

# CERTIFICATION OF CARBON REMOVALS

## *Part 1: Synoptic review of carbon removal solutions*

Niki Bey (Ramboll)  
Hugh McDonald (Ecologic)  
Larisa Maya-Drysdale (Ramboll)  
Raphaëlle Stewart (Ramboll)  
Cordelia Pätz (Ramboll)  
Maria Naae Hornsleth (Ramboll)  
Laurens Duin (Ecologic)  
Ana Frelih-Larsen (Ecologic)  
Christian Heller (Umweltbundesamt GmbH)  
Paul Zakkour (Carbon Counts GmbH)



SUMMARY – ACCESSIBLE FORMAT  
REP-0795

DECEMBER 2021

## SUMMARY

<b><i>Carbon removal certification mechanism for the EU</i></b>	The European Commission is developing a certification mechanism for nature-based and technology-based carbon removals. To support its development, this report reviews existing solutions for such removals, covering both nature-based solutions (NBS) and technology-based solutions (TBS).
<b><i>Solutions' potential to remove carbon</i></b>	To assess the solutions' <b>potential</b> to deliver carbon removals in the European context, we investigated among other aspects: solution maturity, estimates of carbon removal potential (tCO <sub>2</sub> -e), solution costs, practical challenges to deploy the solution at large scale, and permanence aspects of carbon removals delivered by the solution.
<b><i>Solutions' suitability for certification-based mechanism</i></b>	To assess the solutions' <b>suitability</b> for inclusion in a carbon removal certification mechanism, we investigated among other aspects: existing Monitoring, Reporting & Verification (MRV) frameworks dealing with the solution, solution co-benefits and potential negative externalities, and the scale of projects implementing the solution.
<b><i>Carbon removal solutions</i></b>	We assessed the following twelve carbon removal solutions, evaluating their potential to remove carbon and their suitability for deployment within Europe. Each solution is described using a multi-page fiche that covers uncertainty, permanence, cost, monitoring approaches, and other issues; these are included in Annex 1 of the report: <ul style="list-style-type: none"> <li>• #1 – Afforestation &amp; Reforestation</li> <li>• #2 – Agroforestry</li> <li>• #3 – Peatland rewetting</li> <li>• #4 – Forest management (including natural forest management and improved plantation Carbon.</li> <li>• #5 – Increase in soil organic carbon on mineral soils</li> <li>• #6 – Biochar</li> <li>• #7 – Biomass in buildings</li> <li>• #8 – Direct air carbon capture and storage (DACCS)</li> <li>• #9 – Bioenergy with carbon capture and storage (BECCS)</li> <li>• #10 – Enhanced rock weathering</li> <li>• #11 – Carbon capture and storage (CCS)<sup>1</sup></li> <li>• #12 – Various Carbon Capture and Utilisation (CCU) routes</li> </ul>

---

<sup>1</sup> strictly speaking CCS typically only involves capture and storage of CO<sub>2</sub> from (fossil) point sources, not directly from the atmosphere. It is included in this study as a reference, in particular for DACCS and BECCS.

**Main findings** Main findings from the assessment include:

- No solution stands out as the single most promising one. Solutions differ widely when compared along parameters such as maturity, carbon removal potential, costs, permanence/reversibility risk and co-benefits/negative externalities.
- Some NBS are more mature and are today more cost-effective (per removed amount of carbon) than TBS, yet NBS typically show higher risks in terms of permanence/reversibility than TBS. The quantification of removals of NBS is, furthermore, generally more difficult and less robust than that of TBS in terms of more demanding MRV requirements.

Main methodological findings include:

- Known, inherent assessment challenges became obvious, e.g. assessment criteria of mechanisms/solutions need to reflect differences of mechanisms/solutions by being relatively highly granular (in terms of sub-criteria, range intervals, etc.), yet such granular assessments counteract high-level design recommendations for a mechanism.
- Exact scope and system boundaries for accounting of removals – as defined in existing mechanisms – often differs, making comparisons difficult.
- Cost aspects are often not described with a clear scope/system boundary or with a clear description of to whom those costs incur and when, e.g. during the lifespan of a solution.
- The costs of robustly demonstrating carbon removals through MRV can be significant and should be considered alongside the establishment and operational costs of a solution.

Overall, the report aims to provide a thorough overview of existing carbon removal solutions. By documenting different key characteristics of such removal solutions, the report identifies and evaluates a range of options for the EU certification mechanism, supporting the development of a robust and effective system to incentivise uptake of carbon removals within Europe.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Europäische Kommission entwickelt einen Rechtsrahmen für die Zertifizierung der Entfernung von Kohlendioxid aus der Atmosphäre. Um diese Entwicklung zu unterstützen, werden im vorliegenden Bericht bestehende Lösungen geprüft. Die Untersuchung umfasst sowohl natur-basierende Lösungen (nature-based solutions, NBS) und technologie-basierende Lösungen (technology-based solutions, TBS).

### **Potenzial Kohlendioxid zu entfernen**

Um das **Potenzial** der einzelnen Lösungen zu bewerten, wurden folgende Aspekte beleuchtet: Marktreife der Lösung, Abschätzungen des Potenzials Kohlendioxid zu reduzieren (tCO<sub>2</sub>-äq), Kosten, Herausforderungen bei der Implementierung, Dauerhaftigkeit der Entfernung von Kohlendioxid, usw.

### **Eignung der Lösungen für ein Zertifizierungssystem**

Um die Eignung der einzelnen Lösungen zu bewerten, wurden folgende Aspekte beleuchtet: der bestehende Rahmen für die Überwachung, Berichterstattung und Verifizierung der Kohlendioxid-Senken, positive und negative Umwelt(neben)effekte und die Größenordnung einzelner Projekte.

### **Lösungen zur Entfernung von Kohlendioxid aus der Atmosphäre**

Folgende zwölf Lösungen zur Entfernung von Kohlendioxid aus der Atmosphäre wurden hinsichtlich Potenzial und Eignung untersucht und in einem Informationsblatt beschrieben (siehe Anhang 1):

- #1 – Aufforstung und Wiederaufforstung
- #2 – Agroforstwirtschaft
- #3 – Wiedervernässung von Mooren
- #4 – Waldbewirtschaftung
- #5 – Erhöhung des organischen Kohlenstoffgehaltes in mineralischen Böden
- #6 – Pflanzenkohle
- #7 – Biomasse in der Bauwirtschaft
- #8 – Kohlenstoffabscheidung und -speicherung aus der Luft
- #9 – Kohlenstoffabscheidung und -speicherung aus Bioenergie
- #10 – Beschleunigte Verwitterung
- #11 – Kohlenstoffabscheidung und -speicherung aus fossilen Quellen
- #12 – Diverse Formen der Kohlenstoffabscheidung und -nutzung

**Wesentliche  
Ergebnisse**

Die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Keine Lösung erweist sich als deutlich vielversprechender als die anderen. Es bestehen deutliche Unterschiede in Marktreife, Reduktionspotenzial, Kosten, Dauerhaftigkeit der Speicherung und Risiko der Umkehrbarkeit der Entfernung, sowie der positiven und negativen Umwelt(neben)effekte.
- Manche NBS sind bereits marktreif und sind, zum heutigen Zeitpunkt, kosteneffizienter als TBS, weisen jedoch geringere Dauerhaftigkeit und ein höheres Risiko der Umkehrbarkeit der Kohlendioxid-Entfernung auf. Darüber hinaus stellt sich auch die Quantifizierung der entfernten Menge für NBS als schwieriger und weniger robust als für TBS heraus.

Die wesentlichen methodischen Ergebnisse für die Entwicklung eines Zertifizierungssystems lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Unterschiede in den einzelnen Eigenschaften der jeweiligen Lösungen, legen differenzierte, auf die jeweilige Lösung besser zugeschnittene, Zertifizierungssysteme nahe. Eine solche Differenzierung steht jedoch im Konflikt mit dem Ziel, ein einfaches, breit anwendbares Zertifizierungssystem zu entwickeln.
- Der Umfang und die Systemgrenzen der in der Literatur berichteten Daten zu den einzelnen Aspekten jeder Lösung variiert, wodurch die Vergleichbarkeit erschwert wird.
- Informationen zu Kosten waren oft nicht klar ausgewiesen, insbesondere in Hinblick auf deren Systemgrenzen, wo die Kosten anfallen und zu welchem Zeitpunkt im Lebenszyklus der Lösung. Dies erschwert die Vergleichbarkeit der Daten aus der Literatur.
- Die Kosten für die Überwachung, Berichterstattung und Verifizierung können teils erheblich im Vergleich zu den sonstigen Betriebskosten einzelner Lösungen, insbesondere für NBS ausfallen. Diese sollten bei der Entwicklung eines Zertifizierungssystems berücksichtigt werden.

Dieser Bericht gibt einen umfassenden Überblick über die unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen Lösungen zur Entfernung von Kohlendioxid aus der Atmosphäre. Diese sollen als Grundlage für die Entwicklung eines robusten und effektiven Zertifizierungssystems in der Europäischen Union dienen.

## **Imprint**

Owner and Editor: Umweltbundesamt GmbH  
Spittelauer Laende 5, 1090 Vienna/Austria

*This publication is only available in electronic format at <https://www.umweltbundesamt.at/>.*

© Umweltbundesamt GmbH, Vienna, 2021  
All Rights reserved