports/deep-trouble-the-risks-of-offshore-carbon-capture-and-storage-november-2023/>;
691. Bruce Robertson, LNG/Gas Analyst, Milad Mousavian, Energy Analyst; *The Carbon Capture Crux – Lessons Learned*; (09.2022); IEEFA; <https://ieefa.org/resources/carbon-capture-crux-lessons-learned/>;
692. Grant Hauber; *Norway's Sleipner and Snøhvit CCS: Industry models or cautionary tales?*; (06.2023); IEEFA; <https://ieefa.org/resources/norways-sleipner-and-snohvit-ccs-industry-models-or-cautionary-tales/>;
693. Michael Kühn; *Chancen und Risiken der CO₂-Speicherung*; (2011); in Jürgen Renn, Robert Schlögl and Hans-Peter Zenner (Hrsg): *Herausforderung Energie; Ausgewählte Vorträge der 126. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte e.V.*; <https://www.mprl-series.mpg.de/proceedings/1/>;
694. *CO₂-Verpressung: Probleme aus der Tiefe*; (2015); Heinrich-Böll-Stiftung; <https://www.boell.de/de/2015/06/02/co2-verpressung-probleme-aus-der-tiefe/>;
695. Little MG, Jackson RB. *Potential impacts of leakage from deep CO₂ geosequestration on overlying freshwater aquifers*. *Environ Sci Technol*. 2010 Dec 1;44(23):9225-32. doi: 10.1021/es102235w. Epub 2010 Oct 26. PMID: 20977267; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20977267/>;
696. *Neue Studie bestätigt umfangreiche Gasleckagen in der Nordsee – Strengere Richtlinien für den Umgang mit alten Bohrlöchern empfohlen*; (07.2020); GEOMAR; <https://www.geomar.de/news/article/neue-studie-bestaetigt-umfangreiche-gasleckagen-in-der-nordsee/>;
697. *Nordsee: Tausende Gaslecks am Meeresgrund*; (07.2020); scinexx; <https://www.scinexx.de/news/geowissen/nordsee-tausende-gaslecks-am-meeresgrund/>;
698. Böttner, C., M. Haeckel, M. Schmidt, C. Berndt, L. Vielstädte, J. A. Kutsch, J. Karsten, T. Weiß (2020): *Greenhouse gas emissions from marine decommissioned hydrocarbon wells: leakage detection, monitoring and mitigation strategies*. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2020.103119>;

699. ERDGAS LAGERSTÄTTE; (Stand 04.2024); Bundesverband Geothermie; <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/e/erdgas-lagerstaette>;
700. Die Kraft nutzen Extrahieren von Schiefergas durch Fracking; (Stand 04.2024); FASTERCapital; <https://fastercapital.com/de/inhalt/Die-Kraft-nutzen--Extrahieren-von-Schiefergas-durch-Fracking.html>;
701. Fracking mit superkritischem Kohlendioxid; (Stand 04.2024); pro-physik; <https://pro-physik.de/nachrichten/fracking-mit-superkritischem-kohlendioxid>;
702. Überkritisches Kohlenstoffdioxid; (stand 04.2024); wikipedia;
703. Erdbeben zwingen zur Abkehr vom Erdgas; (10.12.2018); Deutschlandfunk; <https://www.deutschlandfunk.de/energie-wende-in-den-niederlanden-1-5-erdbeben-zwingen-zur-100.html>;
704. Niederlande stellen Förderung auf Europas größtem Gasfeld wegen Erdbebenrisikos ein; (19.04.2024); SPIEGEL; <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/erdgas-in-den-niederlanden-europas-groesstes-gasfeld-wird-geschlossen-a-764ef01c-93f9-4b90-9227-feb44a15ba0>;
705. M. P. Murugesu, B. Vega, C. M. Ross, T. Kurotori, J. L. Druhan, A. R. Kavscek; Coupled Transport, Reactivity, and Mechanics in Fractured Shale Caprocks; (2024); Department of Energy Science and Engineering, Stanford University in Water Resources Research, 60, e2023WR035482. <https://doi.org/10.1029/2023WR035482>; <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2023WR035482>;
706. A. R. Kavscek, J. M. Nordbotten, M. A. Fernø; Scaling Up FluidFlow Results for Carbon Dioxide Storage in Geological Media; (2022); Transp Porous Med 151, 975–1002 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11242-023-02046-9>; <https://link.springer.com/article/10.1007/s11242-023-02046-9>;
707. R. E. Krupp: Stellungnahme zu CCS; (06.06.2011); Anhörung im Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit des Bundestags; https://webarchiv.bundestag.de/archive/2012/0131/bundestag/ausschuesse17/a16/Oeffentliche_Anhoerungen/44_Sitzung/17_16_265-A.pdf;
708. Matthew Geraci, Syed Jehangeer Ali, Courtney Romolt, Regina Rossmann et al.; The Environmental Risks and Oversight of Enhanced Oil Recovery in the United States; [including CO2 injection and sequestration]; (2017); Clean Water Action and Clean Water Fund USA; <https://www.cleanwateraction.org/sites/default/files/docs/publications/Environmental%20Risks%20and%20Oversight%20of%20Enhanced%20Oil%20Recovery%2011.08.17a.pdf>;
709. Little MG, Jackson RB. Potential impacts of leakage from deep CO2 geosequestration on overlying freshwater aquifers. Environ Sci Technol. 2010 Dec 1;44(23):9225-32. doi: 10.1021/es102235w. Epub 2010 Oct 26. PMID: 20977267; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20977267/>;
710. CCU und CCS – Bausteine für den Klimaschutz in der Industrie; (2018) acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften; <https://www.acatech.de/publikation/ccu-und-ccs-bausteine-fuer-den-klimaschutz-in-der-industrie-analyse-handlungsoptionen-und-empfehlungen/>;
711. FAQ zu CCS und CCU; (02.2024); BMWK; https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/faq-ccs-ccu.pdf?__blob=publicationFile&v=6;
712. CCU-Technologie – Auf dem Weg zur klimaneutralen Industrie; (Stand 04.2024); Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (KEI); <https://www.klimaschutz-industrie.de/themen/technologien-und-querschnittsthemen/ccu-technologie/>;
713. Olfe-Kräutlein, B., Naims, H., Bruhn, T., Lorente Lafuente, A. M. (2016): CO2 als Wertstoff: Herausforderungen und Potenziale für die Gesellschaft. - IASS Study, November 2016. <https://doi.org/10.2312/iass.2016.025>; https://publications.iass-potsdam.de/pubman/faces/ViewItemOverviewPage.jsp?itemId=item_1962394_11;
714. Carbon Capture and Utilization (CCU); (27.09.2021); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/carbon-capture-utilization-ccu#Hintergrund>
715. Wie ökologisch und sozial verträglich sind CCS, BECCS und CCU Technologien?; (12.2021); Öko-Institut im Auftrag des NABU; https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/klimaschutz/221027_studie_ccuccus.pdf;
716. Industrielle CO2-Kreisläufe VDI-Statusreport; (2021); <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/industrielle-co2-kreislaeufe>;
717. Industrietransformation aus einem Guss; (01.2024), DGB, BDI, NABU und WWF; <https://www.dgb.de/transformation/++co++1319590a-aef4-11ee-a555-001a4a160123>;
718. Miranda Böttcher, Felix Schenuit, Oliver Geden; (2023); Carbon Management: Neue Herausforderung in der Klimapolitik; Stiftung Wissenschaft und Politik; <https://www.swp->

[berlin.org/publications/products/fachpublikationen/Schenuit_Boettcher_Geden_Carbon_Management_et_9_2023_S.18-22.pdf](https://www.berlin.org/publications/products/fachpublikationen/Schenuit_Boettcher_Geden_Carbon_Management_et_9_2023_S.18-22.pdf);

719. Rudi H. Karpf; CO₂-Abscheidung als Wertstoff-Rückgewinnung – eine Symbiose für die Umwelt?; (2023), ete.a; https://www.ete-a.de/img/Vortraege/55_CO2_Abscheidung_als_Wertstoff-Rueckgewinnung-eine_Symbiose_fuer_die_Umwelt.pdf;
720. Abfallverbrennung in der Zukunft; (02.2022); Positionspapier der ProcessNet-Fachgruppe der DECHEMA und des VDI; https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/2022+03_Positionspapier_Abfallverbrennung+2022-p-20008505.pdf;
721. CO₂-Entnahmen: Notwendigkeit und Regulierungsoptionen; (11.2021); Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC); https://www.wissenschaftsplattform-klimaschutz.de/files/WPKS_Gutachten_MCC_PIK.pdf;
722. KLIMAPFADE 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft; (10.2021); Boston Consulting Group für den BDI; <https://web-assets.bcg.com/58/57/2042392542079ff8c9ee2cb74278/klimapfade-study-german.pdf>;
723. Dominik Heß, Michael Klumpp, Roland Dittmeyer; Nutzung von CO₂ aus Luft als Rohstoff für synthetische Kraftstoffe und Chemikalien; KIT; https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/29-01-2021-DAC-Studie-Executive_Summary.pdf;
724. Planet Positive Chemicals – Pathways for the chemical industry to enable a sustainable global economy; (09.2022); Center of Global Commons; <https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2022/09/Main-report-v1.20-2.pdf>;
725. THE CHEMICAL INDUSTRY: FROM PLANETARY PROBLEM TO CLIMATE SOLUTION; (Stand 04. 2024); Center of Global Commons; <https://www.systemiq.earth/systems/circular-materials/planet-positive-chemicals/>;
726. C4C Chemistry for Climate – Wie die Transformation der Chemie gelingen kann; (2023); VCI und VDI; <https://www.vci.de/services/publikationen/chemistry4climate-abschlussbericht-2023.jsp>;
727. CO₂ mit Steinen binden? "Das wäre Bergbau so groß wie die Kohleindustrie"; (14.10.2022) Mark Lawrence RIFS des PIK im Interview mit ntv; https://www.n-tv.de/der_tag/CO2-mit-Steinen-binden-Das-waere-Bergbau-so-gross-wie-die-Kohleindustrie-article23649411.html;
728. Quaschnig erklärt: CO₂-Rückholung; (02.2024); klimareporter; <https://www.klimareporter.de/technik/quaschnig-erklaert-co2-rueckholung>;
729. Mai Elsayed, Arman Aghahosseini, Upeksha Caldera, Christian Breyer; Analysing the techno-economic impact of e-fuels and e-chemicals production for exports and carbon dioxide removal on the energy system of sunbelt countries -Case of Egypt; (2023); [10.1016/j.apenergy.2023.121216](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121216); https://www.researchgate.net/publication/370676660_Analysing_the techno-economic_impact_of_e-fuels_and_e-chemicals_production_for_exports_and_carbon_dioxide_removal_on_the_energy_system_of_sunbelt_countries_-_Case_of_Egypt;
730. Ayobami S. Oyewo, Sebastian Sterl, Siavash Khalili, Christian Breyer; Highly renewable energy systems in Africa: Rationale, research, and recommendations; (2023); July 2023 Joule 7(7):1-34; DOI: [10.1016/j.joule.2023.06.004](https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.06.004); https://www.researchgate.net/publication/371990598_Highly_renewable_energy_systems_in_Africa_Rationale_research_and_recommendations;
731. Die Zukunft der Energieversorgung in Afrika; (2016); IASS Potsdam; https://www.rifs-potsdam.de/sites/default/files/files/studie_maerz_2016_die_zukunft_der_afrikanischen_energieversorgung_web.pdf;
732. Financing Clean Energy in Africa; (2023); IEA; <https://www.iea.org/reports/financing-clean-energy-in-africa>;
733. EU bank chief warns against 'Colonialism 2.0' as green transition progresses; Euractiv; <https://www.euractiv.com/section/energy/news/eu-bank-chief-warns-against-colonialism-2-0-as-green-transition-progresses/>;
734. Misereor sieht Compact Africa Gipfel in Berlin kritisch; (21. November 2023); Radio Vatikan; <https://www.vaticannews.va/de/kirche/news/2023-11/misereor-sieht-g20-compact-africa-gipfel-in-berlin-kritisch.html>;
735. Vijaya Ramachandran; Rich Countries' Climate Policies Are Colonialism in Green; (11.2021); director for energy and development at the Breakthrough Institute; <https://foreignpolicy.com/2021/11/03/cop26-climate-colonialism-africa-norway-world-bank-oil-gas/>;

736. IPCC-Sonderbericht über 1,5 °C globale Erwärmung; (2019); IPCC; <https://www.de-ipcc.de/270.php#SR1.5-%C3%9Cbersetzungen>;
737. IPCC Report Reaffirms Carbon Capture and Storage as a Critical Technology for Mitigating Climate Change; (04.2022); GLOBAL CCS INSTITUTE; <https://www.globalccsinstitute.com/news-media/press-room/media-releases/ipcc-report-reaffirms-carbon-capture-and-storage-as-a-critical-technology-for-mitigating-climate-change/>;
738. Simon Eggleston; IPCC Guidance on Developing and Applying CCS ; (2006), UNFCCC; https://unfccc.int/sites/default/files/ccs_inventories_20060516_final.pdf;
739. Climate Change 2022 – Mitigation of Climate Change; (2022); IPCC; <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>;
740. IPCC-Bericht: Sofortige globale Trendwende nötig; (13.05.2022); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/ipcc-bericht-sofortige-globale-trendwende-noetig>;
741. CLIMATE TRANSPARENCY REPORT; (2022); Climate Transparency; <https://www.climate-transparency.org/q20-climate-performance/q20report2022>;
742. Was sagt der jüngste IPCC-Bericht über CO₂-abscheidung?; (04.2022); Clean Air Task Force; <https://www.catf.us/de/2022/04/what-does-latest-ipcc-report-say-about-carbon-capture/>;
743. Vanessa J. Schweizer, Kristie L. Ebi, Detlef P. van Vuuren, Henry D. Jacoby, Keywan Riahi, Jessica Strefler, Kiyoshi Takahashi, Bas J. van Ruijven, John P. Weyant; Integrated Climate-Change Assessment Scenarios and Carbon Dioxide Removal; (2020); One Earth; DOI:<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.08.001>; <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2590-3322%2820%2930364-X>;
744. Morrow, David & Thompson, Michael & Anderson, Angela & Batres, Maya & Buck, Holly & Dooley, Kate & Geden, Oliver & Ghosh, Arunabha & Low, Sean & Njamnshi, Augustine & Noë, John & Ferni, Olú & Tá, O & Talati, Shuchi & Wilcox, Jennifer. (2020). Principles for Thinking about Carbon Dioxide Removal in Just Climate Policy. One Earth. 3. 150-153. 10.1016/j.oneear.2020.07.015; https://www.researchgate.net/publication/343794845_Principles_for_Thinking_about_Carbon_Dioxide_Removal_in_Just_Climate_Policy/citation/download;
745. Jörg Tremmel; Gerechtigkeit und Verantwortung angesichts des Klimawandels; (2023); Vortrag bei der Öffentlichen Anhörung des Deutschen Ethikrates; <https://www.ethikrat.org/fileadmin/PDF-Dateien/Veranstaltungen/anhoerung-2023-02-23-tremmel.pdf>;
746. Ottmar Edenhofer et al.; CCS: CO₂-Sequestrierung: Ein wirksamer Beitrag zum Klimaschutz? (2009); als Vertreter des PIK im IFO Schnelldienst; https://www.ifo.de/DocDL/ifosd_2009_3_1.pdf;
747. Ottmar Edenhofer; Die Zukunft der Klimapolitik in Deutschland, Europa und der Welt; (12.2021); PIK bei vhs wissen live; <https://www.vhs-wissen-live.de/vortrag/klimawandel-und-klimapolitik.html>;
748. Carbon Capture and Storage in the global climate debate; (11.2023); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/ccs_in_the_global_climate_debate_policy_brief_0.pdf;
749. Carbon dioxide removal: Five principles for a science; (09.2023); IDDRI, a think tank to facilitate the transition towards sustainable development; <https://www.iddri.org/en/publications-and-events/blog-post/carbon-dioxide-removal-five-principles-science-based-sustainable>;
750. Marius Sandru, Eugenia M. Sandru, Wade F. Ingram, Jing Deng, Per M. Stenstad, Liyuan Deng, Richard J. Spontak; An integrated materials approach to ultrapermeable and ultraselective CO₂ polymer membranes; (2022); Science 2022 Apr;376(6588):90-94; doi: 10.1126/science.abj9351; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35357934/>
751. Prozess- und Membran-technologie; (Stand 04.2024); BORSIG Membrane Technology; <https://www.borsig.de/borsig-membrane-technology-gmbh>;
752. Carbon Capture: Abgeschiedenes CO₂ bis 2044 hauptsächlich in Ölindustrie im Einsatz; (02.2024); Eve Pope vom Marktforscher IDTechEx in trendingtopics; <https://www.trendingtopics.eu/carbon-capture-abgeschiedenes-co2-bis-2044-haupsaechlich-in-oelindustrie-im-einsatz/>;
753. Kohlendioxid-Entnahme aus der Atmosphäre: Dringend benötigt; (06.2023); CDRmare; https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/58946/7/CDRmare03_handlungsdruck_kompakt_230606V2.pdf;
754. Sonderbericht Nr. 24/2018 – Großkommerzielle Demonstration von CO₂-Abscheidung und -Speicherung und innovativen Technologien für erneuerbare Energien in der EU: Die für die letzten zehn Jahre geplanten Fortschritte wurden nicht erzielt; (23.10.2018); EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF; <https://www.eca.europa.eu/de/publications?did=47082>;

755. Global Voice of Gas; (12.2022); BY THE INTERNATIONAL GAS UNION ISSUE 4 | VOL 02; https://igu.org/wp-content/uploads/2022/12/GVG_Issue_4_Vol_2_Dec_2022.pdf;
756. Shell: Energiewende in Deutschlands größter Raffinerie; (11.20221); VDI Nachrichten; <https://www.vdi-nachrichten.com/technik/energie/shell-energiewende-in-deutschlands-groesster-raffinerie/>;
757. Klimaforscher über Lobbymacht: „Exxon hat hinters Licht geführt“; Interview mit Stefan Rahmsdorf vom PIK; TAZ; <https://taz.de/Klimaforscher-ueber-Lobbymacht!/5916444/>;
758. ExxonMobil für eine kohlenstoffarme Zukunft; (10.2023); ExxonMobil Low Carbon Solutions Präsident Dan Ammann im Interview mit der WirtschaftsWoche (13. Oktober 2023); https://corporate.exxonmobil.de/energie-und-umwelt/low-carbon-solutions/_wiwo-interview_de;
759. We're a global leader in carbon capture and storage; (Stand 04.2024); ExxonMobile; <https://corporate.exxonmobil.com/what-we-do/delivering-industrial-solutions/carbon-capture-and-storage>;
760. Rahmenbedingungen für CCU/S-Projekte in Deutschland und Europa schaffen; (07.2023); Zukunft Gas; <https://gas.info/fileadmin/Public/PDF-Download/positionspapier-carbon-management-zukunft-gas.pdf>;
761. Holy Grail of Carbon Capture Continues to Elude Coal Industry; (2018); IEEFA; <https://ieefa.org/resources/holy-grail-carbon-capture-continues-elude-coal-industry>;
762. Öl- und Gasmultis als "Brandbeschleuniger"; (08.2023); klimareporter; <https://www.klimareporter.de/finanzen-wirtschaft/oel-und-gasmultis-als-brandbeschleuniger>;
763. CCS, CDR, DAC — The Dangerous Lies Behind Those Carbon Management Schemes; (12.2024); CleanTechnica; <https://cleantechnica.com/2023/11/29/ccs-cdr-dac-dangerous-lies-carbon-management-schemes/>;
764. CO2-Capture – aber wie?; (09.2021); scinexx; <https://www.scinexx.de/dossier/co2-capture-aber-wie/>;
765. Direct Air Capture: Big Oil's Latest Smokescreen; (11.2023); CIEL Center for International Environmental Law; https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2023/11/Direct-Air-Capture_Big-Oils-Latest-Smokescreen_November-2023.pdf;
766. Philipp Günther, Felix Ekardt; Human Rights and Large-Scale Carbon Dioxide Removal: Potential Limits to BECCS and DACCS Deployment; (2022); <https://www.mdpi.com/2073-445X/11/12/2153>;
767. CO2-Speicherung darf Ausstieg aus fossilen Energien nicht behindern; (09.2023); UBA; <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/co2-speicherung-darf-ausstieg-aus-fossilen-energien>;
768. Natürliche CO2-Reduktion schneller umsetzbar und weniger risikoreich als Hightech-Ansätze; (07.11.2022); Helmholtz-Klima-Initiative; https://www.helmholtz-klima.de/sites/default/files/medien/dokumente/221107_pm_cdr_englisch.pdf;
769. BUND gegen Kohlendioxid-Deponien im Meer oder an Land – Ampel darf auch klimaschädlichen Plänen der Industrie für landesweite CO2-Pipelines und Exportinfrastruktur nicht nachgeben; (12.2022), BUND; <https://www.bund.net/service/presse/pressemitteilungen/detail/news/bund-gegen-kohlendioxid-deponien-im-meer-oder-an-land-ampel-darf-auch-klimaschaedlichen-plaenen-der-industrie-fuer-landesweite-co2-pipelines-und-exportinfrastruktur-nicht-nachgeben/>;
770. CCS: Breites Umweltbündnis warnt vor gefährlichem Irrweg; (30.01,2024); Greenpeace; <https://www.greenpeace.de/publikationen/ccs-breites-umweltbuendnis-warnt-gefaehrlichem-irrweg>;
771. Keine CO2-Abscheidung für fossile Kraftwerke; (26.02.2024); NABU; <https://www.nabu.de/presse/pressemitteilungen/http/index.php?popup=true&show=40132&db=preseservice> ;
772. NABU lehnt eine CO2-Speicherung in Niedersachsen strikt ab; (27.02.2024); NABU NDS; <https://niedersachsen.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/energie/34631.html>,
773. Industrie und Umweltverbände finden Position zu CCS/CCU; (15.01.2024); energate messenger; <https://www.energate-messenger.de/news/240111/industrie-und-umweltverbaende-finden-position-zu-ccs-ccu>;
774. EU Carbon Management-Strategie: Deutsche Umwelthilfe warnt vor „Carbon Capture and Storage“ als Scheinlösung für Klimakrise; (02.02.2024); DUH; <https://www.duh.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/eu-carbon-management-strategie-deutsche-umwelthilfe-warnt-vor-carbon-capture-and-storage-als-sche/>;
775. Stellungnahme zum Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Kohlendioxid-Speicherungsgesetzes (KSpG) sowie zum Entwurf von Eckpunkten der Bundesregierung für eine Carbon Management-Strategie (CMS); (21. März 2024); DUH;

https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Energiewende/Gas/240321_DUH_Stellungnahme_CMS_und_KSpG_final.pdf;

776. CCS als Innovationsdämpfer und falsche Weichenstellung; (30.01.2024) BUND Sachsen-Anhalt; <https://www.bund-sachsen-anhalt.com/service/presse/detail/news/ccs-als-innovationsdaempfer-und-falsche-weichenstellung/>;
777. BBU lehnt CCS-Pläne von Minister Habeck ab – Carbon Management Strategie muss gestoppt werden; (26.02.2024), BBU; <https://www.energiezukunft.eu/meinung/die-meinung/carbon-management-strategie-muss-gestoppt-werden/>;
778. Plattformchemikalien aus CO₂: Defekte erwünscht; (03.2024); chemie.de; <https://www.chemie.de/news/1182906/koennen-wir-die-verbrennung-von-erdoel-erdgas-und-kohle-einfach-rueckgaengig-machen.html>;
779. Durchbruch für Alternative zu Erdöl & Palmöl; (02.2024); chemie.de; <https://www.chemie.de/news/1182616/durchbruch-fuer-alternative-zu-erdoel-palmoel.html>;
780. Wolfgang Georg Winkler; Bedarfsdeckung mit einer integrierten CO₂ emissionsfreien Kohlenstoffkreislaufwirtschaft; (2023); DOI:[10.13140/RG.2.2.14548.78720](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14548.78720); https://www.researchgate.net/publication/373041499_Bedarfsdeckung_mit_einer_integrierten_CO2_emissionfreien_Kohlenstoffkreislaufwirtschaft-100823;
781. Aus CO₂ wird Methanol; (06.2022); chemie.de; <https://www.chemie.de/news/1176704/neue-technik-fuer-den-klimaschutz-aus-co-wird-methanol.html>;
782. Gabrielli, Paolo; Gazzani, Matteo; Mazzotti, Marco; The Role of Carbon Capture and Utilization, Carbon Capture and Storage, and Biomass to Enable a Net-Zero-CO₂ Emissions Chemical Industry; (2020); <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/412166>;
783. Francesco Pomponi, Jim Hart, Jay H. Arehart, Bernardino D'Amico; Buildings as a Global Carbon Sink? A Reality Check on Feasibility Limits; (2020); DOI:<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.018>; [https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322\(20\)30362-6?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2590332220303626%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322(20)30362-6?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2590332220303626%3Fshowall%3Dtrue);
784. Die „Büschel-Wand“ – Nachhaltig bauen mit -Recyclingbeton; (2022); BFT; <https://www.bft-international.com/de/artikel/die-buescher-wand-nachhaltig-bauen-mit-recyclingbeton-3897795.html>;
785. Spatenstich für das CO₂-neutrale Zementwerk: Holcim Deutschland baut die klimafreundliche Zukunft; (04.2024); HOLCIM; <https://www.holcim.de/spatenstich-fuer-das-co2-neutrale-zementwerk>;
786. Gesamtheitliche CO₂-Bilanzierung der Betonbauweise unter besonderer Berücksichtigung der (Nach-)Nutzungsphase; (10.2022); LPI; https://www.bauindustrie-nord.de/fileadmin/bauindustrie-nord.de/Dateien/Stiftung/20221010_Gesamtheitliche_CO2-Bilanzierung_der_Betonbauweise.pdf;
787. Künstlicher Auftrieb: Die Idee von der Begrünung des Ozeans; (Stand 04.2024); world ocean review; <https://worldoceanreview.com/de/wor-8/kuenstlicher-auftrieb-die-idee-von-der-begruenung-des-ozeans/M>
788. Klimaretter Ozean? Wie das Meer (noch) mehr Kohlendioxid aufnehmen soll; (Stand 04.2024), GEOMAR; <https://www.geomar.de/news/article/klimaretter-ozean-wie-das-meer-noch-mehr-kohlendioxid-aufnehmen-soll>;
789. Künstlicher Auftrieb im Meer; (Stand 04.2024); GEOMAR; <https://www.spp-climate-engineering.de/index.php/Kuenstlicher-Auftrieb-im-Meer.html>;
790. Die Rolle des Ozeans im Kohlenstoffkreislauf der Erde; (Stand 04.2024); world ocean review; <https://worldoceanreview.com/de/wor-8/die-rolle-des-ozeans-im-kohlenstoffkreislauf-der-erde/>;
791. Climate Engineering und unsere Klimaziele – eine überfällige Debatte; (01.2019); DFG; https://www.spp-climate-engineering.de/files/ce-projekt/media/download_PDFs/climateengineering_spp1689_brosch.pdf;
792. Verstärkte Kohlenstoff-Speicherung durch die Ausweitung der Wiesen und Wälder des Meeres; (Stand 04.2024); GEOMAR; https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/56987/1/CDRmare_Kuestenoekosysteme_kompakt_220902.pdf;
793. Burns, Wil & Corbett, Charles. (2020). Antacids for the Sea? Artificial Ocean Alkalinization and Climate Change. *One Earth*. 3. 154-156. 10.1016/j.oneear.2020.07.016; https://www.researchgate.net/publication/343804049_Antacids_for_the_Sea_Artificial_Ocean_Alkalinization_and_Climate_Change;
794. Catherine E. Lovelock, Ruth Reef; Variable Impacts of Climate Change on Blue Carbon; (2020); DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.010>; [https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322\(20\)30354-](https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322(20)30354-)

[7?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2590332220303547%3Fshowall%3Dtrue,](https://www.researchgate.net/publication/377894510)

795. CO₂-intensive Zementherstellung; (Stand 04.2024); Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (KEI); <https://www.klimaschutz-industrie.de/themen/branchen/zementindustrie/>;
796. SEQUESTRIERUNG VON CO₂; (Stand 04.2024); Bundesverband Geothermie; <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/s/sequestrierung-von-co2/>;
797. Assessment of bio-CCS in 2 °C compatible scenarios; (09.2019); UBA; [https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/assessment-of-bio-ccs-in-2degc-compatible-scenarios/](https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/assessment-of-bio-ccs-in-2degc-compatible-scenarios;);
798. CO₂-Speichersaldo – CO₂-Emissionen der Holznutzung sichtbar machen; (2022); Öko-Institut; <https://co2-speichersaldo.de/de/>;
799. CO₂-Entnahme auf Klimaplantagen: Nur ein Bruchteil des Machbaren wäre auch nachhaltig; (02.2024); Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC); <https://www.mcc-berlin.net/news/meldungen/meldungen-detail/article/co2-entnahme-auf-klimaplantagen-nur-ein-bruchteil-des-machbaren-waere-auch-nachhaltig.html>;
800. Alexandra Deprez, Paul Leadley, Kate Dooley, Phil Williamson, Wolfgang Cramer, Jean-Pierre Gattuso, Aleksandar Rankovic, Eliot L. Carlson Felix Creutzig; Sustainability limits needed for CO₂ removal; (2024); Science 1 Feb 2024 Vol 383, Issue 6682 pp. 484-486 DOI: 10.1126/science.adj6171; https://www.researchgate.net/publication/377894510_Sustainability_limits_needed_for_CO2_removal;
801. BioCat Methane; (Stand 04.2024); Electrochaea; <https://www.electrochaea.com/technology/>;
802. Yi Yang, Sarah E. Hobbie, Rebecca R. Hernandez, Joseph Fargione, Steven M. Grodsky, David Tilman, Yong-Guan Zhu, Yu Luo, Timothy M. Smith, Jacob M. Jungers, Ming Yang, Wei-Qiang Chen; Restoring Abandoned Farmland to Mitigate Climate Change on a Full Earth; (2020); DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.019>; [https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322\(20\)30363-8?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2590332220303638%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322(20)30363-8?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2590332220303638%3Fshowall%3Dtrue);
803. Alexandra Deprez, Lola Vallejo, Aleksandar Rankovic; Towards a climate change ambition that (better) integrates biodiversity and land use; (2019); IDDRI; <https://www.iddri.org/en/publications-and-events/study/towards-climate-change-ambition-better-integrates-biodiversity-and>;
804. Hanssen, Steef & Daoglou, Vassilis & Steinmann, Z. & Doelman, Jonathan & Vuuren, D. & Huijbregts, Mark. (2020). The climate change mitigation potential of bioenergy with carbon capture and storage. Nature Climate Change. 10. 1-7. 10.1038/s41558-020-0885-y; https://www.researchgate.net/publication/343838773_The_climate_change_mitigation_potential_of_bioenergy_with_carbon_capture_and_storage;
805. Trees as Nature-Based Solutions: A Global South Perspective. One Earth. 2020 Aug 21;3(2):140-144. doi: 10.1016/j.oneear.2020.07.008. Epub 2020 Aug 6. PMID: 34173530; PMCID: PMC7409977; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34173530/>;
806. Warum Wasserstoff aus Bioenergie die Klimakrise befeuert;; (2022); biofuelwatch; <https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/Wassstoff-DE.pdf>;
807. CO₂-Abscheidung aus Abgas – billige und energieeffiziente Kohlendioxid-Abscheidetechnik; (03.2026); WIP; <https://wip-kunststoffe.de/co2-abscheidung-aus-abgas/>;
808. CO₂-Abscheidung; (Stand 04.2024); RWE; <https://www.rwe.com/forschung-und-entwicklung/rwe-innovationszentrum/co2-nutzung-und-sektorenkopplung/co2-abscheidung/>;
809. Monoethanolamine – FACT SHEET; (09.2015); TEXAS COMMISSION ON ENVIRONMENTAL QUALITY; <https://www.tceq.texas.gov/downloads/toxicology/dsd/fact-sheets/monoethanolamine.pdf>;
810. Rosa, Lorenzo & Sanchez, Luiggi & Realmonte, Giulia & Baldocchi, Dennis & D'Odorico, Paolo. (2020). The water footprint of carbon capture and storage technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 138. 110511. 10.1016/j.rser.2020.110511; https://www.researchgate.net/publication/346480783_The_water_footprint_of_carbon_capture_and_storage_technologies/citation/download;
811. Guido Magneschi ; How does carbon capture affect water consumption?; (2015); Global CCS Institute; <https://www.globalccsinstitute.com/news-media/insights/how-does-carbon-capture-affect-water-consumption/>;
812. CO₂-Unfall in Mönchengladbach – Unterschätzte Gas-Gefahren; (19.08.2008); TAZ; <https://taz.de/CO2-Unfall-in-Moenchengladbach/!5177170/>;
813. Hamza Hamouchene; Die Energiewende in Nordafrika; (06.2023); Rosa-Luxemburg-Stiftung; <https://www.rosalux.de/news/id/50586>;

814. Neue Infrastruktur nötig – 4800 Kilometer CO₂-Pipelines; (18.03.2024); Handelsblatt; <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/klimaneutralitaet-neue-infrastruktur-noetig-4800-kilometer-co2-pipelines/100020653.html>;
815. Maya Almaraz, Nina L. Bingham, Iris O. Holzer, Emily K. Geoghegan, Heath Goertzen, Jaeeun Sohng, Benjamin Z. Houlton; Methods for determining the CO₂ removal capacity of enhanced weathering in agronomic settings; *frontiers*; <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fclim.2022.970429/full>;
816. Runway to net zero: Climeworks partners with SWISS and Lufthansa Group; (07.03.2024); *climeworks*; <https://climeworks.com/press-release/swiss-and-lufthansa-group-first-airline-customers>;
817. Department of Energy analysis says coal carbon capture project would emit more greenhouse gases than it stores; (09.2023); Energy and Policy Institute USA; <https://energyandpolicy.org/department-of-energy-analysis-says-coal-carbon-capture-project-would-emit-more-greenhouse-gases-than-it-stores/>;
818. Christian Leßmann, Arne Steinkrau; Carbon Capture and Storage – was kostet die Emissionsvermeidung? (10.02.2016); ifo Institut; <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2016-05-lessmann-steinkruas-kzk-ccs-2016-03-10.pdf>;
819. He, Gang, Jiang Lin, Ying Zhang, Wenhua Zhang, Guilherme Larangeira, Chao Zhang, Wei Peng, Manzhi Liu, Fuqiang Yang; Enabling a Rapid and Just Transition away from Coal in China; (2020); DOI: 10.1016/j.oneear.2020.07.012; <https://emp.lbl.gov/publications/enabling-rapid-and-just-transition>,
820. Der Klimawandel - Einblicke, Rückblicke und Ausblicke; (2007); W. Endlicher und F.-W. Gerstengarbe (Hrsg.) PIK; https://www.pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/buecher_broschueren/der-klimawandel-einblicke-rueckblicke-und-ausblicke;
821. Climate Engineering und unsere Klimaziele – eine überfällige Debatte; (2019); DFG; https://www.deutschesklimaportal.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/Andere/2019/DFG_Climate_Engineering_Broschuere_190523.html;
822. CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze; (2020); Wuppertal Institut; <https://wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/924>;
823. Direct Air Carbon Capture and Storage – Policy Brief; (10.2023), Fraunhofer ISI; https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/policy-briefs/policy_brief_air_carbon_capture_DE.pdf;
824. Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich; (10.2021); Kopernikus-Projekt Ariadne des Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK); <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-2045-szenarienreport/>;
825. Langfriststrategie Negativemissionen zum Umgang mit unvermeidbaren Restemissionen (LNe) Eckpunktepapier; (02.2024), BMWK; <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/240226-eckpunkte-negativemissionen.html>;
826. Antrag der Fraktion der CDU/CSU: Offensive für CO₂-Speicherung und -Nutzung einleiten; (28.03.2023); Drucksache 20/6178 20. Wahlperiode Deutscher Bundestag; <https://dserver.bundestag.de/btd/20/061/2006178.pdf>;
827. CO₂-Capture – aber wie?; (17. September 2021); *scinexx*; <https://www.scinexx.de/dossier/co2-capture-aber-wie/>;
828. Jörg Tremmel; Generationengerechtigkeit und Nachhaltigkeit; (2023); https://www.researchgate.net/publication/368810404_Generationengerechtigkeit_und_Nachhaltigkeit;
829. So kommt Treibhausgas raus aus der Atmosphäre; (Stand 04.2024); Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC); <https://www.mcc-berlin.net/forschung/kurz dossiers/co2-entnahme.html>;
830. Andreas Hanel B, Sebastian Fendt; Hartmut Spliethoff; Kampf der Studien - Ein Update; (2022); DOI:10.13140/RG.2.2.26608.12803; https://www.researchgate.net/publication/362455925_Kampf_der_Studien_-_Ein_Update;
831. Jacob, D., Teutsch, G., Koch, R. (eds., 2023); Helmholtz Climate Initiative: Final report 2022; Helmholtz-Klima-Initiative (HI-CAM), Berlin, 235 pp. 10.57699/MDTD-NR07; https://www.ufz.de/index.php?de=20939&pub_id=23775;
832. Guest post: Heavy use of CO₂ removal would trigger high sustainability risks; Many pathways to staying below 1.5°C delay deep cuts in carbon dioxide (CO₂) emissions and rely instead on huge amounts of CO₂ removal (CDR) later this century; *CarbonBrief*; <https://www.carbonbrief.org/guest-post-heavy-use-of-co2-removal-would-trigger-high-sustainability-risks/>;
833. Direct Air Capture (DAC); (01.2021); *Geoengineering Monitor*; https://www.boell.de/sites/default/files/2021-01/GM_DAC_de.pdf

834. Erlach, Berit/Fuss, Sabine/ Geden, Oliver/ Glotzbach, Ulrich/ Henning, Hans-Martin/ Pittel, Karen/Renn, Jürgen/Rens, Simona/Sauer, Dirk Uwe/Schmidt, Christoph M./ Spiecker, Indra/ Stemmler, Christoph/ Stephanos, Cyril/Strefler, Jessica: „Was sind negative Emissionen, und warum brauchen wir sie? (Kurz erklärt!)“, Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS); 2022, https://doi.org/10.48669/ESYS_2022-2; https://www.leopoldina.org/fileadmin/redaktion/Publikationen/Nationale_Empfehlungen/2022_ESYS_KurzErk%C3%A4rt_Neg.Emissionen.pdf,
835. Erneuerbare Energien – Praxisleitfaden; (2022); Verband Beratender Ingenieure VBI; https://www.vbi.de/wp-content/uploads/2022/06/VBI_EE_0622.pdf;
836. Net Zero Roadmap – A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach; (2023 Update); IEA; <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach>;
837. LANGFRISTSZENARIOEN FÜR DIE TRANSFORMATION DES ENERGIESYSTEMS IN DEUTSCHLAND; (2017); Fraunhofer ISI u. a.; https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/B/berichtsmodul-3-referenzszenario-und-basissszenario.pdf?__blob=publicationFile&v=1;
838. Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3 – Kurzbericht: 3 Hauptszenarien; (06.2021); Fraunhofer ISI u. a.; https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2021/LFS_Kurzbericht.pdf;
839. Langfristszenarien 3 – Neue Inhalte T45 Szenarien (treibhausgasneutral bis 2045): (Stand 04.2024); Fraunhofer ISI u. a.; <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/>;
840. Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3 – Modul Industrie; (12.2021); Fraunhofer ISI u. a.; https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2021/FT_Modul_TN_Hauptszenarien_Industrie.pdf;
841. Dr Niall McGlashan, Dr Mark Workman, Ben Caldecott and Professor Nilay Shah; Negative emissions technologies, Grantham Briefing Paper 8; Grantham Institute – Climate Change and the Environment; (2012); <https://www.imperial.ac.uk/grantham/publications/briefing-papers/negative-emissions-technologies---grantham-briefing-paper-8.php>;
842. Fajardy, Mathilde & Dowell, Niall. (2020). Recognizing the Value of Collaboration in Delivering Carbon Dioxide Removal. *One Earth*. 3. 214-225. 10.1016/j.oneear.2020.07.014; https://www.researchgate.net/publication/343804106_Recognizing_the_Value_of_Collaboration_in_Delivering_Carbon_Dioxide_Removal;
843. Öffentliche Finanzbedarfe für Klimainvestitionen im Zeitraum 2021-2030; (09.2021); AGORA; <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/oeffentliche-finanzbedarfe-fuer-klimainvestitionen-im-zeitraum-2021-2030>;
844. Technologieoffen in die Zukunft – Ein Technologiefreiheitsprinzip gesetzlich verankern; (Stand 04.2024); FDP; <https://www.fdp.de/seite/technologieoffen-die-zukunft-ein-technologiefreiheitsprinzip-gesetzlich-verankern>;
845. Smith, S. M., Geden, O., Nemet, G., Gidden, M., Lamb, W. F., Powis, C., Bellamy, R., Callaghan, M., Cowie, A., Cox, E., Fuss, S., Gasser, T., Grassi, G., Greene, J., Lück, S., Mohan, A., Müller-Hansen, F., Peters, G., Pratama, Y., Repke, T., Riahi, K., Schenuit, F., Steinhauser, J., Strefler, J., Valenzuela, J. M., and Minx, J. C. (2023); *The State of Carbon Dioxide Removal -1st Edition*. doi:10.17605/OSF.IO/W3B4Z; <https://static1.squarespace.com/static/633458017a1ae214f3772c76/t/63e3d4d4f8731c5a13e5aaa4/1675875543418/SoCDR-Exec-Summary-1st+edition.pdf>;
846. CO₂-Abscheidung und Speicherung (CCS): (Stand 04.2024); Dezentrale Energieumwandlung, Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik der Universität; <https://www.ifk.uni-stuttgart.de/>;
847. Moving toward Net-Zero Emissions Requires New Alliances for Carbon Dioxide Removal
848. Sabine Fuss, Josep G. Canadell, Philippe Ciais, Robert B. Jackson, Chris D. Jones, Anders Lyngfelt, Glen P. Peters, Detlef P. Van Vuuren; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.08.002>; [https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322\(20\)30365-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2590332220303651%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322(20)30365-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2590332220303651%3Fshowall%3Dtrue);
849. CO₂-Partnerschaften; (Stand 04.2024); Open Grid Europe GmbH (OGE); <https://oge.net/de/co2/partner>;