

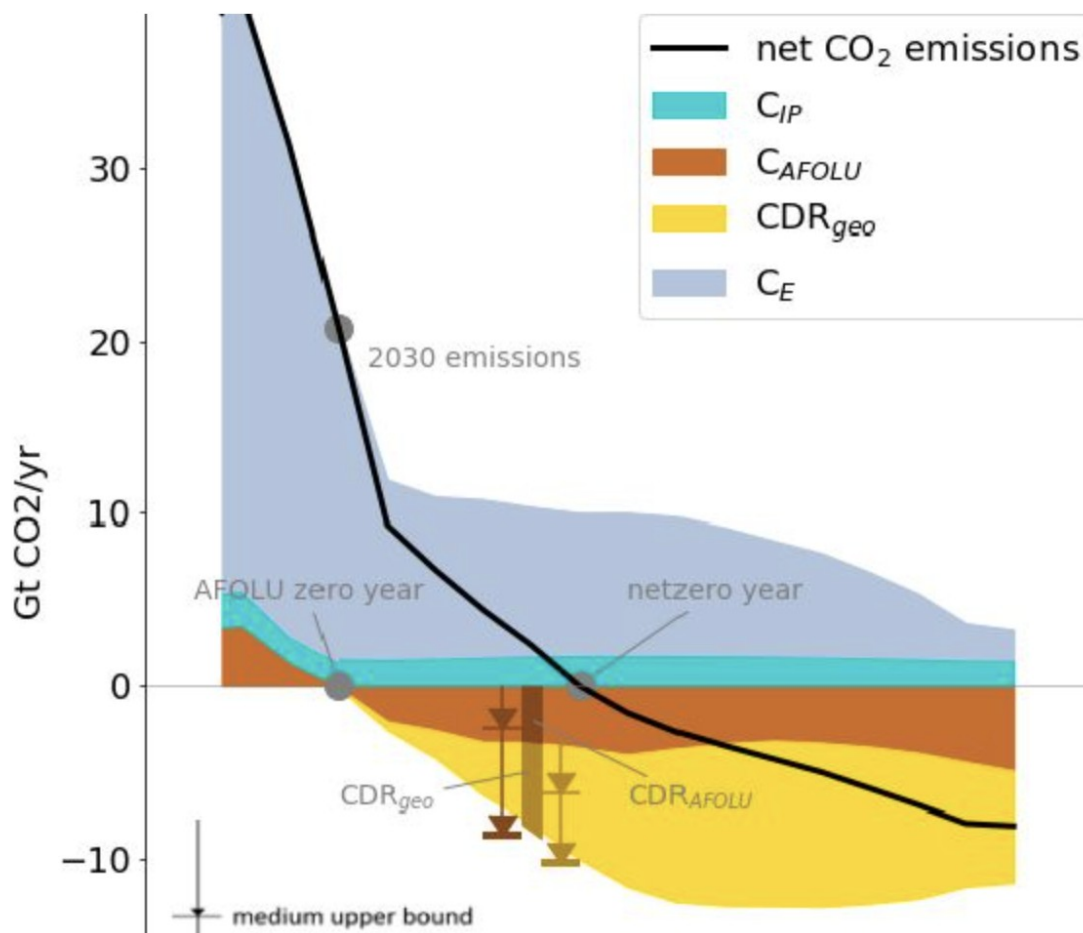
## Carbon-Removal

### Was ist Carbon-Removal?

Carbon-Removal = Technische Entfernung von  $\text{CO}_2$  aus der Atmosphäre<sup>1</sup>

### Warum unvermeidlich?

Das verbleibende  $\text{CO}_2$ -Budget ist KLEINER als das benötigte Carbon-Removal:



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

Legende:

- CDR = Carbon Dioxide Removal =  $\text{CO}_2$ -Entnahme durch technische Verfahren
- C<sub>E</sub> = Carbon Emissions =  $\text{CO}_2$  Emissionen durch Menschen

### Stand 2024 (Johan Rockström, PIK Potsdam):

- Verbleibendes  $\text{CO}_2$ -Budget für 1,5°C: Nur noch ca. 200 Gt  $\text{CO}_2$ <sup>2</sup>
- Jeder Monat verbraucht: 1% des verbleibenden Budgets<sup>3</sup>
- Budget aufgebraucht: In ca. 5-8 Jahren (2029-2032)
- 1,5°C-Überschreitung: Zwischen 2030-2035 mathematisch unvermeidlich<sup>4</sup>

**Benötigtes Carbon-Removal:**

- Overshoot-Szenarien: 1,5-1,8°C Überschreitung für 20-40 Jahre<sup>5</sup>
- Benötigtes Carbon-Removal: 310-1.000 Gt CO<sub>2</sub> zur Rückkehr zu 1,5°C<sup>6</sup>
- Verhältnis: Carbon-Removal-Bedarf ist 2-5x größer als verbleibendes Budget!

**Rechtliche Konsequenz:**

Das verbleibende CO<sub>2</sub>-Budget (200 Gt) ist KLEINER als das benötigte Carbon-Removal (310-1.000 Gt)

- Jede neue Tonne CO<sub>2</sub> verschärft die Überschreitung und erhöht den Carbon-Removal-Bedarf
- Jede neue Tonne CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> aus Umgebungsluft
- Energiebedarf: 1.500-2.000 kWh/t CO<sub>2</sub><sup>4</sup>
- Status: Erste kommerzielle Anlagen in Betrieb

#### Kosten (2024):

- Climeworks (Mammoth): 1.000-1.300 €/t CO<sub>2</sub> aktuell<sup>5</sup>
- Carbon Engineering: ~400 €/t CO<sub>2</sub> (Vertragspreise)<sup>6</sup>
- DAC-Markt Durchschnitt: 490 €/t CO<sub>2</sub> (Range: 100-2.000 €/t)
- Prognose 2050: 230-580 €/t CO<sub>2</sub> (bei Vollskalierung)<sup>7</sup>

### 2. BECCS - Bioenergie mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung

#### Technologie:

- Funktionsweise: Biomasse verbrennen + CO<sub>2</sub> abscheiden und speichern
- Doppelnutzen: Energie + CO<sub>2</sub>-Entfernung
- Problem: Riesiger Flächenbedarf<sup>8</sup>

#### Kosten:

- Aktuelle Schätzung: 100-300 €/t CO<sub>2</sub><sup>9</sup>
- Flächenbedarf: 25-46% der Ackerfläche für nennenswerte Mengen<sup>10</sup>

### 3. Enhanced Rock Weathering - Gesteinsmineralisierung

#### Technologie:

- Funktionsweise: Gesteinsmehl bindet CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre
- Zeitraum: Sehr langsam (Jahre bis Jahrzehnte)
- Potenzial: Begrenzt, aber günstig

#### Kosten:

- Schätzung: 50-200 €/t CO<sub>2</sub><sup>11</sup>
- 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 CO<sub>2</sub> (sicherer Bereich: <350 ppm)
- CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> = individueller, vollständiger Schaden:

- Keine Verdünnung möglich: Atmosphäre kann kein weiteres CO<sub>2</sub> "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 CO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub> (nur seit IPCC!)
- Carbon-Removal-Verpflichtung: 1,8 Gt CO<sub>2</sub> (1:1 Zuordnung)
- Bisherige Schulden: 882 Mrd. - 1,8 Bio. € für deutsche Kinder

## Kostenrechnung für Deutschland

### Szenario 1: Optimistisch - BECCS-Kosten (200 €/t CO<sub>2</sub>)

- Deutsche Jahresemissionen: 600 Mio. t CO<sub>2</sub>
- Carbon-Removal-Kosten: 120 Mrd. €/Jahr
- Relation BIP: 3% des deutschen BIP (4.000 Mrd. €)

### Szenario 2: Realistisch - DAC-Marktdurchschnitt (490 €/t CO<sub>2</sub>)

- Deutsche Jahresemissionen: 600 Mio. t CO<sub>2</sub>
- Carbon-Removal-Kosten: 294 Mrd. €/Jahr
- Relation BIP: 7,4% des deutschen BIP

### Szenario 3: Aktuell - Climeworks-Preise (1.000 €/t CO<sub>2</sub>)

- Deutsche Jahresemissionen: 600 Mio. t CO<sub>2</sub>
- 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 Jahren<sup>14</sup>

### Rechtliche Implikationen:

- Verursacherprinzip: Wer CO<sub>2</sub> emittiert, sollte Carbon-Removal bezahlen
- Generationengerechtigkeit: Art. 20a GG schützt künftige Generationen<sup>15</sup>
- Schadensersatz: Carbon-Removal-Kosten = konkrete Vermögensschäden

## Alternativen zu Carbon-Removal

### Was wäre günstiger als Carbon-Removal?

#### Sofortmaßnahmen:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1. Müllverbrennung stoppen:    | 20 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr, 0 € Kosten (sogar Einsparung) <sup>16</sup> |
| 2. Kohlekraftwerke abschalten: | 200 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr, 40 Mrd. € einmalig <sup>17</sup>           |
| 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:<sup>18</sup>

- |               |  |
|---------------|--|
| • 2024:       | 0,01 Gt CO <sub>2</sub> /Jahr Kapazität                  |
| • 2030 nötig: | 1-5 Gt CO <sub>2</sub> /Jahr (Faktor 100-500 Steigerung) |
| • 2050 nötig: | 10-20 Gt CO <sub>2</sub> /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 CO<sub>2</sub> muss wieder raus

### IPCC-Befund: Carbon-Removal zwingend erforderlich

- 1,5°C-Ziel: Benötigt 100-1.000 Gt CO<sub>2</sub> Entfernung im 21. Jahrhundert<sup>18</sup>
- Johan Rockström (PIK Potsdam): "Nur 9% jährliche Emissions-Reduktion bis 2030 können Überschreitung verhindern"<sup>19</sup>
- Realität: Ohne Carbon-Removal unmöglich unter 1,5°C zu bleiben
- Konsequenz: Jede heute emittierte Tonne CO<sub>2</sub> muss künftig wieder entfernt werden

### Individuelle Verantwortung in der "Welt wie sie ist"

- CO<sub>2</sub>-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 <sub>2</sub> -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- unterschlagung	81,4 Mio. t	40,0-105,8 Mrd. €

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

**Kohlekraftwerke - Schadensbilanz seit IPCC-Bericht:**

<b>Jahr</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen (seit 9.8.2021)</b>	<b>Carbon-Removal-Kosten</b>
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 CO<sub>2</sub> (nur strafbare Emissionen seit IPCC)
- 318,5-844,2 Mrd. € Carbon-Removal-Kosten



**Prognose: Weiterer Schuldenaufbau 2025-2030 (bei Weitermachen)****Annahmen für Projektion:**

- Müllverbrennung: Bleibt konstant 24 Mio. t CO<sub>2</sub>/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 <sub>2</sub> -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 Weitermachen wie bisher)****Müllverbrennung (24 Mio. t CO<sub>2</sub>/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

- <sup>1</sup> IPCC AR6 WGIII: Mitigation of Climate Change
- <sup>2</sup> Global Carbon Budget 2024
- <sup>3</sup> UNEP Emissions Gap Report 2024
- <sup>4</sup> IEA: Direct Air Capture 2024
- <sup>5</sup> Climeworks Preisliste 2024
- <sup>6</sup> Carbon Engineering Cost Analysis
- <sup>7</sup> IEA Technology Roadmap DAC
- <sup>8</sup> Nature Climate Change: BECCS Land Requirements
- <sup>9</sup> IPCC WGIII: BECCS Cost Estimates
- <sup>10</sup> Science: Global BECCS Potential
- <sup>11</sup> Nature: Enhanced Weathering Costs
- <sup>12</sup> IPCC AR6: 1.5°C Pathways
- <sup>13</sup> CDR Primer: Current Capacity
- <sup>14</sup> Stern Review: Generationengerechtigkeit
- <sup>15</sup> BVerfG Klimabeschluss 2021
- <sup>16</sup> UBA: Müllverbrennung Emissionen
- <sup>17</sup> Agora Energiewende: Kohleausstieg Kosten
- <sup>18</sup> IPCC SR15: 100-1.000 Gt CO<sub>2</sub> Entfernung für 1,5°C
- <sup>19</sup> Johan Rockström, PIK Potsdam: 9% jährliche Reduktion nötig
- <sup>20</sup> UBA: Deutsche Müllverbrennung 24 Mio. t CO<sub>2</sub>/Jahr
- <sup>21</sup> Energy Brainpool: Deutsche Kohle-Emissionen 2021-2024
- <sup>22</sup> Statistisches Bundesamt: Geburten Deutschland 2021-2024