

CCS, CCU und CO₂-Rückholung: Risiko, Werkzeug oder Lösung?

Ein kritischer Prüf- und Orientierungsrahmen für Klimaschutz, Abscheidung, Nutzung und Rückholung von CO₂

Autorenteam

Dr. Christfried Lenz

Sprecher der Bürgerinitiative "Saubere Umwelt & Energie Altmark"; Verhinderung der in der Region Altmark (Sachsen-Anhalt) geplanten CO₂-Verpressung mit der Vorgänger-BI "Kein CO₂-Endlager Altmark"; zuvor Organist, Musikwissenschaftler, Rundfunkautor; Kraftfahrer und Personalratsvorsitzender am Stadtreinigungsamt Mannheim; Buchautor "Kein Pech Arbeiter zu sein – Lehrjahre bei der Müllabfuhr"; später 100%ige Selbstversorgung mit erneuerbarem Strom und Wärme, Fachautor für Fragen der Energiewende; Bürgerpreis des Altmarkkreises Salzwedel 2026 "fürs Lebenswerk"

Rainer Doemen

Diplom-Finanzwirt; Autor für (Steuer-)Recht i.V.m. Solar- und Windenergie; Vorstandsmitglied des Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V.; stv. Aufsichtsratsvorsitzender der Prokon eG; Mitglied im Aufsichtsrat der Windauf eG; Royal Ambassador for Green- Economy- Development; KING'S AWARD 2025, Green Economy.

Grete Thinggaard-ter Meulen

Dipl.-Ing. agr.; Mediatorin; engagiert in Bürgerenergie und nachhaltiger Entwicklung.

Klaus Karpstein

Vorsitzender des Solarverein Goldene Meile e.V.; Träger der Verdienstmedaille des Landes Rheinland-Pfalz sowie des Deutschen Solarpreises.

Jürgen Eiselt

Energierreferent für energetische Sanierung und Effektivitätssteigerung im Immobilienbestand; Fachberater für regenerative Energie-, Photovoltaik-, Solarthermie- und Kleinwindkraftanlagen; Fachbuchautor.

Inhalt

CCS, CCU und CO ₂ -Rückholung: Risiko, Werkzeug oder Lösung?	1
Autorenteam	1
Leitgedanke des gesamten Papiers	2
Worum es jetzt geht	2
Drei Begriffe – drei unterschiedliche Wirkungsbehauptungen	3
Maßstab ist der zusätzliche Netto-Klimanutzen – nicht die Capture-Menge	5
„Unvermeidbar“ muss im Einzelfall nachgewiesen werden	5
Geologische Einlagerung: „dauerhaft“ ist ein Ziel, kein selbsttätiger Sicherheitsnachweis	6
Die Erfahrungen von Sleipner und Snøhvit verlangen eine nüchterne Bewertung	7
Leitungen, Gesundheitsschutz und langfristige Verantwortung	7
Offshore-Schäden: kein rechtsfreier Raum – aber unterschiedliche Rechtswege	8
Politische und rechtliche Verantwortung: Die gesetzliche Priorisierung ersetzt keine wissenschaftliche Prüfung	9
Mindestanforderungen vor jeder politischen Entscheidung	10

Naturbasierte Kohlenstoffbindung: verfügbare Maßnahmen jetzt wirksam umsetzen.....	11
Moore, Wälder, Agroforst und Böden	11
Biomasse und Pflanzenkohle	12
Schlussfolgerung.....	12
Empfehlungen: Risikoarme und naturverträgliche Maßnahmen jetzt priorisieren.....	12
Ausblick: ein ausgewogenes und überprüfbares CO ₂ -Entnahmeprogramm.....	13
Erwartungen an Politik und Verwaltung: Rechtsrahmen für die Energiewende wirksam gestalten ...	14
Quellen und weiterführende Grundlagen.....	15

Leitgedanke des gesamten Papiers

So viel Emissionsvermeidung wie möglich. CCS, CCU und CO₂-Rückholung dürfen nur dort als Klimaschutz gelten, wo ihr zusätzlicher Netto-Klimanutzen, ihr Ressourcenbedarf, ihre Risiken und ihre langfristigen Folgen nachvollziehbar belegt sind.

Wo dieser Nachweis fehlt, darf politisches Tempo ihn nicht ersetzen.

Besonders zu prüfen: Gefahren durch CO₂-Hochdruckleitungen; Druck- und Fluidbewegungen mit möglichen Migrations- und Leckagepfaden in geologischen Formationen; sowie Haftungs- und Rechtsschutzfragen bei Offshore- und grenzüberschreitenden Schäden.

Worum es jetzt geht

Die Debatte über CCS, CCU und CO₂-Rückholung ist keine abstrakte Technikdiskussion mehr. In Deutschland werden rechtliche und infrastrukturelle Voraussetzungen geschaffen, während grundlegende Fragen nach tatsächlicher Klimawirkung, Langzeitsicherheit, Kosten und gesellschaftlicher Verantwortung umstritten bleiben. Das Kohlendioxid-Speicherung-und-Transport-Gesetz (KSpTG) stellt den Bau und Betrieb von CO₂-Leitungen sowie von Kohlendioxidspeichern unter bestimmten Voraussetzungen in das „überragende öffentliche Interesse“.¹ Das Gesetz erfasst zudem den Transport von aus der Atmosphäre entnommenem CO₂ zu einer geologischen Formation, die im Gesetz als Speicher bezeichnet wird [A].

Auch **Nordrhein-Westfalen** verfolgt die Planung einer CO₂-Transportinfrastruktur. Die Carbon-Management-Strategie des Landes sieht vor, die Infrastrukturplanung voranzutreiben und Optionen für Abscheidung, Nutzung und Speicherung zügig zu prüfen. Auf Bundesebene soll der Entwurf der Kohlendioxidleitungsverordnung vom 18. August 2026 Sicherheitsanforderungen für CO₂-Leitungen vereinheitlichen und orientiert sich dafür weitgehend an der bestehenden Regelung für Gashochdruckleitungen [B, C].

¹ Auf dieser Seite verwendete Abkürzungen: KSpTG = Kohlendioxid-Speicherung-und-Transport-Gesetz.

Damit droht ein politischer und wirtschaftlicher Pfad vorgeprägt zu werden, bevor zentrale wissenschaftliche Einwände öffentlich erkennbar gleichgewichtig geprüft sind. Die Autoren dieses Papiers wenden sich nicht gegen eine ergebnisoffene Prüfung. Sie wenden sich dagegen, dass ein gesetzlich formulierter Zweck – Klimaschutz durch dauerhafte Speicherung – als bereits erwiesene Klimawirkung verstanden oder im Verwaltungsvollzug so behandelt wird.

Die Exekutive – Bundesregierung und Landesregierungen – legt Gesetze aus, setzt sie durch Rechtsverordnungen und Verwaltungspraxis um und gestaltet damit die tatsächlichen Voraussetzungen für Projekte. Gerade bei Entscheidungen mit langfristigen Folgen für Klima, Umwelt, Sicherheit und öffentliche Haushalte muss sie die gesamtgesellschaftlichen Auswirkungen umfassend berücksichtigen. Nach Einschätzung der Autoren dieses Papiers werden in den öffentlich zugänglichen Begründungen zur Infrastrukturentwicklung kritische wissenschaftliche Befunde zu Druck- und Fluidbewegungen, unerwarteten Migrationswegen sowie Langzeit- und Haftungsrisiken bislang nicht in einer ihrer Tragweite entsprechenden Weise gewürdigt oder sichtbar gemacht [D, E].

Dieser Prüfmaßstab folgt auch aus der Verantwortung des Staates für das Gemeinwohl. Art. 20a GG verpflichtet ihn, die natürlichen Lebensgrundlagen in Verantwortung für künftige Generationen zu schützen. Der Amtseid des Bundeskanzlers und der Bundesminister nennt in Art. 56 in Verbindung mit Art. 64 GG ausdrücklich, dem Wohle des deutschen Volkes zu dienen, seinen Nutzen zu mehren und Schaden von ihm abzuwenden; § 60 BBG verpflichtet Bundesbeamtinnen und Bundesbeamte, ihr Amt zum Wohl der Allgemeinheit zu führen. Diese Normen entscheiden nicht automatisch über eine einzelne Technologie. Sie verlangen aber eine unabhängige, nachvollziehbare Abwägung des öffentlichen Nutzens, der Risiken und der Kosten. Renditeerwartungen oder Investitionszusagen sind für sich allein kein Nachweis des Gemeinwohlnutzens und dürfen weder eine vertiefte Prüfung ersetzen noch eine kaum umkehrbare Infrastrukturentscheidung vorwegnehmen [M].

Drei Begriffe – drei unterschiedliche Wirkungsbehauptungen

Die Begriffe dürfen nicht vermischt werden. Insbesondere ist weder die Menge abgeschiedenen CO₂ noch die Bezeichnung eines Speicherwegs ein ausreichender Beleg für eine tatsächliche Emissionsminderung oder eine Netto-Rückholung aus der Atmosphäre.

Begriff	Was damit gemeint ist	Was daraus nicht automatisch folgt
CCS	CO ₂ wird an einer Emissionsquelle abgeschieden, aufbereitet, transportiert und zur langfristigen Einlagerung in eine geologische Formation injiziert (verpresst).	Die Emission wird nicht vollständig vermieden. Energiebedarf, Vorketten und verbleibende Emissionen mindern den Bruttonutzen. CCS ist keine CO ₂ -Rückholung aus der Atmosphäre.
CCU	Abgeschiedenes CO ₂ wird als Rohstoff genutzt.	Die Nutzung ist nicht automatisch Klimaschutz. Bei Kraft- und Brennstoffen wird der Kohlenstoff typischerweise wieder freigesetzt. Bei einer Nutzung zur zusätzlichen Öl- oder Gasförderung (EOR/EGR) muss eine Mehrförderung fossiler Energieträger in die Bilanz einbezogen werden.
CO₂-Rückholung	CO ₂ , das sich bereits in der Atmosphäre befindet, wird entnommen und anschließend genutzt oder zur langfristigen Rückhaltung geologisch eingelagert.	Eine Brutto-Abscheidung ist noch keine Netto-Rückholung. Erst nach Abzug von Energie- und Vorkettenemissionen sowie unter Berücksichtigung von Transport, geologischer Einlagerung, möglichen Leckagen und Nachsorge lässt sich die tatsächliche Klimawirkung bestimmen.

Bei der hier betrachteten technischen CO₂-Rückholung ist zu beachten, dass CO₂ in der Atmosphäre nur in sehr geringer Konzentration vorkommt (rund 0,04 Volumenprozent). Die Abtrennung aus der Umgebungsluft erfordert daher einen erheblichen Anlagen- und Energieaufwand. Dessen gesamte Klimawirkung einschließlich der Bereitstellung der Energie muss bilanziert werden.

Die notwendige Unterscheidung ist deshalb: CCS kann unter bestimmten Voraussetzungen einen Teil der Emissionen an einer Quelle abfangen; eine vollständige Vermeidung der Quellemission folgt daraus nicht. CCU kann fossilen Kohlenstoff in einzelnen Anwendungen ersetzen, ihn aber auch nur zeitlich begrenzt binden oder in den Kreislauf zurückführen. Besonders kritisch zu prüfen ist eine Nutzung zur zusätzlichen Öl- oder Gasförderung (Enhanced Oil Recovery/Enhanced Gas Recovery, EOR/EGR): Die dadurch zusätzlich geförderten fossilen Energieträger und ihre spätere Nutzung müssen in die Klimabilanz einbezogen werden. CO₂-Rückholung muss demgegenüber tatsächlich Kohlenstoff aus der Atmosphäre entfernen. Keine dieser Wirkungen darf allein aus der Bezeichnung eines Verfahrens abgeleitet werden.²

² Auf dieser Seite verwendete Fachabkürzungen: CCS = Carbon Capture and Storage (Abscheidung und Speicherung von CO₂); CCU = Carbon Capture and Utilization (Abscheidung und Nutzung von CO₂); EOR/EGR = Enhanced Oil Recovery/Enhanced Gas Recovery (gesteigerte Öl-/Gasförderung).

Maßstab ist der zusätzliche Netto-Klimanutzen – nicht die Capture-Menge

Für alle drei Ansätze muss die vollständige Prozesskette bilanziert werden. Zu berücksichtigen sind insbesondere die Energie für Abscheidung und Aufbereitung, die Bereitstellung dieser Energie, Bau und Ersatz der Anlagen, Rohstoff- und Wasserbedarf, Verdichtung, Transport, Nutzung oder **langfristige** geologische Einlagerung, mögliche Leckagen, Monitoring, Nachsorge und die **langfristige** Verantwortung. Entscheidend ist nicht die Menge, die am Eingang einer Anlage gemessen wird, sondern die zusätzliche Emissionsminderung beziehungsweise Netto-Rückholung, die nach allen diesen Wirkungen übrig bleibt.

Auch wirtschaftlich ist die Kostenangabe pro Tonne abgeschiedenes CO₂ unzureichend. Maßgeblich sind die Kosten pro Tonne tatsächlich zusätzlich und netto klimawirksam behandeltes CO₂ über den gesamten Lebenszyklus. Einzubeziehen sind Opportunitätskosten: Kapital, Energie, Rohstoffe, Fachkräfte und Infrastruktur, die für ein Vorhaben eingesetzt werden, stehen nicht zugleich für andere Klimaschutzmaßnahmen zur Verfügung. Ein Verfahren kann technisch funktionieren und dennoch die schlechtere Klimaschutzentscheidung sein.

Diese Prüfung muss ergebnisoffen sein. „Technologieoffenheit“ bedeutet nicht, dass jede Technologie einen Anspruch auf Förderung, Infrastruktur oder Hochlauf erhält. Ebenso wenig darf die Antwort vorab „sowohl als auch“ lauten. Ergibt eine methodisch nachvollziehbare Gesamtbilanz, dass ein bestimmter CCS-, CCU- oder Rückholungsweg keinen hinreichenden Zusatznutzen aufweist, die Risiken nicht belastbar begrenzt oder andere Klimaschutzmaßnahmen verdrängt, muss auch der Verzicht auf diesen Weg eine zulässige und ernsthaft zu prüfende Schlussfolgerung sein.

„Unvermeidbar“ muss im Einzelfall nachgewiesen werden

Die Einstufung einer Emission als „schwer vermeidbar“ oder „unvermeidbar“ darf nicht zum Freibrief werden, bestehende emissionsintensive Prozesse fortzuführen. Sie hängt vom konkreten Prozess, dem Stand der Technik, verfügbaren Alternativen, Infrastruktur, Kosten und zeitlichem Horizont ab und muss regelmäßig überprüft werden. Vor einer Entscheidung für CCS ist deshalb offenzulegen, welche Vermeidungsoptionen mit welchen Ergebnissen geprüft wurden, welche Restemission tatsächlich verbleibt und weshalb sie nicht weiter vermindert werden kann.

Auch der Nachweis einer schwer vermeidbaren Restemission reicht für eine Zustimmung zu CCS nicht aus. Die zusätzliche Abscheidung, Verdichtung und geologische Einlagerung benötigen Energie und Infrastruktur; dadurch können weitere Emissionen entstehen. Eine Maßnahme, die an einer Quelle einen Teil des CO₂ abfängt, kann deshalb im Gesamtsystem einen deutlich geringeren Nutzen haben als behauptet – in ungünstigen Konstellationen kann ihre Gesamtbilanz sogar negativ sein. Die Auffassung, CCS sei bei unvermeidbaren Emissionen automatisch sinnvoll, ist daher wissenschaftlich und volkswirtschaftlich nicht tragfähig.

Die peer-reviewte Studie von Jacobson und Mitautoren (2025) vergleicht für 149 Länder modellierte Energie-, Gesundheits- und Klimakosten unterschiedlicher Klimapfade. Sie kommt für die untersuchten Szenarien zu deutlich ungünstigeren gesamtgesellschaftlichen Kosten bei einem breiten Einsatz von CO₂-Abscheide- und Rückholungssystemen als im verglichenen Erneuerbaren-Szenario. Die Ergebnisse

hängen von den gewählten Annahmen und Systemgrenzen ab; sie sind kein Ersatz für die Prüfung jedes Einzelfalls. Sie sind aber ein **wissenschaftlich begründeter Gegenbefund, der in politischen Bewertungen nicht übergangen werden darf** [F].

Geologische Einlagerung: „dauerhaft“ ist ein Ziel, kein selbsttätiger Sicherheitsnachweis

Eine geologische Formation, in die CO₂ langfristig eingelagert werden soll, ist nicht mit einem leeren, technisch abgedichteten Behälter gleichzusetzen. Die gesetzliche Bezeichnung „Speicher“ verweist auf den vorgesehenen Zweck; sie besagt für sich genommen nichts über die konkrete Langzeitsicherheit eines Standorts. Bei der Injektion von CO₂ werden vorhandene Fluide im Porenraum verdrängt und Druckverhältnisse verändert. Zu prüfen sind deshalb unter anderem die Durchlässigkeit und Injektivität der Formation, Verdrängungs- und Migrationswege der Fluide, Druckaufbau, geologische Störungen, alte Bohrungen, Deckgestein, geochemische Reaktionen sowie mögliche Auswirkungen auf Grundwasser und andere Schutzgüter [D].

Das KSpTG verwendet den Begriff „dauerhafte Speicherung“ und definiert ihn gesetzlich als Injektion und Lagerung mit dem Ziel, eine Leckage auf unbegrenzte Zeit zu verhindern. Das Gesetz verlangt zudem einen **Nachweis der Langzeitsicherheit**. Diese rechtliche Ziel- und Prüfbestimmung ist wichtig; sie darf jedoch nicht mit dem wissenschaftlichen Nachweis verwechselt werden, dass ein konkreter Speicher langfristig dicht und sicher bleibt. Ob der Nachweis im Einzelfall gelingt, muss anhand von Geologie, Modellen, Messdaten, Unsicherheiten und **unabhängiger** Bewertung belegt werden [A].

Dr. habil. Ralf E. Krupp kommt in seiner Untersuchung „Geologische Risiken der CO₂-Verpressung in der Nordsee“ zu einer deutlich kritischeren Bewertung der Speichergeologie. Er beschreibt insbesondere die Verdrängung von Porenfluiden, mögliche Austrittspfade, Druckwirkungen und Unsicherheiten bei angenommenen Bindungsmechanismen. Er weist außerdem auf mögliche Freisetzungswege von Methan hin, das in Porenräumen vorkommen kann. Methan hat je Masseneinheit insbesondere auf kürzeren Zeitskalen eine deutlich höhere Treibhauswirkung als CO₂. Ob und in welchem Umfang an einem konkreten Standort Methan oder andere Fluide mobilisiert werden könnten und ob dies den erwarteten Klimanutzen erheblich mindern oder aufheben würde, muss anhand standortspezifischer Daten, plausibler Mengenszenarien und unabhängiger Prüfung quantifiziert werden. Krupps zugespitzte Schlussfolgerung lautet, dass CO₂-Speicher „**keine dichten und geschlossenen Systeme**“ seien [D]. Diese Aussage ist als Ergebnis seiner Analyse zu kennzeichnen; sie darf weder ungeprüft als allgemeiner wissenschaftlicher Konsens ausgegeben noch ohne fachliche Auseinandersetzung beiseitegeschoben werden.

Daraus folgt ein konkreter Prüfauftrag: Behörden und Projektträger müssen nachvollziehbar darlegen, wie das verdrängte Fluidvolumen aufgenommen oder abgeführt wird und welche Barrieren unter realistischen Bedingungen wirksam sind. Mögliche Mobilisierungen vorhandener Stoffe und ihre Folgen für Klima, Wasser und Umwelt sind ebenfalls zu prüfen. Umstrittene Analysen müssen mit ihren Annahmen und Unsicherheiten offen gegenübergestellt werden [D].

Die Erfahrungen von Sleipner und Snøhvit verlangen eine nüchterne Bewertung

Die norwegischen Projekte Sleipner und Snøhvit wurden häufig als Belege für die technische Umsetzbarkeit geologischer Einlagerung angeführt. Die von Grant Hauber für das Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA) ausgewerteten Befunde zeigen jedoch, warum sie nicht als pauschaler Beweis für die langfristige Sicherheit anderer Speicher dienen können [E].³

Nach Haubers Darstellung war bei Sleipner bereits wenige Jahre nach Beginn der Injektion zu beobachten, dass das CO₂ vom vorgesehenen tieferen Injektionsbereich bis an den oberen Rand der Speicherformation wanderte und sich in einer zuvor nicht erwarteten geologischen Schicht sammelte. Bei Snøhvit traten nach rund 18 Monaten unerwartet hohe Druckprobleme auf; die zunächst angenommene Speicherkapazität erwies sich als erheblich geringer, so dass eine andere Speicherlösung erforderlich wurde. Hauber hebt hervor, dass diese Standorte zu den weltweit am

intensivsten untersuchten geologischen Speichergebieten gehören. Diese Darstellung ist seiner Analyse zuzurechnen und anhand seiner Quellen zu prüfen. Sie zeigt jedenfalls, dass selbst **umfangreiche geologische Untersuchungen unerwartete Entwicklungen nicht sicher ausschließen** [E].

Die praktische Folgerung darf nicht bei der allgemeinen Forderung nach fortlaufender Überwachung stehen bleiben. Monitoring kann Veränderungen sichtbar machen; es verhindert eine Leckage nicht und beseitigt nicht ihre Ursache. Es braucht deshalb **vorab belastbare Szenarien** für Abweichungen, Maßnahmen zur Begrenzung und Behebung, unabhängige Kontrolle sowie eine gesicherte Finanzierung dieser Aufgaben – auch nach Einstellung der Injektion. Gerade wenn viel untersuchte Projekte unerwartete Entwicklungen zeigen, darf die Übertragbarkeit auf andere, größere oder geologisch anders gelagerte Vorhaben nicht unterstellt werden [E].

Leitungen, Gesundheitsschutz und langfristige Verantwortung

Beim Transport von CO₂ unter Druck und bei einer unbeabsichtigten Freisetzung bestehen spezifische physikalische und gesundheitliche Gefahren. CO₂ ist unsichtbar und geruchlos und kann bei erhöhten Konzentrationen Sauerstoff verdrängen. Da es schwerer als Luft ist, kann es sich abhängig von Temperatur, Druck, Geländeform und Wetterbedingungen in tiefer gelegenen Bereichen sammeln. Die DGUV-GESTIS-Stoffdatenbank nennt ab etwa 5 Volumenprozent CO₂ in der eingeatmeten Luft Kopfschmerzen und Schwindel; bei höheren Konzentrationen können Atemnot und Bewusstlosigkeit auftreten. Konzentrationen von 8 Volumenprozent führen innerhalb kurzer Zeit zum Tod. Diese Werte sind Orientierungsangaben; die konkrete Gefährdung hängt auch von der Einwirkungsdauer und den Bedingungen der Freisetzung ab. Sicherheitsbewertungen müssen deshalb konkrete Bruchszenarien, Ausbreitungsmodelle, Siedlungsnähe, Warn- und Absperrsysteme, Notfallpläne sowie die Einsatzfähigkeit von Feuerwehr und Rettungsdiensten einbeziehen [W].

Der Entwurf der Kohlendioxidleitungsverordnung begründet die enge Anlehnung an die Gashochdruckleitungsverordnung unter anderem damit, dass Leitungen nach dem

³ Auf dieser Seite verwendete Fachabkürzung: IEEFA = Institute for Energy Economics and Financial Analysis.

Energiewirtschaftsgesetz und dem KSpTG ein vergleichbares Gefahrenpotenzial besitzen.⁴ Eine solche Analogie kann eine **Regelung** strukturieren, **ersetzt aber nicht die spezifische Prüfung**, ob die Stoffeigenschaften von CO₂, die Betriebsbedingungen und denkbare Schadensverläufe ausreichend erfasst sind. Bei der **geplanten Zusammenführung von CO₂-Strömen aus unterschiedlichen Quellen** sind Zusammensetzung und mögliche Begleitstoffe, ihre Auswirkungen auf Korrosion, Transportverhalten, Anlagenbetrieb und Sicherheit sowie die Eignung der vorgesehenen Spezifikationen systematisch zu untersuchen. **Die Exekutive muss offenlegen, worauf ihre Risikoeinstufung beruht und wie wissenschaftliche Gegenbefunde gewichtet wurden** [C].

Auch die Haftungs- und Nachsorgeregeln sind Teil der Klimabilanz. Nach § 30 KSpTG muss der Betreiber bis zur Verantwortungsübertragung finanzielle Deckungsvorsorge für die gesetzlichen Speicherpflichten, Schadensersatzansprüche sowie bestimmte Pflichten nach Umwelt- und Emissionshandelsrecht treffen. Art und Höhe setzt die zuständige Behörde fest; die Vorsorge ist jährlich anzupassen. Sie ist keine pauschale Garantie, dass jeder denkbare Schaden vollständig gedeckt ist. Nach § 31 KSpTG kann der Betreiber die Übertragung der Verantwortung für den stillgelegten Speicher auf das zuständige Land grundsätzlich frühestens 40 Jahre nach Abschluß der Stilllegung verlangen. Eine frühere Übertragung ist jedoch auf Antrag möglich, wenn die gesetzlichen Voraussetzungen bereits zu diesem Zeitpunkt erfüllt sind. Dazu zählen ein belastbarer Langzeitsicherheitsnachweis und ein Nachsorgebeitrag. Nach der Übertragung können bestimmte Kontrollen eingestellt und die Überwachung auf das Erkennen von Leckagen oder erheblichen Unregelmäßigkeiten reduziert werden [A].⁵

Eine **verantwortbare Entscheidung** darf deshalb nicht lediglich auf die gegenwärtige Genehmigungsfähigkeit schauen. Sie **muss klären, ob Sicherheitsnachweise, Rückstellungen, Versicherungen und Nachsorgebeiträge auch seltene, spät auftretende und kostspielige Schäden abdecken**. Das verbleibende Risiko ist ausdrücklich zu benennen. Die Formulierung, Risiken seien „gesellschaftlich vertretbar“, genügt nicht, solange nicht offengelegt ist, nach welchen Kriterien dies beurteilt wird, wer die Betroffenen beteiligt und wer bei einem Schaden tatsächlich entsteht [A].

Offshore-Schäden: kein rechtsfreier Raum – aber unterschiedliche Rechtswege

Die **Zwölf-Seemeilen-Grenze** markiert das Ende des Küstenmeers, nicht das Ende rechtlicher Zuständigkeit. Jenseits davon können die ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) und der Festlandsockel eines Küstenstaates liegen. In der deutschen AWZ und auf dem deutschen Festlandsockel gilt das KSpTG nach Maßgabe des **Seerechtsübereinkommens**; für bestimmte Schäden an Arten, natürlichen Lebensräumen und Meeresgewässern erfasst auch das **Umweltschadensgesetz** diese Bereiche. Für Speicher in der AWZ oder auf dem Festlandsockel eines anderen Staates sind dessen Rechts- und Genehmigungsrahmen sowie das einschlägige **Unions- und Völkerrecht** zu prüfen [A, X, AA].

Für die rechtliche Bewertung müssen unterschiedliche Verfahren getrennt werden. Entscheidend sind unter anderem der genaue Speicherstandort, die für die Anlage erteilte Genehmigung, der Sitz und die Rolle von Genehmigungsinhaber und Betreiber, die Art des geltend gemachten Schadens sowie die

⁴ Auf dieser Seite verwendete Fachabkürzungen: KSpTG = Kohlendioxid-Speicherung-und-Transport-Gesetz.

Person oder Vereinigung, die klagt. Bei grenzüberschreitenden zivilrechtlichen Schadensersatzansprüchen sind die internationale Zuständigkeit und das anwendbare Recht anhand der konkreten Konstellation gesondert zu bestimmen [Y, Z].

Angriff gegen eine Genehmigung oder Planfeststellung: Wer eine projektbezogene Zulassung rechtlich überprüfen lassen will, führt einen verwaltungsgerichtlichen Rechtsbehelf. § 39a KSpTG weist dem **Oberverwaltungsgericht** im ersten Rechtszug sämtliche Streitigkeiten über die dort genannten Pipeline- und Speichervorhaben zu. Geht es um Vorhaben in AWZ oder Festlandsockel, richtet sich die örtliche Zuständigkeit nach dem Bezirk, in dem die zuständige Behörde ihren Sitz hat. Diese Sonderregelung klärt das Gericht für projektbezogene Streitigkeiten; sie macht aber nicht automatisch jede Person klagebefugt. Dafür gelten zusätzlich die jeweiligen Voraussetzungen des Verwaltungsprozess- und Umweltrechts [A].

Schäden an Meeresgewässern, Lebensräumen oder Arten: Hier ist zusätzlich das öffentlich-rechtliche Umweltschadensrecht zu prüfen. Das USchadG erstreckt sich im Rahmen des Seerechtsübereinkommens auch auf bestimmte Schäden an Arten, natürlichen Lebensräumen und Meeresgewässern in der deutschen AWZ und auf dem deutschen Festlandsockel. **Die zuständige Behörde wird von Amts wegen tätig oder auf Antrag eines Betroffenen** beziehungsweise wahrscheinlich Betroffenen oder einer hierzu berechtigten Vereinigung, **wenn die vorgetragenen Tatsachen einen Umweltschaden glaubhaft erscheinen lassen**. Für Rechtsbehelfe solcher Vereinigungen gilt das Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz. Dies ist ein eigener Weg zur Vermeidung oder Sanierung von Umweltschäden – nicht automatisch ein persönlicher Schadensersatzanspruch [AA].

Konsequenz für die Planung: Vor einer Genehmigung müssen daher nicht nur allgemeine Haftungsformeln, sondern die konkreten Anspruchsgrundlagen, mögliche Kläger und Rechtsbehelfe, zuständige Gerichte, anwendbares Recht, Beweisanforderungen, grenzüberschreitende Durchsetzung sowie Art und Höhe der finanziellen Vorsorge nachvollziehbar dargestellt werden. Wo diese Punkte offenbleiben, ist die langfristige Verantwortung nicht abschließend geklärt.

Politische und rechtliche Verantwortung: Die gesetzliche Priorisierung ersetzt keine wissenschaftliche Prüfung

Das KSpTG ordnet bestimmten CO₂-Leitungen und Speichern ein überragendes öffentliches Interesse zu und verlangt bei Planfeststellungen, ihren Beitrag zum Klimaschutz zu berücksichtigen. Diese politische und rechtliche Einordnung ist jedoch kein empirischer Nachweis dafür, dass jedes konkrete Vorhaben netto Emissionen mindert, CO₂ auf unbegrenzte Zeit zurückhält oder gegenüber anderen Maßnahmen vorteilhaft ist. Das muss in der jeweiligen Projektprüfung eigenständig belegt werden [A].

Die Autoren sehen hier ein grundlegendes Problem des bisherigen Vorgehens: Die Exekutive setzt den gesetzgeberischen Rahmen nicht nur um, sondern übersetzt ihn in Verordnungen, Planungsvorgaben und Genehmigungspraxis. **Wenn dabei die gesetzlich gesetzte Klimaschutzabsicht als Beleg der tatsächlichen Klimawirkung behandelt wird, droht eine Zirkelschluss-Argumentation:** Die Infrastruktur gilt als klimaschützend, weil sie gesetzlich diesem Zweck zugeordnet wurde; die Zuordnung selbst wird aber nicht durch eine vollständige, unabhängige Netto-Bilanz des konkreten Vorhabens bewiesen.

Nach Auffassung der Verfasser werden die in der Fachliteratur dokumentierten Einwände – etwa zur Porenfluid-Verdrängung, unerwarteten Migrationswegen, der begrenzten Vorhersagbarkeit von Prozessen in geologischen Formationen und zur Langzeitverantwortung – in den öffentlich zugänglichen politischen Begründungen bislang nicht mit dem gebotenen Gewicht behandelt. Diese Kritik richtet sich damit nicht gegen eine bestimmte gesetzliche Zuständigkeit, sondern gegen eine **unzureichend erkennbare Gesamtwürdigung relevanter wissenschaftlicher Erkenntnisse und Risiken bei Entscheidungen von erheblicher gesamtgesellschaftlicher Tragweite** [D, E].

Der Gesetzgeber hat in § 44 KSpTG selbst eine Evaluierung vorgesehen, die Erfahrungen aus dem Betrieb, technische Entwicklungen, neueste wissenschaftliche Erkenntnisse und unter anderem aufgetretene Leckagen bewerten soll. Diese Überprüfung darf nicht als nachträgliche Formalie verstanden werden. Ihre Ergebnisse müssen in die **laufende politische Bewertung einfließen, bevor Planungsentscheidungen und Investitionen eine kaum umkehrbare Pfadabhängigkeit schaffen**.⁶

Mindestanforderungen vor jeder politischen Entscheidung

Die Autoren dieses Papiers fordern, dass Vorhaben zu CCS, CCU und CO₂-Rückholung erst dann **politisch** unterstützt, genehmigt oder öffentlich gefördert werden, wenn mindestens folgende Fragen nachvollziehbar beantwortet sind:

- Welche Emission wird tatsächlich vermieden oder zurückgeholt – und wie groß ist der Nettoeffekt nach vollständiger Bilanzierung der gesamten Prozesskette?
- Welche Alternativen zur Vermeidung der betreffenden Emission wurden unabhängig geprüft, und warum bleibt sie im konkreten Fall schwer vermeidbar?
- Bei CCU: Woher stammt das CO₂, wofür wird es genutzt, wann und in welcher Menge gelangt es zurück in die Atmosphäre, und wird durch die Nutzung zusätzliche fossile Förderung ausgelöst?
- Bei der langfristigen geologischen Einlagerung (im Gesetz als Speicherung bezeichnet): Sind Geologie, Druck- und Fluidbewegungen, mögliche Migrationswege, alte Bohrungen, Deckgestein und Grundwasserschutz ausreichend untersucht – einschließlich plausibler Stör- und Schadensszenarien?
- Sind die Risiken für Bevölkerung und Umwelt standortspezifisch beschrieben, sind wirksame Prävention und Notfallmaßnahmen vorhanden, und werden verbleibende Unsicherheiten offen ausgewiesen?
- Sind Monitoring, unabhängige Kontrolle, Haftung, finanzielle Vorsorge, Stilllegung und Langzeitnachsorge dauerhaft und ausreichend finanziert – auch für den Fall einer späteren Verantwortungsübertragung?

⁶ Auf dieser Seite verwendete Fachabkürzung: KSpTG = Kohlendioxid-Speicherung-und-Transport-Gesetz.

- Sind bei Offshore- und grenzüberschreitenden Schadensfällen Anspruchsgrundlagen, Klagebefugnis, zuständige Gerichte, anwendbares Recht, Beweisanforderungen und tatsächliche finanzielle Deckung nachvollziehbar geklärt?
- Sind Kosten und Klimawirkung über den gesamten Lebenszyklus transparent, und ist ausgeschlossen, dass das Vorhaben knappe Ressourcen von wirksameren Maßnahmen abzieht oder fossile Strukturen unnötig verlängert?
- Werden betroffene Menschen und die Öffentlichkeit frühzeitig beteiligt, und werden abweichende wissenschaftliche Befunde samt begründeter Bewertung zugänglich gemacht?

Je größer die behauptete Klimawirkung, je höher der Ressourcenbedarf und je schwerwiegender mögliche Schäden, desto belastbarer muss der Nachweis sein.

Naturbasierte Kohlenstoffbindung: verfügbare Maßnahmen jetzt wirksam umsetzen

Die kritische Prüfung von CCS und CCU darf Maßnahmen nicht aus dem Blick verlieren, die bereits heute Emissionen vermeiden oder zusätzlich Kohlenstoff binden können. Vorrang haben der Schutz bestehender natürlicher Speicher, die Wiederherstellung geschädigter Ökosysteme und standortgerechte zusätzliche Senken – insbesondere Moorwiedervernässung, klimaresiliente Wälder, multifunktionale Agroforstsysteme sowie Humus- und Bodenschutz [N, O]. Ihre Wirkungen sind zu unterscheiden: Moorwiedervernässung vermeidet vor allem laufende Torfemissionen; Wald- und Bodenkohlenstoff kann durch Dürre, Feuer oder geänderte Nutzung wieder verloren gehen [H, O, P]. Maßgeblich sind Netto-Klimawirkung, Dauerhaftigkeit, ökologische Nebenwirkungen und Kosten – nicht allein Hektar- oder Pflanzzahlen.

Moore, Wälder, Agroforst und Böden

Die Dringlichkeit ist groß: Moorböden bedecken ungefähr fünf Prozent der deutschen Landesfläche; aus entwässerten Moorböden wurden 2024 rund 52,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente freigesetzt [H]. Der Bund strebt bis 2030 die Wiedervernässung von etwa 90.000 Hektar an; für weitere rund 160.000 Hektar fehlt bisher ein verbindlicher Zeitplan [G]. Die EU-Wiederherstellungsverordnung setzt Ziele für die Mitgliedstaaten, begründet aber nicht automatische Wiedervernässungspflicht privater Eigentümer [N]. Bund und Länder müssen Zuständigkeiten, Zwischenziele, Wasser- und Flächenmanagement, Beratung sowie mehrjährige Förder- und Ausgleichsmodelle sichern. Bei Wäldern und Agroforst gilt: standortgerecht, biodiversitätsfördernd und ohne Verdrängung wertvoller Offenlandbiotope oder unnötige Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung [O]. Der Schutz vorhandener Humusvorräte und ein standortgerechter Humusaufbau können Bodenfruchtbarkeit, Wasserspeicherung und Klimaanpassung unterstützen. In biologisch bewirtschafteten Böden kommt es zu einer langfristigen Kohlenstoffbindung auch in tieferen Schichten. Dieses Potential ist noch wenig bekannt und sollte genauer untersucht werden. Die vierte Bundeswaldinventur zeigt, dass der deutsche Wald 2017–2022 insgesamt Kohlenstoffquelle war [P]; auch Waldmaßnahmen brauchen deshalb realistische Bilanzen und Klimaanpassung. Erfolgskontrollen sollen Ausgangszustand, Wasserstände, Treibhausgaswirkung einschließlich Methan und Lachgas, Kohlenstoffbestände, Biodiversität und Kosten erfassen.

Biomasse und Pflanzenkohle

Biomasse ist begrenzt und wird zugleich für Humusversorgung, Ökosysteme, stoffliche und energetische Nutzung sowie Pyrolyse benötigt [K]. Entscheidend ist die vollständige Bilanz des Ausgangsstoffs und seiner alternativen Verwendung. Langlebige stoffliche Holznutzung, Wiederverwendung und Recycling sind dort gegen Verbrennung abzuwägen, wo sie technisch und ökologisch sinnvoll sind; Pflanzenkohle sollte vorrangig aus geeigneten Rest- und Abfallstoffen hergestellt werden, ohne Bodenfunktionen oder Lebensräume zu beeinträchtigen. Prof. Dr. Daniel Kray (Hochschule Offenburg) ist Mitautor einer begutachteten Energiesystem-Modellstudie zur Pyrolyse (2025) [Q, S]. Sie zeigt mögliche Beiträge auf, belegt aber nicht pauschal die Netto-Entnahme oder Wirtschaftlichkeit jeder Anlage [Q, L]. Der Wissenschaftliche Beirat für Düngungsfragen betont variable Wirkungen, Qualitäts- und Schadstofffragen sowie Nutzungskonkurrenzen [I]. Auch der SFV hat Pflanzenkohle in einem praxisbezogenen Beitrag behandelt; dieser ist kein unabhängiger Wirksamkeitsnachweis [U]. Förderentscheidungen müssen daher Ausgangsstoffe, Prozessenergie, Schadstoffe, Kohlenstoffstabilität, Lebenszyklus und tatsächlichen Verbleib transparent prüfen; die EU hat hierfür Zertifizierungsmethoden für Pflanzenkohle festgelegt, während freiwillige Qualitätsstandards wie das EBC-Zertifikat keine unabhängige staatliche Kontrolle ersetzen [J, R, T].

Schlussfolgerung

Die **Debatte über CCS, CCU und CO₂-Rückholung** braucht **klare Prioritäten, präzise Begriffe und eine ergebnisoffene Prüfung**. Von Vereinigungen werden Positionen vertreten, dass die CO₂-Rückholung ein unverzichtbarer Bestandteil wirksamen Klimaschutzs sei. Dennoch ersetzen solche Positionen keinen projektspezifischen Nachweis des zusätzlichen Netto-Klimanutzens. Vorrang hat, Emissionen zu vermeiden. CCS ist keine CO₂- Rückholung; CCU ist nicht automatisch Klimaschutz. Entscheidend ist der zusätzliche Netto- Klimanutzen des konkreten Vorhabens und der nachvollziehbare Umgang mit dem abgeschiedenen Kohlenstoff.

Eine tragfähige Entscheidung muss wissenschaftlich begründete Risiken nachvollziehbar bewerten und darf mit Planung und Ausbau keine Fakten schaffen, die eine offene Prüfung von Klimawirkung, Sicherheit und gesamtgesellschaftlichen Kosten vorwegnehmen. Verantwortlichkeiten für heutige und künftige Folgen müssen klar geregelt sein.

Empfehlungen: Risikoarme und naturverträgliche Maßnahmen jetzt priorisieren

Die Autoren dieses Papiers empfehlen Bund, Ländern und Kommunen, vorrangige Maßnahmen kurzfristig in einem finanzierten und öffentlich überprüfbaren Programm umzusetzen:

- Entwässerte Moorböden dort priorisiert wiedervernässen, wo damit hohe laufende Emissionen wirksam vermieden werden können; Wasser- und Flächenmanagement, Paludikultur, Beratung und mehrjährige Förderung verbinden [G, N].
- Bestehende Wälder, Böden und Kohlenstoffvorräte schützen; geschädigte Wälder standortgerecht und klimaresilient entwickeln sowie Agroforst, Hecken und Gehölzstrukturen dort fördern, wo sie

landwirtschaftliche Produktion, Biodiversität, zusätzliche Kohlenstoffbindung und Klimaanpassung sinnvoll miteinander verbinden [O, P].

- Vorhandene Humusvorräte schützen sowie Humusaufbau und bodenschonende Bewirtschaftung standortbezogen unterstützen; zusätzliche Klimawirkungen messen und eine mögliche Umkehr der Speicherung berücksichtigen.
- Pflanzenkohle anhand geeigneter Ausgangsstoffe, vollständiger Lebenszyklusbilanz, Kohlenstoffstabilität und Schadstoffprüfung bewerten. Forschung von Prof. Daniel Kray und weitere aktuelle Forschungsergebnisse sowie unabhängige wissenschaftliche Beurteilungen berücksichtigen; praxisbezogene Einschätzungen ergänzend einbeziehen und ihre Aussagekraft transparent von begutachteten Studien und unabhängigen Wirksamkeitsnachweisen unterscheiden [I, J, L, Q, R, S, T, U].
- Biomasse nach ihrem tatsächlichen Klimanutzen kaskadisch nutzen; biogenen Ursprung nicht automatisch mit Klimaneutralität gleichsetzen und Nutzungskonkurrenzen offenlegen [K].
- Für alle Maßnahmen vergleichbare Ausgangsdaten, unabhängige Erfolgskontrolle und öffentliche Berichte zu Netto-Wirkung, Kosten, Unsicherheiten, Natur- und Lebensmittelwirkungen vorsehen. Förderung und Pflichten müssen angemessen, dauerhaft finanzierbar und sozial tragfähig sein.
- CCS-, CCU- und technische Speicherprojekte nur auf Grundlage unabhängiger Netto-Bilanz, plausibler Sicherheitsnachweise, geklärter Haftung und eines Vergleichs mit Alternativen fördern; bei erheblichen offenen Risiken reversible Erprobung statt vorwegnehmender Großinfrastruktur prüfen [A, D, E, F].

Ausblick: ein ausgewogenes und überprüfbares CO₂-Entnahmeprogramm

Die Autoren dieses Papiers schlagen ein ressortübergreifendes, öffentlich überprüfbares Programm vor, das Emissionsvermeidung, den Schutz und die Wiederherstellung natürlicher Kohlenstoffspeicher, Moorwiedervernässung, klimaresiliente Wälder, Agroforst, Humusaufbau, Pflanzenkohle und technische CO₂-Entnahme systematisch miteinander vergleicht und **nach einheitlichen übergeordneten Bewertungsmaßstäben beurteilt**. Dazu gehören insbesondere zusätzliche Netto- Klimawirkung, Dauerhaftigkeit, Risiken und Nebenwirkungen, Energie- und Ressourcenbedarf sowie Kosten. Die unterschiedlichen Wirkungsweisen der Verfahren und geeignete Referenzentwicklungen müssen berücksichtigt werden; die Berechnungen sollen die gesamte relevante Prozesskette und einen sachgerechten Zeitraum umfassen. Unterschiede der Messmethoden, Unsicherheiten und Grenzen der Vergleichbarkeit sind offen darzulegen, ohne daraus unterschiedliche Anforderungen an Transparenz und Nachweis abzuleiten.

Ein **jährlicher Bericht** soll umgesetzte Maßnahmen, tatsächlich nachgewiesene Klimawirkungen, verbleibende Unsicherheiten, Nutzungskonkurrenzen sowie relevante ökologische, wirtschaftliche und soziale Auswirkungen dokumentieren. **Unabhängige** wissenschaftliche Begleitung, nachvollziehbare Methoden und **öffentlich zugängliche Daten sind unverzichtbar**. Technische Wege der geologischen Einlagerung mit erheblichen Langzeitrisiken müssen vertieft geprüft werden. Ebenso sind naturbasierte Maßnahmen hinsichtlich ihrer zusätzlichen Klimawirkung, Dauerhaftigkeit und möglicher negativer

Nebenwirkungen kritisch zu bewerten. Gesetzliche Privilegien, Subventionen und Infrastrukturplanungen dürfen das Ergebnis dieses maßnahmenübergreifenden Vergleichs nicht vorwegnehmen.

Erwartungen an Politik und Verwaltung: Rechtsrahmen für die Energiewende wirksam gestalten

Der RT-EE fordert im Einklang mit vielen Verbänden und Vereinigungen seit seiner Gründung am 13. Januar 2017 **Treibhausgasemissionen so schnell, wirksam und effizient wie möglich zu vermeiden**. Emissionsvermeidung hat Vorrang vor nachträglicher Behandlung oder Rückholung bereits freigesetzter Klimagase. Dieser **Vorrang muss sich in Gesetzen, Förderbedingungen, Fristen und überprüfbaren Ergebnissen zeigen**. Versorgungssicherheit, soziale Tragfähigkeit und der Schutz natürlicher Lebensgrundlagen sind mitzudenken. **Wenn das nicht geschieht, bleiben Verantwortung empfindende Personen und Vereinigungen - auch am gemeinsamen RT-EE - weiterhin gefordert, Korrekturen zu erarbeiten und einzufordern.**

Bundestag, Bundesrat, Bundesregierung und Landesregierungen haben dafür den Rechtsrahmen einer zügigen Transformation zu einem Energiesystem auf Grundlage von 100 Prozent Erneuerbaren Energien zu gestalten. Energie-, Klima-, Steuer-, Planungs- und Genehmigungsrecht müssen hierfür zusammenwirken: Sie sollen den Ausbau von Wind- und Solarenergie, Netzen, Speichern, Flexibilität und Effizienz ermöglichen statt verzögern.

Auch Programme und Förderbedingungen von KfW und BAFA müssen regelmäßig daran gemessen werden, ob sie Treibhausgasemissionen nachweisbar schnell und dauerhaft vermeiden, Ressourcen effizient nutzen und Kommunen sowie Bürgerinnen und Bürger beteiligen. **Öffentliche Mittel dürfen keine fossilen Pfadabhängigkeiten verfestigen oder technische Optionen privilegieren**, bevor Klimanutzen, Risiken und Kosten unabhängig mit Alternativen verglichen wurden. Vorschläge von Industrie, Investoren und Projektträgern sind weder pauschal abzulehnen noch ungeprüft zu übernehmen; Interessenlagen, Annahmen und Nutzungskonflikte sind offenzulegen.

Politische und administrative **Entscheidungen sollen sich erkennbar mit Gutachten unabhängiger Sachverständigengremien auseinandersetzen**, darunter dem Expertenrat für Klimafragen, dem Sachverständigenrat für Umweltfragen, dem Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen und dem Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. Ihre Mandate unterscheiden sich; ihre Befunde sind sachgerecht einzuordnen und wesentliche Abweichungen öffentlich und nachvollziehbar zu begründen [AB, AC, AD, AE].

Transparente Ziele, nachvollziehbare Abwägungen, klare Zuständigkeiten und überprüfbare Zwischenziele stärken Rechtssicherheit und können Vertrauen in staatliche Institutionen fördern. Wo wissenschaftliche Erkenntnisse selektiv behandelt oder Entscheidungen unzureichend begründet erscheinen, wachsen Enttäuschung und Misstrauen. Vereinfachende Parolen und unbelegte Behauptungen – besonders in sozialen Medien und aus politischen Rändern unterschiedlicher Ausrichtung – können gesellschaftliche Spannungen verstärken. **Gegenmittel sind offene Information, faire Beteiligung, unabhängige Prüfung und öffentlich überprüfbare Ergebnisse, nicht die Abwertung kritischer Stimmen.**

Bürgerenergie, Energiegenossenschaften und kommunale Projekte können regionale Wertschöpfung stärken und Menschen zu Mitgestaltenden machen. **Sie ersetzen nicht die staatliche Verantwortung für einen verlässlichen Rechtsrahmen.**

Quellen und weiterführende Grundlagen

Hinweis zur Zitierweise: Quellenbelege im Text stehen in eckigen Klammern mit Buchstaben (z. B. [A] oder [B, C]) und verweisen auf die nachfolgende Quellenliste. Hochgestellte Ziffern bezeichnen ausschließlich erläuternde Fußnoten am Seitenende.

- A. Gesetz zur dauerhaften Speicherung und zum Transport von Kohlendioxid (KSpTG), geltende Fassung, insbesondere §§ 2, 3, 4, 11, 13, 20, 29, 30, 31, 39a und 44. <https://www.gesetze-im-internet.de/kspg/BJNR172610012.html>
- B. Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen: Carbon Management Strategie NRW („Kohlenstoff kann Klimaschutz“), insbesondere Planung und Vorbereitung einer CO₂-Transportinfrastruktur. https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/documents/mwide_carbon_management_strategie_barrierefrei.pdf
- C. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE): Referentenentwurf einer Verordnung über Kohlendioxidleitungen (Kohlendioxidleitungsverordnung – KLtGV), 18.08.2026. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/2026/20260818-kohlendioxidleitungsverordnung.html>
- D. Krupp, Ralf E. (2024): Geologische Risiken der CO₂-Verpressung in der Nordsee. Greenpeace, Stand 12/2024; insbesondere zu Porenfluid-Verdrängung, Speicherbarrieren, Druckaufbau und möglichen Austrittspfaden. https://www.greenpeace.de/publikationen/Report_Geologische-Risiken_CCS.pdf
- E. Hauber, Grant (2023): Norway's Sleipner and Snøhvit CCS: Industry models or cautionary tales? Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA), 14.06.2023. <https://ieefa.org/resources/norways-sleipner-and-snohvit-ccs-industry-models-or-cautionary-tales>
- F. Jacobson, M. Z.; Fu, D.; Sambor, D. J.; Mühlbauer, A. (2025): Energy, Health, and Climate Costs of Carbon-Capture and Direct-Air-Capture versus 100%-Wind-Water-Solar Climate Policies in 149 Countries. Environmental Science & Technology, 59(6), 3034–3045. Modellstudie; Ergebnisse sind im Licht ihrer Systemgrenzen und Annahmen zu bewerten. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c10686>
- G. Deutscher Bundestag (2026): „Bundesregierung zur Wiedervernässung von Mooren“, Antwort vom 01.07.2026, hib 540/2026; unter anderem Ziele bis 2030, Flächen ohne verbindlichen Zeitplan, Vermeidungskosten und Fördermittel. <https://www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-1193186>
- H. Zur Moorflächen- und Emissionslage: Umweltbundesamt, „Emissionen der Landnutzung, -änderung und Forstwirtschaft“ (Datenjahr 2024; rund 52,2 Mio. t CO₂-Äquivalente aus Moorböden), <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland/emissionen-der-landnutzung-aenderung> ; ergänzend Umweltbundesamt, „Neues Informationsangebot zum Moorklimaschutz“, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/neues-informationsangebot-moorklimaschutz> ; Thünen-Institut, „Deutschlandweites Moorbodenmonitoring“ (Faktenblatt 2024; Moorböden rund 5,3 % der Landesfläche), https://moorbodenmonitoring.thuenen.de/fileadmin/moorbodenmonitoring/pdfs/Flyer_MoMoK_final_v2.pdf

- I. Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen (2024): Standpunkt zum Einsatz von Biokohlen. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 239, veröffentlicht am 15.03.2024; behandelt Wirkungsvariabilität, Ausgangsstoffqualität, mögliche Schadstoffe und Nutzungskonkurrenzen. <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/504>
- J. Lübbers, S. et al. (2026): Techno-ökonomische Analyse von CO₂-Entnahmetechnologien und Bewertung der CO₂-Speicherkapazitäten und -Projekte in Europa. Umweltbundesamt, Climate Change 02/2026, 273 Seiten; betrachtet unter anderem BECCS, DACCS, Pflanzenkohle und beschleunigte Verwitterung. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/techno-oekonomische-analyse-von-co2>
- K. Deutscher Bundestag, Ausschuss für Wirtschaft und Energie (2026): Öffentliche Anhörung zur Änderung der Biomasseverordnung, 09.10.2026; einschließlich unterschiedlicher Verbands- und Sachverständigenpositionen. Besonders: Dr. Harry Schindler (DBFZ), Stellungnahme, Ausschussdrucksache 21(9)398. Anhörung: <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2026/kw41-pa-wirtschaft-biomasse-1218062> ; direkte Stellungnahme: https://www.bundestag.de/resource/blob/1223504/Stellungnahme_SV_Dr-Schindler_DBFZ_gGmbH.pdf
- L. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW): Ökonomische und sozio-technische Evaluation der Herstellung und Anwendung von Pflanzenkohle als Negativemissionstechnologie in Deutschland. Die Auswertung behandelt Wirtschaftlichkeit, regulatorische Barrieren und die Auswahl von Biomasse mit möglichst geringen Nutzungskonkurrenzen. https://www.ioew.de/publikation/oekonomische_und_sozio_technische_evaluation_der_herstellung_und_anwendung_von_pflanzenkohle_als_negativemissionstechnologie_in_deutschland
- M. Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, insbesondere Art. 20a, Art. 56 und Art. 64; Bundesbeamtengesetz (BBG), § 60 Grundpflichten. https://www.gesetze-im-internet.de/gg/art_20a.html ; https://www.gesetze-im-internet.de/gg/art_56.html ; https://www.gesetze-im-internet.de/gg/art_64.html ; https://www.gesetze-im-internet.de/bbg_2009/_60.html
- N. Verordnung (EU) 2024/1991 über die Wiederherstellung der Natur, insbesondere Art. 11 Abs. 4; Wiederherstellung landwirtschaftlich genutzter entwässerter Moorböden und Verpflichtungen der Mitgliedstaaten. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1991/oj?locale=de>
- O. Böttcher, H.; Hennenberg, K.; Pfeiffer, M.; Reise, J.; Scheffler, M.; Wiegemann, K.; Benndorf, A. (2026): Synergien zwischen Renaturierung und natürlichem Klimaschutz. Szenarienanalyse zu THG-Minderungspotenzialen von Maßnahmen im Landnutzungssektor zur Ausführung der EU-Wiederherstellungsverordnung. Umweltbundesamt, Climate Change 21/2026. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/synergien-zwischen-renaturierung-natuerlichem>
- P. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur (2024), insbesondere zur Kohlenstoffentwicklung des Waldes von 2017 bis 2022. Die Inventur weist den Wald seit 2017 insgesamt als Kohlenstoffquelle aus. <https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/bundeswaldinventur.html>
- Q. Domènech Monfort, M.; Sandhaas, A.; Zozmann, E.; Pönisch, C.; Kray, D.; Hartmann, N. (2025): Energy system transformations toward zero emissions: A focus on pyrolysis. Energy Conversion and Management: X, 26, 101052. Begutachtete, modellbasierte Energiesystemanalyse; keine pauschale Wirksamkeits- oder Wirtschaftlichkeitsgarantie für jede Anlage. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.101052>
- R. Delegierte Verordnung (EU) 2026/285 der Kommission vom 3. Februar 2026 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2024/3012 durch Festlegung von Zertifizierungsmethoden für Tätigkeiten zur dauerhaften CO₂-Entnahme, einschließlich der Methodik für Pflanzenkohle. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2026/285/oj

- S. Hochschule Offenburg, Institut für nachhaltige Energiesysteme (INES): Forschungsgruppe „Pyrolysis and PV“ unter Leitung von Prof. Dr. Daniel Kray und Prof. Dr. Heide Biollaz; Informationen zu PyCCS, Pflanzenkohle und laufenden Forschungsprojekten, darunter PyCCS-2050 (Laufzeit März 2025 bis Februar 2028). Laufende Projekte sind keine abgeschlossenen Wirksamkeitsnachweise. <https://www.hs-offenburg.de/forschung/institute/ines/pyrolysis-and-pv>
- T. European Biochar Certificate (EBC): Zertifizierungsrichtlinien und Hinweise zum Zertifikat. Freiwilliger Branchenstandard; von gesetzlichen Mindestanforderungen und unabhängiger staatlicher Kontrolle zu unterscheiden. <https://www.european-biochar.org/de/>
- U. Solarenergie-Förderverein Deutschland e. V. (SFV): „6 Fragen zu Pflanzenkohle im eigenen Garten“, 20.07.2022; Text: Caroline Kray und Leopold Steinbeis. Praxisbezogener Verbandsbeitrag, kein unabhängiger Wirksamkeitsnachweis. <https://www.sfv.de/pflanzenkohle-im-eigenen-garten>
- V. gestrichen.
- W. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA), GESTIS-Stoffdatenbank: „Kohlendioxid (CO₂)“, Datenblatt ZVG-Nr. 1120, Stand 2024, geprüft 2025. Angaben zu Gasdichte und akuten Gesundheitswirkungen, darunter Kopfschmerzen und Schwindel ab etwa 5 Vol.-% sowie Tod innerhalb kurzer Zeit bei 8 Vol.-%. <https://gestis.dguv.de/data?name=001120>
- X. Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen vom 10. Dezember 1982 (SRÜ/UNCLOS), insbesondere Art. 55–58 zur ausschließlichen Wirtschaftszone, Art. 77–78 zum Festlandsockel und Art. 192–194 zum Schutz der Meeresumwelt. https://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/part5.htm ; https://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/part6.htm ; https://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/part12.htm
- Y. Verordnung (EU) Nr. 1215/2012 (Brüssel Ia) über die gerichtliche Zuständigkeit sowie die Anerkennung und Vollstreckung von Entscheidungen in Zivil- und Handelssachen, insbesondere Art. 4 und Art. 7 Nr. 2. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2012/1215/oj?locale=de>
- Z. Verordnung (EG) Nr. 864/2007 (Rom II) über das auf außervertragliche Schuldverhältnisse anzuwendende Recht, insbesondere Art. 4 und Art. 7 zu Umweltschäden. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2007/864/oj?locale=de>
- AA. Gesetz über die Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden (Umweltschadensgesetz – USchadG), geltende Fassung, insbesondere §§ 3 Abs. 2, 10 und 11 zu Umweltschäden in AWZ/Festlandsockel, behördlichem Tätigwerden und Rechtsschutz von Vereinigungen. <https://www.gesetze-im-internet.de/uschadg/>
- AB. Expertenrat für Klimafragen: Auftrag und gesetzliche Aufgaben nach §§ 11 und 12 Bundes-Klimaschutzgesetz, offizielle Darstellung. <https://expertenrat-klima.de/ueber-uns/auftrag>
- AC. Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Aufgaben und unabhängiger Begutachtungsauftrag. <https://www.bundesumweltministerium.de/ministerium/struktur/gremien/sachverstaendigenrat-fuer-umweltfragen-sru>
- AD. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU): Auftrag und Aufgaben wissenschaftlicher Politikberatung. <https://www.wbgu.de/de/der-wbgu/auftrag>
- AE. Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung: Aufgaben und gesetzlicher

Beratungsauftrag. <https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/ueber-uns/aufgaben.html>