

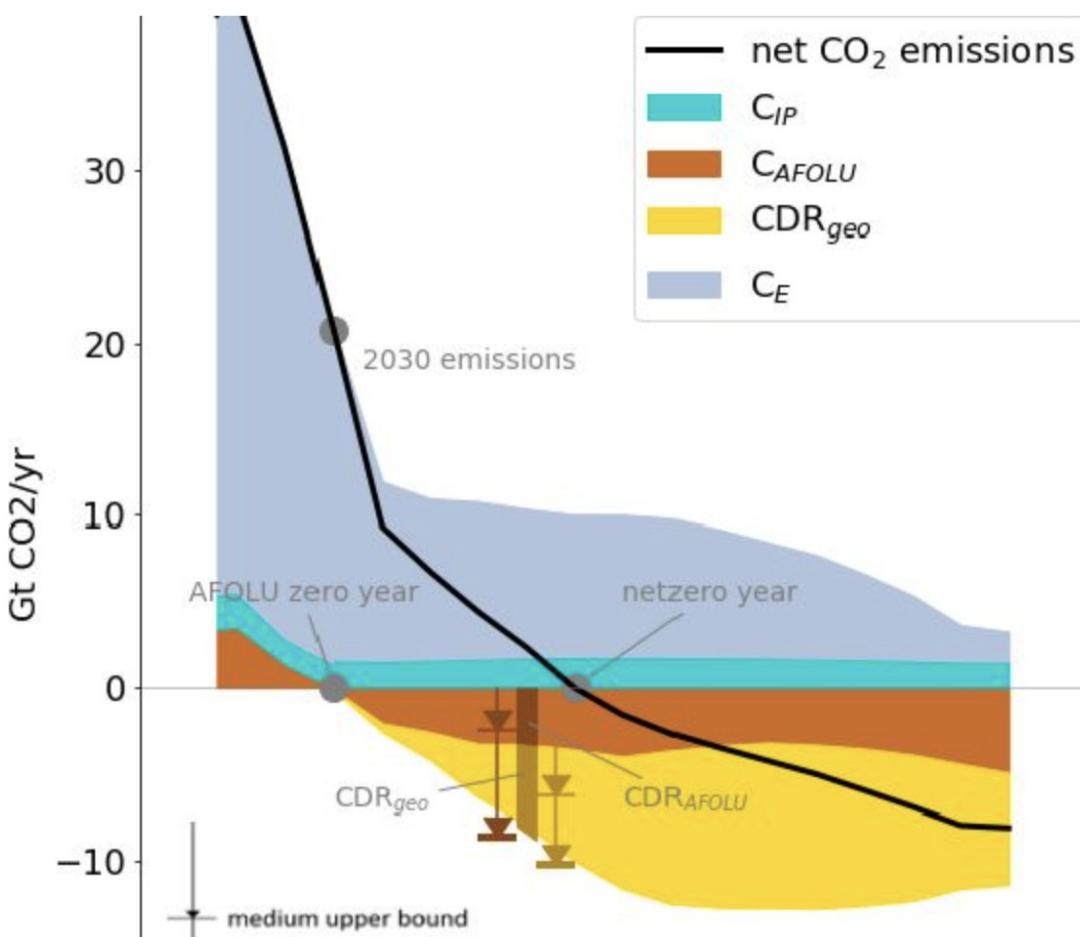
Carbon-Removal

Was ist Carbon-Removal?

Carbon-Removal = Technische Entfernung von CO_2 aus der Atmosphäre¹

Warum unvermeidlich?

Das verbleibende CO_2 -Budget ist KLEINER als das benötigte Carbon-Removal:



Greenhouse gas missions reduction pathways to achieve net zero. Cutout from fig.1a, Warszawski et al (2021)

Legende:

- CDR = Carbon Dioxide Removal = CO_2 -Entnahme durch technische Verfahren
- C_E = Carbon Emissions = CO_2 Emissionen durch Menschen

Stand 2024 (Johan Rockström, PIK Potsdam):

- Verbleibendes CO_2 -Budget für 1,5°C: Nur noch ca. 200 Gt CO_2 ²
- Jeder Monat verbraucht: 1% des verbleibenden Budgets³
- Budget aufgebraucht: In ca. 5-8 Jahren (2029-2032)
- 1,5°C-Überschreitung: Zwischen 2030-2035 mathematisch unvermeidlich⁴

Benötigtes Carbon-Removal:

- Overshoot-Szenarien: 1,5-1,8°C Überschreitung für 20-40 Jahre⁵
- Benötigtes Carbon-Removal: 310-1.000 Gt CO₂ zur Rückkehr zu 1,5°C⁶
- Verhältnis: Carbon-Removal-Bedarf ist 2-5x größer als verbleibendes Budget!

Rechtliche Konsequenz:

Das verbleibende CO₂-Budget (200 Gt) ist KLEINER als das benötigte Carbon-Removal (310-1.000 Gt)

- Jede neue Tonne CO₂ verschärft die Überschreitung und erhöht den Carbon-Removal-Bedarf
- Jede neue Tonne CO₂ muss also zusätzlich auch wieder künstlich entnommen werden – zu den entsprechenden Kosten.
- 1:1 Zuordnung: Wer heute emittiert, verursacht direkt Carbon-Removal-Kosten

Carbon-Removal-Technologien und Kosten

1. Direct Air Capture (DAC) - Direktes Abscheiden aus Luft

Technologie:

- Funktionsweise: Chemische Filter extrahieren CO₂ aus Umgebungsluft
- Energiebedarf: 1.500-2.000 kWh/t CO₂⁴
- Status: Erste kommerzielle Anlagen in Betrieb

Kosten (2024):

- Climeworks (Mammoth): 1.000-1.300 €/t CO₂ aktuell⁵
- Carbon Engineering: ~400 €/t CO₂ (Vertragspreise)⁶
- DAC-Markt Durchschnitt: 490 €/t CO₂ (Range: 100-2.000 €/t)
- Prognose 2050: 230-580 €/t CO₂ (bei Vollskalierung)⁷

2. BECCS - Bioenergie mit CO₂-Abscheidung

Technologie:

- Funktionsweise: Biomasse verbrennen + CO₂ abscheiden und speichern
- Doppelnutzen: Energie + CO₂-Entfernung
- Problem: Riesiger Flächenbedarf⁸

Kosten:

- Aktuelle Schätzung: 100-300 €/t CO₂⁹
- Flächenbedarf: 25-46% der Ackerfläche für nennenswerte Mengen¹⁰

3. Enhanced Rock Weathering - Gesteinsmineralisierung

Technologie:

- Funktionsweise: Gesteinsmehl bindet CO₂ aus der Atmosphäre
- Zeitraum: Sehr langsam (Jahre bis Jahrzehnte)
- Potenzial: Begrenzt, aber günstig

Kosten:

- Schätzung: 50-200 €/t CO₂¹¹
- Status: Großteils noch Forschung

Rechtliche Abgrenzung: Nur NEUE Emissionen seit 9. August 2021

Warum nur seit 9.8.2021?

- "Die Welt ist jetzt so wie sie ist": Historische Altlasten sind bereits da
- Wendepunkt 9.8.2021: IPCC macht Carbon-Removal-Notwendigkeit wissenschaftlich eindeutig
- Rechtsprinzip: Strafbarkeit nur für Emissionen nach gesicherter Schadenskenntnis

NEUE Emissionen seit 9.8.2021 = 1:1 Carbon-Removal-Verpflichtung:

Warum 1:1 Zuordnung (nicht "anteilig" oder "gemeinsam verursacht"):

Die Welt ist heute bereits so wie sie ist:

- Atmosphäre ist bereits übersättigt: 421 ppm CO₂ (sicherer Bereich: <350 ppm)
- CO₂-Budget ist aufgebraucht: Nur noch 300 Gt für 1,5°C verbleibend
- Kippunkte sind bereits aktiv: Grönlandeis, Amazonas, Permafrost destabilisiert
- Zustand unumkehrbar: Ohne Carbon-Removal keine Rückkehr zu sicheren Levels

Rechtliche Konsequenz - Jede neue Tonne CO₂ = individueller, vollständiger Schaden:

- Keine Verdünnung möglich: Atmosphäre kann kein weiteres CO₂ "verkraften"
- Kein Gemeinschaftsschaden: Jede Tonne verschärft die Katastrophe einzeln
- Direkte Verursachung: Wer heute emittiert, zwingt künftige Generationen zu Carbon Removal
- 1:1 Reparaturkosten: Jede emittierte Tonne muss einzeln wieder entfernt werden
- Beispiel Kraftwerk Neurath (30 Mio. t CO₂/Jahr):
 - Nicht: "RWE trägt anteilig zu globalen Problemen bei"
 - Sondern: "RWE verursacht direkt 30 Mio. × 490-1.000€ = 14,7-30 Mrd.€ Schulden pro Jahr"
 - 1:1 Zuordnung: 30 Mio. t emittiert = 30 Mio. t müssen wieder raus = 14,7-30 Mrd.€ Kosten
- Beispiel Müllverbrennung (24 Mio. t CO₂/Jahr):
 - Nicht: "Müllverbrennung trägt zu Klimawandel bei"
 - Sondern: "Müllverbrennung erzwingt direkt 24 Mio. × 490-1.000€ = 11,8-24 Mrd.€ Reparaturkosten pro Jahr"
 - 1:1 Zuordnung: 24 Mio. t emittiert = 24 Mio. t müssen wieder raus = 11,8-24 Mrd.€ Kosten

Rechtsprinzip: In einer bereits übersättigten Welt ist jede weitere Emission ein direkter, vollständiger, individuell zuordenbarer Schaden - keine "anteilige Mitverursachung".

Deutsche Emissionen seit IPCC-Bericht - direkte Verantwortung:

- Deutsche Emissionen 2022-2024: Ca. 1,8 Gt CO₂ (nur seit IPCC!)
- Carbon-Removal-Verpflichtung: 1,8 Gt CO₂ (1:1 Zuordnung)
- Bisherige Schulden: 882 Mrd. - 1,8 Bio. € für deutsche Kinder

Kostenrechnung für Deutschland

Szenario 1: Optimistisch - BECCS-Kosten (200 €/t CO₂)

- Deutsche Jahresemissionen: 600 Mio. t CO₂
- Carbon-Removal-Kosten: 120 Mrd. €/Jahr
- Relation BIP: 3% des deutschen BIP (4.000 Mrd. €)

Szenario 2: Realistisch - DAC-Marktdurchschnitt (490 €/t CO₂)

- Deutsche Jahresemissionen: 600 Mio. t CO₂
- Carbon-Removal-Kosten: 294 Mrd. €/Jahr
- Relation BIP: 7,4% des deutschen BIP

Szenario 3: Aktuell - Climeworks-Preise (1.000 €/t CO₂)

- Deutsche Jahresemissionen: 600 Mio. t CO₂
- Carbon-Removal-Kosten: 600 Mrd. €/Jahr
- Relation BIP: 15% des deutschen BIP - Volkswirtschaftlich nicht tragbar

Wer trägt die Kosten?

Das Generationenproblem:

- Verursacher: Heutige Generation (Kraftwerke, Industrie, Konsumenten)
- Kostenträger: Künftige Generationen (unsere Kinder/Enkel)
- Zeitverschiebung: Nutzen heute, Kosten in 20-30 Jahren¹⁴

Rechtliche Implikationen:

- Verursacherprinzip: Wer CO₂ emittiert, sollte Carbon-Removal bezahlen
- Generationengerechtigkeit: Art. 20a GG schützt künftige Generationen¹⁵
- Schadensersatz: Carbon-Removal-Kosten = konkrete Vermögensschäden

Alternativen zu Carbon-Removal

Was wäre günstiger als Carbon-Removal?

Sofortmaßnahmen:

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. Müllverbrennung stoppen: | 20 Mio. t CO ₂ /Jahr, 0 € Kosten (sogar Einsparung) ¹⁶ |
| 2. Kohlekraftwerke abschalten: | 200 Mio. t CO ₂ /Jahr, 40 Mrd. € einmalig ¹⁷ |
| 3. Industrie umstellen: | Teuer, aber günstiger als langfristige Carbon-Removal |

Kosten-Vergleich:

- | | |
|---------------------|---|
| • Energiewende: | 40-100 Mrd. € (einmalig) |
| • Carbon-Removal: | 60-480 Mrd. € (jedes Jahr) |
| • Schlussfolgerung: | Vermeidung ist immer günstiger als spätere Entfernung |

Zeitfaktor - Warum Eile geboten ist

Carbon-Removal-Hochlauf:¹⁸

- | | |
|---------------|--|
| • 2024: | 0,01 Gt CO ₂ /Jahr Kapazität |
| • 2030 nötig: | 1-5 Gt CO ₂ /Jahr (Faktor 100-500 Steigerung) |
| • 2050 nötig: | 10-20 Gt CO ₂ /Jahr (Faktor 2000 Steigerung) |

Das Skalierungsproblem:

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| • Aktuelle Anlagen: | Ein paar Millionen Euro/Anlage |
| • Benötigte Investitionen: | Billionen Euro weltweit |
| • Zeitfenster: | Nur noch 6 Jahre bis 2030 |

Risiken bei Verzögerung:

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| • Höhere Kosten: | Späte Technologien teurer |
| • Technisches Risiko: | Ungewiss ob rechtzeitig skalierbar |
| • Politisches Risiko: | Wer zahlt, wenn es teurer wird? |

Die wissenschaftliche Eindeutigkeit: JEDE Tonne CO₂ muss wieder raus

IPCC-Befund: Carbon-Removal zwingend erforderlich

- 1,5°C-Ziel: Benötigt 100-1.000 Gt CO₂ Entfernung im 21. Jahrhundert¹⁸
- Johan Rockström (PIK Potsdam): "Nur 9% jährliche Emissions-Reduktion bis 2030 können Überschreitung verhindern"¹⁹
- Realität: Ohne Carbon-Removal unmöglich unter 1,5°C zu bleiben
- Konsequenz: Jede heute emittierte Tonne CO₂ muss künftig wieder entfernt werden

Individuelle Verantwortung in der "Welt wie sie ist"

- CO₂-Budget: Fast aufgebraucht (~420 Gt verbleibend für 66% Chance auf 1,5°C)
- Mathematische Gewissheit: Jede zusätzliche Tonne verschärft Überschreitung
- Rechtliche Konsequenz: JEDER der fossilen Kohlenstoff verbrennt, verursacht direkt Carbon-Removal-Kosten
- Kein "Verdünnungseffekt": In einer überschrittenen Welt ist jede Emission ein individueller Schaden

Rechtlich relevante Schadensbilanz: NUR seit 9. August 2021

Rechtsprinzip: Nur Emissionen nach wissenschaftlich gesicherter Schadenskenntnis sind strafbar

Zeitliche Abgrenzung:

- Vor 9.8.2021: Carbon-Removal noch "prognostiziert" → rechtlich schwer verfolgbar
- Ab 9.8.2021: Carbon-Removal wissenschaftlich eindeutig → strafbare Schädigung
- Anteilige Berechnung 2021: Nur 4,7 Monate (9.8. - 31.12.2021) = 39% des Jahres

Müllverbrennung - Schadensbilanz seit IPCC-Bericht:

Jahr	CO ₂ -Emissionen (seit 9.8.2021)	Carbon-Removal-Kosten
2021*	9,4 Mio. t	4,6-12,2 Mrd. €
2022	24 Mio. t	11,8-31,2 Mrd. €
2023	24 Mio. t	11,8-31,2 Mrd. €
2024	24 Mio. t	11,8-31,2 Mrd. €
Strafbare Gesamtkosten- underschlagung	81,4 Mio. t	40,0-105,8 Mrd. €

* Nur ab 9. August 2021 (4,7 Monate)

Kohlekraftwerke - Schadensbilanz seit IPCC-Bericht:

Jahr	CO₂-Emissionen (seit 9.8.2021)	Carbon-Removal-Kosten
2021*	78 Mio. t	38,2-101,4 Mrd. €
2022	220 Mio. t	108-286 Mrd. €
2023	150 Mio. t	73,5-195 Mrd. €
2024	120 Mio. t	58,8-156 Mrd. €
Strafbare Gesamtkosten- unterschlagung	568 Mio. t	278,5-738,4 Mrd. €

* Nur ab 9. August 2021 (4,7 Monate)

Rechtlich relevante Gesamtschuld seit 9.8.2021:

- 649,4 Mio. t CO₂ (nur strafbare Emissionen seit IPCC)
- 318,5-844,2 Mrd. € Carbon-Removal-Kosten

Prognose: Weiterer Schuldenaufbau 2025-2030 (bei Weitemachen)

Annahmen für Projektion:

- Müllverbrennung: Bleibt konstant 24 Mio. t CO₂/Jahr (sofort vermeidbar)
- Kohlekraftwerke: Abnehmend durch Kohleausstieg 2030
(120→80→40→20→10→0 Mio. t)
- Carbon-Removal-Preise: Sinken langsam (1.000→800→600→500→400€/t bis 2030)

Jahr-für-Jahr zusätzliche Schulden für die Kindergeneration 2021-2030:

Jahr	Neue CO ₂ -Emissionen	Zusätzliche Carbon-Removal-Kosten
2025	144 Mio. t	86,4-144 Mrd. €
2026	124 Mio. t	62-99,2 Mrd. €
2027	104 Mio. t	41,6-62,4 Mrd. €
2028	84 Mio. t	25,2-33,6 Mrd. €
2029	64 Mio. t	12,8-16 Mrd. €
2030	44 Mio. t	4,4-5,3 Mrd. €

* Alle Angaben sind Prognosen basierend auf erwarteten Emissionsreduktionen.

Prognose bis 2030 (bei Weitemachen wie bisher)

Müllverbrennung (24 Mio. t CO₂/Jahr bis 2030):

- Zusätzliche Schuld 2025-2030: 70,8-187,2 Mrd. €

Kohlekraftwerke (abnehmend bis Ausstieg 2030):

- Zusätzliche Schuld 2025-2030: ~400-1.000 Mrd. €

Fazit: Die Carbon-Removal-Rechnung

Wissenschaftliche Gewissheit: IPCC, PIK Potsdam

Rechtliche Bewertung:

Carbon-Removal-Kosten sind konkrete, bezifferbare Schäden = strafbarer Vermögensschaden

Menschenwürde-Verletzung - Die Schuldbilanz:

- Müllverbrennung: Bis zu 46.000 € Schulden pro Kind - für NULL Nutzen
- Kohlekraftwerke: Bis zu 1,5 Mio. € Schulden pro Kind - obwohl Erneuerbare günstiger sind
- Gesamtschuld: Über 1,5 Mio. € Schulden pro deutschem Kind - Verstoß gegen Menschenwürde
- Rechtsprinzip: Kinder dürfen nicht mit derart hohen Schulden geboren werden, die sie nicht verursacht haben

Quellen

¹ IPCC AR6 WGIII: Mitigation of Climate Change

² Global Carbon Budget 2024

³ UNEP Emissions Gap Report 2024

⁴ IEA: Direct Air Capture 2024

⁵ Climeworks Preisliste 2024

⁶ Carbon Engineering Cost Analysis

⁷ IEA Technology Roadmap DAC

⁸ Nature Climate Change: BECCS Land Requirements

⁹ IPCC WGIII: BECCS Cost Estimates

¹⁰ Science: Global BECCS Potential

¹¹ Nature: Enhanced Weathering Costs

¹² IPCC AR6: 1.5°C Pathways

¹³ CDR Primer: Current Capacity

¹⁴ Stern Review: Generationengerechtigkeit

¹⁵ BVerfG Klimabeschluss 2021

¹⁶ UBA: Müllverbrennung Emissionen

¹⁷ Agora Energiewende: Kohleausstieg Kosten

¹⁸ IPCC SR15: 100-1.000 Gt CO₂ Entfernung für 1,5°C

¹⁹ Johan Rockström, PIK Potsdam: 9% jährliche Reduktion nötig

²⁰ UBA: Deutsche Müllverbrennung 24 Mio. t CO₂/Jahr

²¹ Energy Brainpool: Deutsche Kohle-Emissionen 2021-2024

²² Statistisches Bundesamt: Geburten Deutschland 2021-2024