

Empfehlungspapier

Messen, berichten und verifizieren biogener Negativemissionen: zwischen Robustheit und Komplexität

Inga Katharina Götz¹, Stefan Majer¹, Daniela Siedschlag², Daniela Thrän²

¹ Deutsches Biomasseforschungszentrum, gemeinnützige GmbH – DBFZ

² Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ

Inhalt

| | | |
|------|---|----|
| 1. | Abkürzungs- und Symbolverzeichnis | 3 |
| 2. | Einleitung | 4 |
| 3. | Empfehlungen..... | 6 |
| 3.1. | Inventarisierung und Schnittstellen | 6 |
| 3.2. | Finanzierungsbedarf..... | 7 |
| 3.3. | Lenkungsinstrument Zertifizierung | 8 |
| 3.4. | Praktikabilität und Robustheit..... | 9 |
| 3.5. | Wettbewerbsbedingungen..... | 10 |
| 3.6. | Entnahme vs. Vermeidung | 11 |
| 3.7. | Vertrauen..... | 11 |
| 4. | Schlussfolgerungen | 12 |
| 5. | Literaturverzeichnis..... | 14 |
| 6. | Danksagung | 14 |

1. Abkürzungs- und Symboerverzeichnis

| Abkürzung | Erklärung |
|------------------|---|
| BECCS | Bioenergie mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung |
| CCS | Carbon capture and storage (Kohlenstoffabscheidung und -speicherung) |
| CCU | Carbon capture and utilisation (Kohlenstoffabscheidung und -nutzung) |
| CDR | Kohlenstoffentnahme („Carbon dioxide removal“) |
| CRCF | EU Carbon Removal and Carbon Farming Certification, Verordnung 2024/3012 |
| DAC | Direct Air Capture (Kohlenstoffdioxidabscheidung aus der Luft) |
| ETS | EU-Emissionshandel („Emission Trading System“) |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| MRV | „Measurement, Reporting and Verification“ (Messung, Berichterstattung, Überprüfung) |
| NET | Negativemissionstechnologie |
| THG | Treibhausgas |

2. Einleitung

Die Europäische Union hat sich aus der Verpflichtung des Pariser Klimaübereinkommens das Ziel der Klimaneutralität bis 2050 gesetzt. Das Ziel einer Netto-Null Emissionsbilanz unterstreicht bereits durch den Namen, dass zur Erreichung auch Kompensationen schwer vermeidbarer Emissionen durch Kohlenstoffentnahmen aus der Atmosphäre eine Rolle spielen [1]. Entnahmen sind somit zusätzlich zu Emissionsvermeidung und -reduktion ein wichtiger Teil der EU-Klimastrategie und gewinnen für die Zielerreichung immer mehr an Bedeutung. Natürliche, auch als konventionell bezeichnete Kohlenstoffentnahmen (in Abgrenzung zu neuartigeren technischen Lösungen) machen derzeit fast die gesamten Entnahmen aus und auch die meisten Zukunftsszenarien bestätigen deren strategische Bedeutung. Selbst in Szenarien mit hohem Anteil an technischen Entnahmen stellen natürliche Entnahmen im Jahr 2030 noch ca. 75 % bereit, 2050 noch 64 %. [4].

Der IPCC definiert Kohlenstoffentnahmen als menschliche Aktivitäten, die CO₂ aus der Atmosphäre entnehmen und langfristig in geologischen, terrestrischen, oder ozeanischen Reservoirs oder Produkten speichern. Natürliche CO₂ Senken, die nicht direkt durch menschliche Aktivitäten verursacht sind, fallen nicht darunter, genauso wie CCS (Kohlenstoffabscheidung und Speicherung) oder CCU (Kohlenstoffabscheidung und Nutzung) von fossilem Kohlenstoff [6]. Entsprechende menschliche Aktivitäten für Kohlenstoffentnahmen aus der Atmosphäre werden im Folgenden als Negativemissionstechnologien (NETs) bezeichnet. Beispiele sind die direkte Abscheidung und Speicherung von CO₂ aus der Luft über technische Lösungen oder die Bindung und langfristige Speicherung von CO₂ aus der Atmosphäre in zusätzlich gepflanzten Bäumen oder langlebigen Bauprodukten. Entnahmen sind von Emissionsvermeidungen (z. B. durch verhinderte Brandrodung von Wäldern) zu unterscheiden.

Damit NETs einen verlässlichen Beitrag zur Klimapolitik leisten können, muss ihr tatsächlicher Beitrag sicher nachweisbar sein. Dafür ist das Erfassen, Verifizieren und Berichten (engl.: Monitoring, Reporting and Verification, MRV) ihrer Beiträge zur CO₂-Entnahme notwendig. MRV-Systeme sind also nötig um NETs in die nationale THG-Berichterstattung zu integrieren und auf ihre Leistungen auf freiwilligen Kohlenstoffmärkten in Wert zu setzen. Beide Leistungen sind anspruchsvoll und verlangen unterschiedliche Ausgestaltungen der MRV-Systeme:

Tabelle 1: MRV im Kontext der nationalen Treibhausgasinventare und des freiwilligen Marktes für den Handel mit CO₂-Entnahmen

| Kontext | Funktion | Grundlage | MRV-Basis |
|---|---|--|--|
| Nationale THG-Berichterstattung (Internationale Politik) | Berechnung der Gesamt- und Sektoremissionen eines Landes und Einsparungen mit Bezug zum Status im Jahr 1990 | Multi-nationale Klimaschutzvereinbarung Kyoto Protokoll: Reduktionsziele der Unterzeichnerländer | Klare Vorgaben zum Design und der Methodik des MRV-Systems durch IPCC Guidelines |
| Freiwillige Kohlenstoffmärkte außerhalb des ETS (Unternehmen) | Kohlenstoffzertifikate je Tonne reduzierter oder entnommener CO ₂ (Äquivalent) Mengen | Keine verpflichtenden Vorgaben. Die EU Richtlinie zu Carbon Removals and Carbon Farming schafft zukünftig einen freiwilligen Rahmen. | Private Zertifizierungssysteme mit unterschiedlichen MRV-Anforderungen und Designs |

Die folgenden Empfehlungen für die Entwicklung und Ausgestaltung von MRV-Systemen für NETs sind im Rahmen des Projekts BioNET (Multi-level Assessment of Bio-based Negative Emission Technologies, Förderkennzeichen 01LS2107B) entstanden. Sie adressieren die zukünftige Begleitung von NETs durch MRVs, um die Realisierung und Erschließung des breiten Potentials an biobasierten CO₂-Entnahmekonzepten zu unterstützen. Dazu wurden im Rahmen des Projektes Expert:inneninterviews durchgeführt und die erarbeiteten Empfehlungen mit Hilfe eines Workshopformates weiter präzisiert.

Exkurs: CRCF Verordnung der Europäischen Union

Viele der Empfehlungen in diesem Papier beziehen sich auf die Weiterentwicklung des freiwilligen Kohlenstoffmarktes. Dieser Markt erhält derzeit durch die CRCF-Verordnung (EU Carbon Removal and Carbon Farming Certification, Verordnung 2024/3012 [9]) der Europäischen Union einen neuen Rahmen für einen freiwilligen Qualitätsstandard. Teil des CRCF Rahmens sind Qualitätskriterien und methodische Mindestanforderungen für die Ausgestaltung von MRV-Systemen für verschiedene NETs. Diese adressieren Bereiche wie die Quantifizierung, die Zusätzlichkeit, Speicherung, Überwachung und Haftung sowie die erweiterte Nachhaltigkeit von NETs. Die konkreten Berechnungsmethoden für verschiedene Konzepte zur Realisierung von Negativemissionen werden in delegierten Rechtsakten anhängig zur Verordnung beschrieben. Diese sind (Stand Anfang Januar 2026) noch nicht verabschiedet worden. Aufgegliedert sind die Methoden in die Bereiche:

- Permanente Entnahmen: DACCS, BECCS, Biokohle
- Landwirtschaft und Böden (carbon farming): Landwirtschaft, Agroforstwirtschaft, Moor-Wiedervernässung, Aufforstung
- Kohlenstoffspeicherung in Gebäuden: Holzbauelemente, biobasierte Dämmung

Innerhalb dieser Dynamik gibt dieses Empfehlungspapier Anregungen für die Umsetzung des CRCF-Rahmens, mit Bezug auf die im Projekt BioNET betrachteten Konzepte. Dies betrifft auch nationale Herausforderungen, wie beispielweise den Aufbau von Registern und Überwachung des Marktes sowie Anreize für eine langfristige Nachfrage nach hochwertigen Entnahmen.

3. Empfehlungen

3.1. Inventarisierung und Schnittstellen

Systeme zum Monitoring, dem Reporting und der Verifizierung der Klimaeffekte von biobasierten NETs sind auf verschiedenen Ebenen relevant um die Entwicklung von biobasierten NETs zu unterstützen. Dazu gehören mindestens: 1. die Erfassung von Treibhausgassenken und -quellen im Kontext der nationalen THG-Inventare und der THG-Berichterstattungen sowie 2. MRVs als ein wichtiges Instrument für die Einbindung von biobasierten NETs in Märkte für CO₂-Zertifikate in den nicht-ETS-Wirtschaftssektoren.

MRV-Systeme können einen Beitrag zur detaillierten Erfassung, Verifizierung und dem Reporting von Kohlenstoffflüssen (z. B. Senken und Emissionen) leisten. In dem Maße, in dem sich biobasierte NETs weiterentwickeln, sind auch die passenden MRVs für diese biobasierten NETs zu implementieren. Dabei sollte auf mögliche Schnittstellen und Synergieeffekte zwischen den Ebenen der freiwilligen Kohlenstoffmärkte und den Arbeiten zum nationalen Treibhausgasinventar geachtet werden. Die Unterschiede in den MRVs für beide benannten Bereiche werden im Folgenden anhand einer beispielhaften BECCS-Prozesskette dargestellt. Dabei werden die unterschiedlichen Systemgrenzen und auch Zielstellungen der beiden Ansätze deutlich.

Tabelle 2: Unterschiede zwischen MRV-Systemen für eine beispielhafte BECCS-Prozesskette

| Prozess-kette | MRV für die nationale Emissionsberichterstattung (Inventar) | MRV für CO ₂ -Zertifikate im Non-ETS (Projekt) | Typische MRV-Unterschiede | Anschluss-fähigkeit |
|-------------------------------|--|--|--|--|
| Holzernte | Erfassung von Bestandsänderungen im Bereich Agriculture, Forestry and other Land Use (AFOLU) 3.A; Erfassung der Emissionen aus Ernteprozessen (Energieeinsatz, 1A4c) | Erfassung von Kohlenstoffbestandsänderungen im Forst ist i. d. R. außerhalb der Systemgrenzen. THG-Emissionen aus Prozessen zur Holzernte, Transport und Verarbeitung werden in der Regel detailliert bilanziert. | Inventar: landesweit/Statistik. Projekt: projektinterne, reale Daten | Projektinterne Daten zu verwendeten Holzmengen, Ernteprozessen, Energieverbräuchen etc. können helfen die Datenbasis für die Erstellung des Inventars zu verbessern. |
| Verarbeitung zu Holzprodukten | Erfassung der Emissionen aus Energieeinsatz in der Industrie 1A2; Zufluss in Harvested Wood Products HWP 3.D.1 (für den Teil der stofflich genutzt wird) | Energieeinsatz und Emissionen aus Unterstützungsprozessen sind teilweise Bestandteil der THG-Bilanzierung der NET-Projekte (für den Teil der Holzstoffströme die nicht stofflich genutzt werden) | Inventar: Energie & HWP getrennt Projekt: Fokus auf (fossile) Emissionen aus der Holzverarbeitung | |
| Nutzung von Holzprodukten | Erfassung des Kohlenstoffspeicher im HWP – Pool inklusive Abnahme über Default-Halbwertszeiten | i.d.R. nicht Bestandteil der Bilanzierung (da Teil der Produktsysteme der stofflichen Nutzung) | Inventar: Ansatzwahl (Production/Stock-Change/Atmospheric-Flow) Projekt: keine Doppelgutschrift von HWP | Informationen zu Veränderungen des Kohlenstoffspeichers im HWP-Pool können bspw. Indikationen zu verstärkten Anreizen der energetischen Holznutzung liefern. |

| | | | | |
|-----------------------|---|--|--|---|
| EoL-Verbrennung + CCS | Erfassung der CO ₂ Emissionen aus der energetischen Nutzung im AFOLU/HWP Sektor. Bericht über CO ₂ Emission als Memo im Energiesektor (1A); Nicht CO ₂ THG Emissionen: Erfassung von CH ₄ /N ₂ O im Energiesektor → 1A; Speicherung erfassst im Sektor 1C (negativer Beitrag im Sektor: CO ₂ -Transport, Injektion und Speicherung) | Berechnung des CO ₂ Removals = injiziertes CO ₂ Projekt Emissionen (z.B. Energiebedarf, Bereitstellungsemissionen der Brennstoffe, etc.) werden abgezogen „Leakage“ kann ggf. eine Rolle bei den vorangegangen Prozessen haben Permanenz/Monitoring | Inventar: Sektorale Verbuchung inkl. 1C. Projekt: Anlagenmessung + Lebenszyklus-Emissionen innerhalb Projektgrenze. | Informationen aus den NET-Projekten können die Erstellung des THG-Inventars auf nationaler Ebene unterstützen. Die Daten aus beiden Handlungsbereichen können zudem Indikationen für die Veränderung von Stoffströmen (z.B. von stofflich zu energetisch) geben. |
|-----------------------|---|--|--|---|

Geeignete MRV-Methoden für biobasierte NETs im Bereich des freiwilligen Kohlenstoffmarktes sollten möglichst anschlussfähig an die Bilanzierungsregeln für nationale THG-Inventare sein, diese Möglichkeit bietet sich insbesondere, wenn von politischer Seite (freiwillige) Standards geschaffen werden, wie beispielsweise im Rahmen des CRCF. Gelingt dies, und ist eine Nutzung von Daten aus MRV-Systemen möglich, kann die Erhebung der nationalen THG-Inventare unterstützt und möglicherweise verbessert werden.

Ein verbesserter Datenfluss von der projektbasierten Ebene für freiwillige oder regulierte CO₂-Zertifizierungsprozesse (z. B. im Bereich der freiwilligen Kohlenstoffmärkte oder im Kontext der Erneuerbare-Energien-Richtlinie) hin zur staatlichen Ebene der nationalen Treibhausgasberichterstattung bietet damit erhebliches Potenzial zur Verbesserung von Datenqualität und Transparenz für die nationale THG-Berichterstattung. Durch die Integration solcher Projektdaten könnten Unsicherheiten reduziert, regionale Differenzierungen besser abgebildet und neue Senkenarten (z. B. Biochar) systematisch in die Inventare aufgenommen werden. Voraussetzung sind jedoch eine Harmonisierung der Bilanzierungslogik, sowie klare Regeln zur Datennutzung sowie die Vermeidung von Doppelzählungen durch lückenlose Nachverfolgbarkeit in europäischen Datenbanken. Gelingt diese Verzahnung, lässt sich ein doppelter Nutzen realisieren: höhere Integrität der CO₂-Märkte und gleichzeitig eine verbesserte nationale Klimaberichterstattung.

3.2. Finanzierungsbedarf

Biobasierte NETs sind ein wichtiger Baustein zur Reduktion und Entnahme von THG-Emissionen, ihr vollständiges Potenzial lässt sich aber nicht alleine durch eine Finanzierung aus den freiwilligen Kohlenstoffmärkten entwickeln.

MRV-Systeme ermöglichen eine Finanzierung von NETs über den freiwilligen Markt, zusätzlich zu staatlich unterstützten Projekten. Erlöse aus CO₂-Zertifikaten in freiwilligen Kohlenstoffmärkten können zur Entwicklung von biobasierten NET-Projekten beitragen, sie stellen jedoch keine ausreichende Finanzierungsquelle dar, um das vorhandene CO₂-Reduktions- und -Senkenpotenzial der verschiedenen Negativemissionstechnologien

gleichzeitig zu erschließen. Herausforderungen zeigen sich beim Zugang zum Handel mit Entnahmезertifikaten, der stark nach Negativemissionstechnologie, Reifegrad und Skalierbarkeit variiert. Darüber hinaus existiert kein einheitliches Instrument, das alle biobasierten NET-Ansätze gleichermaßen fördert. Die Marktlogik honoriert vor allem Projekte mit rascher, kurzfristiger Skalierbarkeit, nicht aber den langfristigen Klimanutzen (z. B. langlebige Kohlenstoffspeicherung durch Biochar).

Zur Realisierung eines ausgewogenen Technologiespektrums und zur Absicherung von Pionierprojekten mit hohem langfristigem Nutzen sind daher ergänzende förderpolitische Maßnahmen unbedingt erforderlich. Für die Marktentwicklung im Bereich der Negativemissionen können politische Instrumente zur Unterstützung von first movers, also jener Akteure, die frühzeitig investieren und damit höhere Risiken und Kosten tragen, sinnvoll sein. Dies kann u.a. mit gezielten Förderprogramme, Investitionszuschüssen, staatlichen Abnahmegarantien für Entnahmезertifikate, steuerlichen Anreizen oder weiteren regulatorische Rahmenbedingungen, die Planungssicherheit schaffen erfolgen. Ziel ist es, das hohe Risiko durch die anfänglich hohen Kosten zu senken, Skalierung zu ermöglichen und einen marktgetriebenen Nachfragepfad aufzubauen. Dies betrifft insbesondere neuartige biobasierte NETs mit hohen Kosten, beispielsweise BECCS, im Gegensatz zu beispielsweise etablierten waldbaulichen Maßnahmen. Für noch im Forschungsstadium befindliche Entnahmemethoden ist die Förderung von Pilot- und Erprobungsanlagen zentral, da sie technologische Risiken senkt, reale Kosten- und Entnahmedaten liefert und damit die Grundlage für Skalierung und spätere Marktreife schafft.

3.3. Lenkungsinstrument Zertifizierung

Ein gut regulierter freiwilliger Markt kann Investitionen in hochwertige CDR-Projekte anreizen.

Der freiwillige Markt deckt bisher nur einen geringen Anteil bei der Finanzierung von Negativemissionen ab, spielt jedoch, gerade bei den Investitionen in neuartige Kohlenstoffentnahmetechnologien, eine wichtige Rolle. Die Vorauskäufe für diese Technologien (davon über die Hälfte allein an BECCS Zertifikaten) waren wesentlich größer als die realisierten Entnahmen durch diese Methoden im Jahr 2023 [4]. Damit kann der freiwillige Markt als zusätzliche Möglichkeit eine wichtige Funktion erfüllen, um Investitionen in einen sinnvollen Ausbau von Negativemissionen anzureizen und spielt zudem eine wichtige Rolle bei der MRV-Methodenentwicklung.

Derzeit bestehen jedoch keine einheitlichen Qualitätsanforderungen oder Regulierungen für den freiwilligen Markt. Der Prozess der Methodenentwicklung und damit die Zertifizierungsanforderungen auf diesem Markt können gezielt politisch gelenkt werden, so wie beispielsweise der CRCF in Zukunft Mindestanforderungen an die Quantifizierung, Zusätzlichkeit, Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit stellt. Dieser Lenkungseinfluss bedarf klarer politischer Ziele und einer steuernden Rahmensetzung, wie in den vorangegangenen Abschnitten dargestellt. Daher ist es wichtig, Zertifizierungsstandards nicht nur als rein technische Instrumente zu betrachten, sondern auch als klimapolitische Steuerungsmechanismen.

3.4. Praktikabilität und Robustheit

Für die meisten biobasierten NETs existieren bereits valide MRV-Methoden. Die Hürden für ihre Praxisimplementierung liegen oft nicht in der Methodenverfügbarkeit, sondern in deren transparenter Anwendung und Kosten.

In Diskussionen über biobasierte NETs entsteht schnell der Eindruck, es müssten grundsätzlich neue oder präzisere Methoden zur Quantifizierung negativer Emissionen entwickelt werden. Dabei existieren viele, auch wissenschaftlich etablierte Methoden, besonders für die natürlichen Senken (Waldmanagement, Bodenbewirtschaftung). Der entscheidende Punkt ist daher weniger die Entwicklung neuer Methoden, sondern der Kontext in dem sie verwendet werden. Ein robustes MRV-System muss das Vorgegebene messen, gegen Manipulationen geschützt sein und in transparente, nachvollziehbare Prozesse strukturiert sein. Zertifizierungssysteme implementieren Methoden mit unterschiedlichem Aufwand und können sehr unterschiedliche Anforderungen an Datenqualität, Kontrollmechanismen und Prüfprozesse stellen und damit unterschiedliche Standards setzen. Diese Unterschiede wirken sich direkt auf Kosten, Zeitaufwand und den Bedarf an fachlicher Expertise aus. Statt neue Methoden zu fordern, sollte der Fokus daher auf der transparenten Anwendung der bestehenden wissenschaftlichen Verfahren liegen, und auf der klaren Offenlegung, welche Zertifizierungssysteme tatsächlich strenge und manipulationsresistente Protokolle erfüllen.

Wissenschaftlich fundierte Methoden zur Quantifizierung von CO₂-Entnahmen können mit einem hohen Aufwand verbunden sein. Eine Zertifizierung für den freiwilligen Kohlenstoffmarkt erfordert daher standardisierte, kosteneffiziente MRV-Prozesse, da reale Projekte unter Zeit- und Budgetdruck stehen. Ein Vorbild dafür könnten beispielsweise ambitionierte Zertifizierungssysteme aus dem Bereich der Bioenergie sein, die die rechtlichen Mindestanforderungen erfüllen und zum Teil darüber hinausgehen. Aber auch aus den negativen Erfahrungen aus diesem Bereich lassen sich Lehren für die Anwendung von MRV-Systemen für den freiwilligen Kohlenstoffmarkt ziehen: Die Datenerfassung muss manipulationssicher und unabhängig überprüfbar sein. Zudem kann eine Überlagerung von nationalen und europäischen Anforderungen zu aufwändigen Doppelstrukturen und dadurch auch zu Fehleranfälligkeit führen, wenn kein Datenaustausch stattfindet, wie auch im Absatz zu Schnittstellen beschrieben. Diese Schwachstellen sind beim Aufbau von Datenstrukturen für einen harmonisierten, freiwilligen europäischen Kohlenstoffmarkt zu vermeiden.

Politik und standardherausgebende Institutionen sollten praktikable, skalierbare MRV-Ansätze fördern. Die zukünftig in delegierten Rechtsakten anhängig zum CRCF der EU festgeschriebenen Quantifizierungsmethoden sollen für die EU einen sicheren Qualitätsstandard mit einer fundierten Abwägung zwischen Genauigkeit und praktischer Umsetzbarkeit bieten. Der Anspruch des CRCF und allgemein auf dem freiwilligen Kohlenstoffmarkt richtet sich vornehmlich an die Robustheit der Methoden, für die im Zweifelsfall ein Kompromiss gegenüber der Genauigkeit erforderlich ist. Dieser Anspruch deckt sich nicht mit dem der nationalen Klimabilanzierung, bei welcher die Genauigkeit des Gesamtergebnisses entscheidend ist. Damit der CRCF einen vertrauenswürdigen Standard und Kompromiss dieser Eckpfeiler bieten kann, muss das Ziel sein, ein möglichst großes Marktsegment unter den freiwilligen Rahmen zu bringen. Dazu benötigt es umfassende Begleitung und Unterstützung der Marktteilnehmenden. Dies umfasst wissenschaftliche

Unterstützung in der Standardentwicklung und in der Entwicklung der Auditverfahren, zum Beispiel für den CRCF. Von politischer Seite können finanzielle Mittel für das Erstellen von Methodenhandbüchern für die vom CRCF abgedeckten Entnahmemethoden bereitgestellt werden, um die Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen in konkrete Abläufe bei der Zertifizierung zu unterstützen. Des Weiteren sollte die Kontrolle des Marktes unterstützt werden, z.B. durch ein unabhängiges nationales Kontrollgremium.

3.5. Wettbewerbsbedingungen

Selbst mit dem EU CRCF entsteht keine gleiche Ausgangslage zwischen NETs in den freiwilligen Kohlenstoffmärkten.

Mindestanforderungen für den freiwilligen Markt, wie über den CRCF anvisiert, könnten gleiche Wettbewerbsbedingungen für verschiedene Negativemissionstechnologien auf diesem Markt suggerieren. Im freiwilligen Kohlenstoffmarkt stehen allerdings sehr unterschiedliche NET-Projekte im Wettbewerb miteinander. Sowohl die Ausführung, aber zusätzlich auch die Überwachung, Quantifizierung und Verifizierung können mit sehr unterschiedlichem Aufwand und Kosten verbunden sein.

Der Zutritt zum freiwilligen Kohlenstoffmarkt gelingt nur, wenn entsprechende Erlöse für die unterschiedlichen biobasierten NET-Zertifikate realisiert werden können. Der Durchschnittspreis eines Zertifikats (für eine Tonne CO₂-Äquivalente) lag 2023 bei \$12 für Waldmanagement und \$16 für Aufforstung, während Biokohle- und BECCS-Zertifikate ca. 11- bzw. 25-mal teurer waren als Waldmanagement-Zertifikate [4]. Die Vorauskäufe, beispielsweise für BECCS-Zertifikate [4] bestätigen, dass auch eine Nachfrage nach diesen höherpreisigen biobasierten NETs besteht, trotzdem stehen die sehr unterschiedlichen Technologien zumindest teilweise im Wettbewerb zueinander. Durch die Preisdifferenz sind bestimmte biobasierte NETs besser über den freiwilligen Markt anreizbar und die Finanzierung von teureren Konzepten kann sich bis zur Ausreitung der jeweils günstigeren Alternativen verzögern. Der zeitliche Horizont vom Beginn der Maßnahme bis zur Generierung von Zertifikaten kann aufgrund ihrer Komplexität ebenfalls stark zwischen verschiedenen Technologien variieren und für zeitintensive (natürliche) Prozesse einen Wettbewerbsnachteil darstellen.

Erfahrungen mit Zertifizierungen, z. B. aus dem Biokraftstoffbereich (RED II), zeigen klare Grenzen: Eine vergleichbare Ausgangslage für unterschiedliche Technologien bleibt schwer umsetzbar. Auch unter dem EU CRCF entsteht sie nicht, da sich unterschiedliche Konzepte unterschiedlich gut für die Zertifizierung eignen und einige biobasierte NETs sich somit leichter monetarisieren lassen. Dies stellt nicht per se einen unfairen Wettbewerb dar, bedeutet aber, dass bestimmte CDR-Konzepte schwer über den freiwilligen Markt anreizbar sind und daher anderer Fördermechanismen bedürfen, z.B. über die Förderung von Pilotprojekten. Die günstiger und schneller auf dem Markt verfügbaren Konzepte sollten hingegen überwacht werden, da für dies ein höheres Betrugsrisiko vermutet werden kann. Somit bedürfen alle Konzepte letztendlich staatlicher Lenkung für deren Umsetzung, der Rahmen durch den CRCF bietet hier nur einen ersten Schritt.

Eine weitere Möglichkeit, um der Bandbreite an unterschiedlichen NETs mehr Differenzierung in der Wahrnehmung zu verschaffen, ist die Trennung von natürlichen und technischen Zertifikaten. Durch diese Aufgliederung des freiwilligen Marktes könnten deren unterschiedliche Funktionen und Eigenschaften betont werden. Das betrifft nicht nur den meist höheren Preis von technischen NETs, sondern auch deren typischerweise wesentlich geringeres Risiko für die Wiederfreisetzung des gebundenen Kohlenstoffs oder die möglichen Zusatznutzen von naturbasierten NETs durch positive Einflüsse auf deren Ökosysteme. Durch die Differenzierung könnten die Zielmärkte besser angesprochen werden, für die diese Faktoren die Auswahlentscheidung beeinflussen.

3.6. Entnahme vs. Vermeidung

Kohlenstoffzertifikate für Entnahmen müssen klar von Zertifikaten für Emissionsvermeidungen unterscheidbar sein.

Auf dem freiwilligen Kohlenstoffmarkt werden Kohlenstoffzertifikate aus verschiedenen Aktivitäten gehandelt, darunter sowohl Kohlenstoffentnahmen aus der Atmosphäre, als auch Emissionsvermeidungen und -reduktionen. Derzeit fallen die allermeisten gehandelten Zertifikate unter die zweite Kategorie, es handelt sich hierbei also nicht um Entnahmen [4]. Daher bringt der Verweis auf den freiwilligen Kohlenstoffmarkt im biobasierten NET-Kontext die Gefahr, dass eine unsaubere Trennung dieser verschiedenen Arten von Zertifikaten irreführend wirkt und eine fälschliche Vergleichbarkeit aller Zertifikatstypen suggeriert. Zum Teil gibt es zudem auch innerhalb der Berechnungsmethodiken eine Vermischung von Entnahmen mit Reduktion oder Vermeidung, so dass ein Zertifikat eine Summe aus sowohl Entnahme als auch Reduktion beinhaltet. Beispielsweise werden bei waldbaulichen Maßnahmen sowohl Emissionen durch das neue Waldmanagement vermieden als auch Kohlenstoff aus der Atmosphäre durch das Wachsen der Bäume entnommen. Diese Anteile werden in der Berechnung nicht immer einzeln ausgewiesen [4, 10].

Aufgrund des fundamentalen Unterschieds zwischen vermiedenen Emissionen, die einen weiteren Anstieg der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre bremsen und Entnahmen, die der Atmosphäre CO₂ entziehen und der damit auch verbundenen deutlich höheren Kosten [4] für CDR-Zertifikate, ist eine klare Abgrenzung und keine Vermischung auf der Ebene der MRV-Systeme bedeutsam. Eine klare Trennung von Vermeidung und Entnahme muss bei allen Anrechnungen transparent dokumentiert werden, denn wenn ein Zertifikat gegen eine Emission angerechnet wird, führt dies nur bei einer tatsächlichen Entnahme zu einer Kompensation.

3.7. Vertrauen

Vergangene Skandale im freiwilligen Markt haben das Vertrauen massiv beschädigt. Der Erfolg des CRCF hängt entscheidend von einem glaubwürdigen Start ab.

Der freiwillige Kohlenstoffmarkt wird oft mit der Berichterstattung über Skandale um falsche Zertifikate und, darauf aufbauend, unhaltbare Versprechen zur Treibhausgasneutralität von Produkten verknüpft. Ein Versagen des freiwilligen Kohlenstoffmarktes liegt sowohl bei Skandalen oder Betrug, also bei z.B. gefälschten Zertifikaten und damit Gutschriftenfehlern,

als auch bei irreführenden Claims durch die Anrechnung von Zertifikaten (Greenwashing) vor [10]. Beides wird durch ungenügende MRV Vorgaben begünstigt und schadet dem Vertrauen in den freiwilligen Markt.

Der Vertrauensverlust wird durch die weite Definition des freiwilligen Kohlenstoffmarktes befördert, die sowohl Kohlenstoffgutschriften aus Entnahmen, aber auch aus Reduktion und Vermeidung umfasst. Diese unterschiedlichen Aktivitäten sind nicht immer erkennbar voneinander abgegrenzt. Bei Produkten, die beispielsweise als treibhausgasneutral beworben werden, ist in der Folge nicht immer erkennbar, ob hier eine Entnahme oder eine Vermeidung gegen eine Emission angerechnet wurde.

Das verloren gegangene Vertrauen aus vergangenen Skandalen erstreckt sich in der Wahrnehmung auch auf korrekt berechnete Maßnahmen und kann sowohl für Käufer:innen der Zertifikate als auch für potentielle Konsument:innen abschreckend wirken. Besonders in der Anfangsphase der CRCF-Zertifizierung ist es daher entscheidend, stringente MRV-Anforderungen durchzusetzen, sowie eine unabhängige Prüfung und Transparenz zu gewährleisten und klare Regeln zur Anrechnung und Vermeidung von Doppelzählung anzuwenden. Wichtig ist darüber hinaus die Frage der Haftbarkeit bzw. der Sanktionen bei Betrugsvorwürfen.

Kohlenstoffentnahmen sind Teil des Gesamtklimaschutzstrategie und die Lenkung des freiwilligen Marktes somit eine Aufgabe der Politik. Dafür ist Vertrauen in den freiwilligen Markt unerlässlich und verlorenes Vertrauen ist nur sehr schwer zurückzugewinnen. Auf nationaler Ebene ist daher eine Überwachung des freiwilligen Kohlenstoffmarktes nötig, wenn dieser zur Zielerreichung beim Klimaschutz beitragen soll. Auch auf europäischer Ebene, sollte der CRCF als lernendes System verstanden werden, in dem in kurzen Zyklen Monitoring und Begleitforschung zur Verbesserung der MRV-Regeln genutzt wird.

4. Schlussfolgerungen

Die Entwicklung robuster MRV-Systeme ist eine zentrale Voraussetzung für den Nachweis der Wirksamkeit biobasierter NETs. Dabei stehen zwei Zielwelten im Fokus: die nationale THG-Berichterstattung und die wachsende Nachfrage nach hochwertigen CO₂-Zertifikaten in freiwilligen Kohlenstoffmärkten.

Beide Bereiche unterscheiden sich in Logik, Genauigkeitsanforderung, Zielgruppen und Anwendungsrahmen deutlich. Während die nationale Inventarisierung von THG-Emissionen auf Konsistenz, Langfristigkeit und Genauigkeit auf Systemebene abzielt, liegt der Fokus in den freiwilligen Märkten auf Zusätzlichkeit, Zertifizierbarkeit und Marktvertrauen für einzelne Projekte. MRV-Systeme für biobasierte NETs müssen diesen unterschiedlichen Anforderungen gerecht werden – eine Herausforderung, die technologische Differenzierung und eine klare Konzeptionierung für die MRV-Implementierung verlangt.

Aus den Analysen des Projekts BioNET ergeben sich in dieser Hinsicht mehrere übergreifende Schlussfolgerungen:

-
- **MRVs für biobasierte NETs sollten idealerweise anschlussfähig an beide Welten sein:** Ihre THG-Wirkung muss sowohl national inventarisiert als auch marktlich honoriert werden können. Eine systematische Kopplung beider Ebenen birgt Synergien für Datenqualität, Investitionssicherheit und Akzeptanz.
 - **Ein einheitlicher Qualitätsrahmen** wie der CRCF kann helfen, Mindeststandards für die Quantifizierung, Dauerhaftigkeit und Zusätzlichkeit zu setzen. Dieser Rahmen ist aber kein Garant für gleiche Wettbewerbsbedingungen zwischen Technologien in den freiwilligen Kohlenstoffmärkten.
 - **Technologieneutralität bleibt eine Herausforderung:** Verschiedene biobasierte NETs unterscheiden sich stark hinsichtlich Messbarkeit, Kosten, Speicherform und zeitlicher Wirkung und damit in der Komplexität des MRV-Ansatzes. Ein abgestuftes, technologieoffenes Förderdesign ist notwendig, um die Potenziale aller biobasierten NETs zu realisieren.
 - **Vertrauen entscheidet über Marktfähigkeit:** Die Glaubwürdigkeit der MRV-Prozesse ist elementar, sowohl für politische Akteure als auch für Unternehmen, die CO₂-Zertifikate kaufen. MRV, das Transparenz, Nachvollziehbarkeit und klare Trennung zwischen Reduktion und Entnahme sicherstellt, ist dabei entscheidend.
 - **MRV ist kein Selbstzweck, sondern ein Steuerungsinstrument:** Politische Zielsetzung, regulatorische Einbindung und methodische Robustheit müssen gemeinsam gedacht werden.
 - **Für die Weiterentwicklung von biobasierten NETs sind spezifische Methoden und Verifizierungsansätze notwendig**, um den verschiedenen Herausforderungen der einzelnen biobasierten NETs gerecht werden zu können.

5. Literaturverzeichnis

- [1] Rat der EU und Europäischer Rat, „Maßnahmen der EU gegen den Klimawandel,“ [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/climate-change/>. [Zugriff am 11. 09. 2025].
- [2] Europäische Kommission, „Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Regulation (EU) 2021/1119 establishing the framework for achieving climate neutrality {SWD(2025) 524 final},“ 2025.
- [3] IPCC Working Group III - Mitigation of Climate Change, „AR6 - Factsheet Carbon Dioxide Removal,“ [Online]. Available: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGIII_Factsheet_CDR.pdf. [Zugriff am 11. 09. 2025].
- [4] S. M. Smith, O. Geden, M. J. Gidden, W. F. Lamb, G. F. Nemet, J. C. Minx, H. Buck, J. Burke, E. Cox, M. R. Edwards, S. Fuss, I. Johnstone, F. Müller-Hansen, J. Pongratz, B. S. Probst, S. Roe, F. Schenuit, I. Schulte und N. E. Vaughan, „The State of Carbon Dioxide Removal 2024 - 2nd Edition,“ DOI 10.17605/OSF.IO/F85QJ, 2024.
- [5] H. Böttcher und F. Fallasch, „Interim Report: Assumptions on potentials for Carbon Dioxide Removals in the EU,“ German Environment Agency, 2024.
- [6] IPCC Working Group III – Mitigation of Climate Change, „Sixth Assessment Report: Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change,“ https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf, 2022.
- [7] I. Götz, N. Hagemann, M. Honegger, C. Kammann, M. Jiménez, A. Oschlies und I. Schulte, „Was heißt eigentlich MRV? CO₂-Entnahmen messen, berichten und verifizieren,“ CDRterra Policy Brief, <https://zenodo.org/records/14977927>, 2024.
- [8] Forschungsprojekt BioNET, „Biobasierte CO₂-Entnahmeverfahren,“ 2025. [Online]. Available: <https://datalab.dbfz.de/bionet/home?lang=de>. [Zugriff am 11. 09. 2025].
- [9] „Regulation (EU) 2024/3012 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 establishing a Union certification framework for permanent carbon removals, carbon farming and carbon storage in products“.
- [10] N. Sasaki, „Addressing scandals and greenwashing in carbon offset markets: A framework for reform,“ *Global Transitions*, 2025.

6. Danksagung

Wir danken allen Kolleg:innen im Projekt BioNET, die uns mit ihrer Expertise und ihren Anmerkungen unterstützt haben. Besonderer Dank gilt allen projektinternen und externen Interessierten, die an unserem Workshop „Kernbotschaften Policy Brief zu MRV von biobasierten Negativemissionstechnologien“ am 05.06.2025 teilgenommen und ihr Feedback mit uns geteilt haben.

Impressum

Herausgeber:

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung für Umweltforschung GmbH – UFZ

Projektleitung:

Prof. Dr. Daniela Thrän

Stand:

Januar 2026

Bitte zitieren als:

Götz, I.K.; Majer, S.; M.; Siedschlag, D.; Thrän, D. (2026): Messen, berichten und verifizieren biogener Negativemissionen: zwischen Robustheit und Komplexität. Empfehlungspapier.

Projekt BioNET: <https://cdrterra.de/consortia/bionet>
Forschungsprogramm CDRterra: <https://cdrterra.de>



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt