

Leitfaden zu negativen Emissionen für Städte

Zusammenfassung für Entscheidungsträger

2026

Christiaan Gevers Deynoot, Giulia Ulpiani,
Nadja Vettters, Matteo Barberi



CITY CDR INITIATIVE
Building Carbon Sink Cities



Europäische
Kommission

NET ZERO CITIES

EU-MISSIONSPLATTFORM | KLIMANEUTRALE UND
INTELLIGENTE STÄDTE

Dieses Dokument ist eine Veröffentlichung des Gemeinsamen Forschungszentrums (JRC), des Wissenschafts- und Wissensdienstes der Europäischen Kommission, der City CDR Initiative und von NetZeroCities, die die Plattform der EU-Mission „Klimaneutrale und intelligente Städte“ verwalten. Es zielt darauf ab, den europäischen politischen Entscheidungsprozess mit wissenschaftlich fundierten Erkenntnissen zu unterstützen. Der Inhalt dieser Veröffentlichung spiegelt nicht unbedingt die Position oder Meinung der Europäischen Kommission wider. Weder die Europäische Kommission noch Personen, die im Namen der Kommission handeln, sind für die Verwendung dieser Veröffentlichung verantwortlich. Für Informationen zur Methodik und Qualität der in dieser Veröffentlichung verwendeten Daten, deren Quelle weder Eurostat noch andere Dienststellen der Kommission ist, sollten sich Nutzer an die angegebene Quelle wenden. Die verwendeten Bezeichnungen und die Darstellung des Materials auf den Karten bedeuten nicht, dass die Europäische Union eine Meinung zum rechtlichen Status eines Landes, eines Gebiets, einer Stadt oder eines Gebiets oder dessen Behörden oder zur Festlegung seiner Grenzen oder Grenzverläufe äußert.

Weitere Informationen

[EU-Mission: Klimaneutrale und intelligente Städte](#)

[Gemeinsame Forschungsstelle](#)

[City-CDR-Initiative](#)

[NetZeroCities](#)

JRC146130

Drucken	ISBN 978-92-68-39459-5	doi:10.2760/9011256	KJ-01-26-185-EN-C
PDF	ISBN 978-92-68-39458-8	doi:10.2760/4262978	KJ-01-26-185-EN-N

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2026
© Europäische Union, 2026



Die Richtlinie zur Weiterverwendung von Dokumenten der Europäischen Kommission wird durch den Beschluss 2011/833/EU der Kommission vom 12. Dezember 2011 über die Weiterverwendung von Dokumenten der Kommission (ABl. L 330 vom 14.12.2011, S. 39) umgesetzt. Sofern nicht anders angegeben, ist die Weiterverwendung dieses Dokuments unter der Creative-Commons-Lizenz „Namensnennung 4.0 International“ (CC BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) gestattet. Das bedeutet, dass die Weiterverwendung erlaubt ist, sofern eine angemessene Quellenangabe erfolgt und etwaige Änderungen kenntlich gemacht werden. (vorbehaltlich der Zustimmung der Partnerinstitution)

Für jede Nutzung oder Vervielfältigung von Fotos oder anderem Material, das nicht Eigentum der Europäischen Union und der Partnerinstitution ist, muss die Genehmigung direkt bei den Urheberrechtseinhabern eingeholt werden.

Titelbild, © www.magnific.com

So zitieren Sie diesen Bericht: Gevers Deynoot, C., Ulpiani, G., Vettres, N. und Barberi, M., *Leitlinien zu negativen Emissionen für Städte – Zusammenfassung für Entscheidungsträger*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, 2026, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/4262978>, JRC146130.

Inhaltsverzeichnis

Warum negative Emissionen für Städte wichtig sind	2
• Hintergrund	2
• Restemissionen	3
• Optionen und Potenzial für CDR in Städten	5
• Förderung des Ausgleichs von Restemissionen	8
• Entscheidungsprozess bei Restemissionen	9
Der Prozess – Planung der Restemissionen in der Praxis	10
• Wie ermittle ich meine Restemissionen?	10
• Wie entwickle ich eine Kompensationsstrategie?	12
• CDR innerhalb der Grenzen: Strategie zur Projektentwicklung	14
• CDR außerhalb der Grenzen: Strategie zur Portfolioentwicklung	16
• Wie kann ich die Steuerung, die Richtlinien und die Finanzierung von negativen Emissionen strukturieren?	19
• Verwaltung von Treibhausgasinventaren, CO ₂ -Bilanzierung und MRV	20
• Mehrebenen-Governance und Einbindung der Öffentlichkeit	23
• Politische und regulatorische Instrumente	25
• Finanzierungsansätze und -instrumente	26
• Wie endet die Reise?	28
Fazit	29
• Danksagungen	29
Anhang – Orientierung im Leitfaden	30
Tabellen und Abbildungen	
Abbildung 1. Die Badewannen-Analogie für Treibhausgasemissionen und Kohlenstoffsenken.	4
Tabelle 1. Überblick über CDR-Methoden mit Angabe der voraussichtlichen Kosten, Potenziale, Vorteile und Herausforderungen.	6
Abbildung 2. Integration von CDR in städtische Umgebungen. Jede Stadt, unabhängig von ihrer Form, ihrem städtischen Kontext, ihrem Entwicklungsstand oder ihrem Entwicklungsweg, verfügt über einzigartige Möglichkeiten, CDR in ihre Systeme und Strukturen zu integrieren.	15
Abbildung 3. Beispiel für eine vertikale, mehrstufige Steuerung der Kohlenstoffentfernung in Städten.	23
Abbildung 4. Beispiel für ein Ökosystem von Akteuren im Bereich der städtischen Kohlenstoffentfernung.	24

Warum negative Emissionen für Städte wichtig sind

Hintergrund

Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen und die Erzeugung negativer Emissionen durch die Entfernung von Kohlendioxid (CDR) sind die beiden Eckpfeiler zur Erreichung der Netto-Null-Emissionen. Im Jahr 2015 setzte das Pariser Abkommen einen globalen Maßstab: Begrenzung des Temperaturanstiegs auf 1,5 °C, Erreichen der Netto-Null-Emissionen bis zur zweiten Hälfte des Jahrhunderts und danach Netto-Negativemissionen. Die Europäische Union (EU) setzt dieses Ziel mit dem Europäischen Grünen Deal um, der einen Fahrplan für eine nachhaltige und klimaneutrale Wirtschaft bis 2050 festlegt. Dies ist im Europäischen Klimagesetz verankert.

Die EU-Mission für klimaneutrale und intelligente Städte (im Folgenden: „Cities Mission“) wurde ins Leben gerufen, um diese Bemühungen zu beschleunigen und auf lokaler Ebene umzusetzen. Sie unterstützt 112 Städte innerhalb und außerhalb der EU-Mitgliedstaaten dabei, bis 2030 Klimaneutralität zu erreichen. Diese Städte fungieren als Vorreiter und Innovationszentren, an denen sich alle europäischen Städte bis 2050 orientieren sollen. Die „Cities Mission“ gab den Anstoß zur Erstellung des „Leitfadens zu negativen Emissionen für Städte“ (im Folgenden: Leitfaden) sowie dieser „Zusammenfassung für Entscheidungsträger“ (im Folgenden: Zusammenfassung), um den an der Mission beteiligten Städten dabei zu helfen, die Komplexität des Ausgleichs von Restemissionen auf ihrem Weg zur Klimaneutralität bis 2030 zu bewältigen. Sie sind jedoch relevante und nützliche Ressourcen für jede Stadt, die Netto-Null-Emissionen und darüber hinaus anstrebt.



Definitionen

Negative Emissionen beziehen sich auf die Nettoentfernung und dauerhafte Speicherung von Kohlendioxid (CO₂) oder anderen Treibhausgasen aus der Atmosphäre durch gezielte menschliche Aktivitäten, die über das hinausgehen, was allein durch natürliche Prozesse geschehen würde.

Kohlendioxidentfernung (CDR) bezeichnet die Gesamtheit der Maßnahmen oder Eingriffe, die solche negativen Emissionen erzeugen.

Eine **Kohlenstoffsenke** ist ein Netto-Absorptionsreservoir (natürlich oder vom Menschen geschaffen, im Boden, im Ozean und in Pflanzen), in dem das Gas gespeichert wird.

Entscheidungsträger aller Städte mit einem Klimaneutralitätsziel, die mit Restemissionen rechnen, müssen entscheiden, wie sie diese durch negative Emissionen ausgleichen wollen. Dies bringt herausfordernde Fragen und wertvolle Chancen für nachhaltige Wirkung mit sich. Wie kann ich Kohlenstoffentfernungen nutzen, ohne die Bemühungen zur Emissionsminderung zu untergraben oder Reputationsschäden zu riskieren? Wie möchte ich meine Restemissionen kompensieren? Welche Art von Lösungen zur Kohlenstoffentfernung möchte ich priorisieren? Wie identifiziere ich die positiven Nebeneffekte, die ich erschließen möchte? Welche Rolle sollte die Stadtverwaltung bei der Einbindung von Interessengruppen einnehmen, und welche Hebel kann sie einsetzen? Diese Fragen sind Teil des Entscheidungsprozesses einer Stadt im Hinblick auf Restemissionen. Ihre Beantwortung im Rahmen eines detaillierten, proaktiven und zukunftsorientierten Planungsprozesses kann dazu beitragen, eine Strategie zu entwickeln, die wirksam, transparent, inklusiv und langfristig widerstandsfähig ist.

Diese Zusammenfassung bietet einen prägnanten und umsetzbaren Leitfaden für die Entscheidungsfindung sowie einen praktischen und leicht zugänglichen Einstieg in den Leitfaden. Verweise auf „Abschnitt X.X“, „Kasten X“, „Abbildung X“ oder „Seite X“ dienen durchgehend als Verweise auf die entsprechenden Stellen im Leitfaden, um eine tiefergehende Analyse und weiterführende Lektüre zu ermöglichen. Der Anhang „Orientierung im Leitfaden“ am Ende dieses Dokuments ordnet jeden Abschnitt der Zusammenfassung den entsprechenden Abschnitten des Leitfadens zu, einschließlich zugehöriger Abbildungen, Kästen und bewährter Verfahren.

Weiterführende Literatur

Kasten 4 definiert Kohlenstoffsinken und Kohlenstoffentfernungen, während **Abschnitt 5** eine Definition von CDR liefert. **Kasten 3** verdeutlicht den anthropogenen Charakter von CDR. **Abschnitt 9** skizziert den politischen Rahmen der EU für städtisches CDR, mit besonderem Schwerpunkt auf der Verordnung über Kohlenstoffentfernung und Kohlenstoffanbau (CRCF) sowie, in **Tabelle 12**, der LULUCF-Verordnung.

Restemissionen

Wenn Städte die Klimaneutralität ins Visier nehmen, stoßen sie schnell auf eine entscheidende Herausforderung: Ist es wirklich möglich, alle Emissionen zu eliminieren? Diese Frage führt zu einer eingehenden Untersuchung aller Bereiche städtischen Lebens, von Energiesystemen über den Verkehr bis hin zur Industrie, und zeigt auf, welche Quellen reduziert werden können und welche sich hartnäckig gegen Veränderungen wehren. In einigen Fällen können Städte den „absoluten Nullpunkt“ erreichen und Emissionen vollständig eliminieren. Wenn dies geschieht, ist der Weg zur Klimaneutralität abgeschlossen, und die Stadt muss keine negativen Emissionen zum Zwecke des Ausgleichs erzielen.

Häufiger ist es jedoch so, dass bestimmte Emissionen (wie beispielsweise solche, die mit industriellen Prozessen oder dem Luft- und Wasserverkehr zusammenhängen) mit den derzeitigen und absehbaren Lösungen nur schwer, wenn nicht gar unmöglich vollständig zu beseitigen sind, selbst nachdem alle Möglichkeiten zur Verringerung der Nachfrage umfassend geprüft und ausgeschöpft wurden. An diesem Punkt müssen Städte beginnen, andere Entscheidungen zu treffen. Die Priorität muss weiterhin auf der Emissionsminderung liegen. In den Leitlinien bezeichnen wir dies als das „**Prinzip der Emissionsminderung an erster Stelle**“ (Abschnitt 6.1), das auf der folgenden Definition und Warnung basiert:



Definition

Restemissionen im Rahmen von Netto-Null-Zielen sind jene Emissionen, die am Ende des Bestandserfassungszeitraums des Zieljahres verbleiben, nachdem alle technisch und wirtschaftlich machbaren Möglichkeiten zur Emissionsminderung umgesetzt wurden.



Restemissionen sollten NICHT durch die Festlegung von Zielen (z. B. 20 % der Basisemissionen) definiert werden, sondern durch eine kritische Analyse

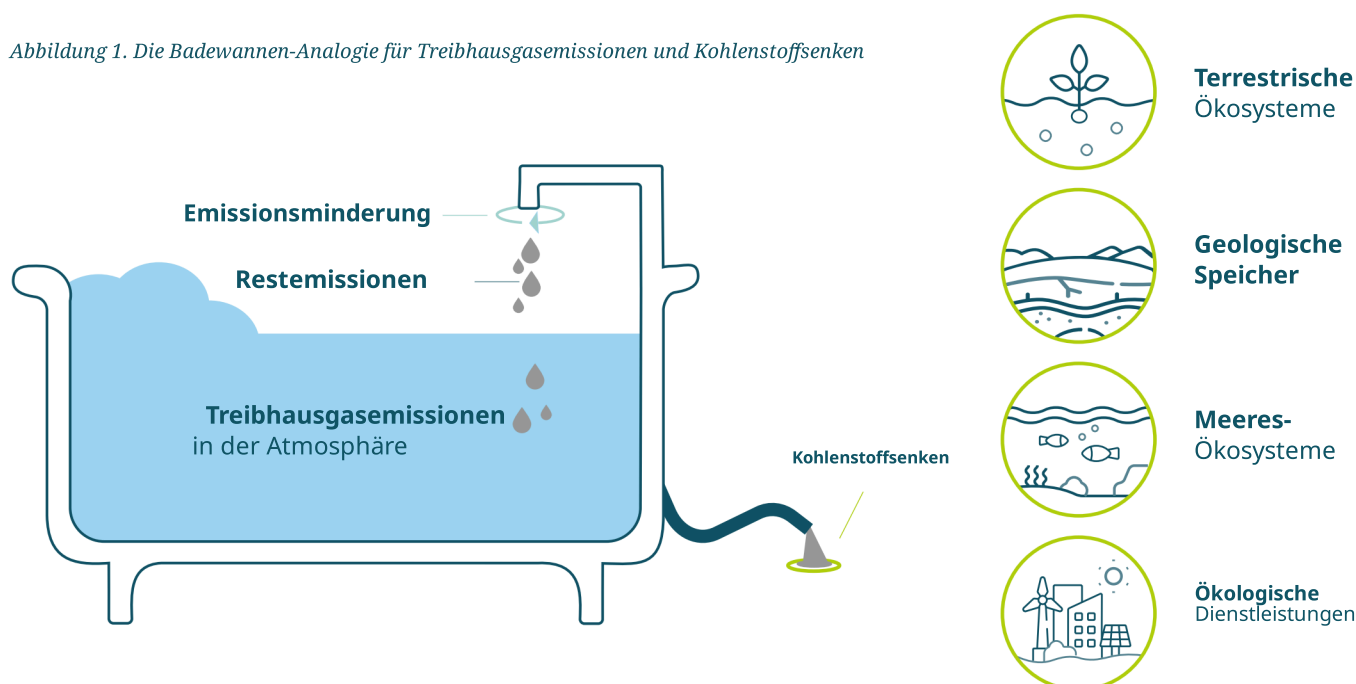
lokaler Emissionsquellen und der damit verbundenen Einschränkungen bei der Emissionsminderung. Restemissionen variieren im Laufe der Zeit aufgrund technologischer Fortschritte, der Marktdynamik sowie des lokalen politischen und sozialen Kontexts. Die Identifizierung von Emissionen als tatsächlich verbleibende Restemissionen ist daher ein fortlaufender Prozess.

Gelingt dies, legitimiert es CDR als Lösung für hartnäckige Emissionen, bei denen Reduktions- und Vermeidungsmaßnahmen versagen oder noch nicht existieren. Zudem werden dadurch alle potenziellen politischen, wirtschaftlichen und technologischen Fallstricke einer überdimensionierten CDR-Einsatzstrategie vermieden. Wie in Abbildung 1 unten dargelegt, dient die Kohlenstoffentfernung als Sicherheitsventil für das CO₂, das weiterhin emittiert wird und sich in der Atmosphäre anreichert, während die Reduktionsbemühungen fortgesetzt werden.

Während die Methoden der Kohlenstoffentfernung vielfältig sind, beschränken sich die Kohlenstoffsinken auf geologische Reservoirs, terrestrische und marine Ökosysteme oder langlebige Produkte. In der Wertschöpfungskette eines Kohlenstoffentfernungsprojekts können Senken sowohl den Entfernungs- als auch den Speicherbereich abdecken, insbesondere bei natürlichen Senken, oder nur das Speichermedium im Falle chemisch hergestellter Senken. Wenn die Senke die gesamte Projektwertschöpfungskette abdeckt, konzentrieren sich die Maßnahmen auf die Schaffung, Wiederherstellung oder Verbesserung der Kohlenstoffaufnahme- und -speicherfähigkeiten der Senke.

„No-Regret“-Strategien zur Kohlenstoffentfernung können aufgrund ihrer zusätzlichen Vorteile verfolgt werden, um eine über die Netto-Null-Ziele hinausgehende, umfassendere Agenda zu verwirklichen. Solche Strategien konzentrieren sich auf Maßnahmen zur Umsetzung von CDR, die eine unmittelbare Klimaminderung sowie bedeutende ökologische, wirtschaftliche oder soziale Nebeneffekte bewirken. Man denke dabei an Strategien, die der Wiederherstellung von Ökosystemen, der Verbesserung der Boden- oder Wasserqualität sowie einer nachhaltigen Landbewirtschaftung Vorrang einräumen, um Kohlenstoffsinken zu sichern und gleichzeitig die Biodiversität zu schützen sowie sich an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen.

Abbildung 1. Die Badewannen-Analogie für Treibhausgasemissionen und Kohlenstoffsinken



Quelle: Interne Analyse

Zwar sollte die Planung der Restemissionen nicht auf der Festlegung von Zielen basieren, doch kann die Festlegung separater Ziele für Emissionsminderung und Kohlenstoffentfernung Städten dabei helfen, strategische Ziele für eine „No-Regrets“-Kohlenstoffentfernung zu verfolgen und gleichzeitig das moralische Risiko einer Verzögerung der Emissionsminderung zu vermeiden. „No-Regrets“-Strategien zur Kohlenstoffentfernung sollten jedoch niemals die Bemühungen zur Emissionsminderung behindern, verzögern oder davon ablenken.

Weiterführende Literatur

In den Abschnitten 3, 4 und 6.1 werden der theoretische Ansatz und die Operationalisierung der Definition von Restemissionen erörtert, um sicherzustellen, dass diese echte Instrumente des Klimaschutzes darstellen. In Kasten 16 werden die potenziellen Vorteile der Festlegung unterschiedlicher Ziele für Emissionsminderungen im Vergleich zu vorübergehender und dauerhafter Kohlenstoffbindung erörtert. Schließlich wird in Abschnitt 5 der Einsatz von CDR über Netto-Null-Ziele hinaus vorgestellt, der in den folgenden Unterabschnitten weiter ausgeführt wird.

Optionen und Potenzial für CDR in Städten

Für Emissionen, die tatsächlich Restemissionen sind, können Entscheidungsträger Kompensationsmechanismen einführen. Auf höchster Ebene haben sie die Möglichkeit, entweder lokale Projekte zur Kohlenstoffentfernung innerhalb der Stadtgrenzen (innerhalb des Stadtgebiets) zu entwickeln und/oder Kohlenstoffentfernungskredite außerhalb der Stadtgrenzen (außerhalb des Stadtgebiets) zu erwerben.



Die Herkunft der gebundenen Treibhausgase muss atmosphärisch sein, um Restemissionen zu kompensieren.

Dies kann entweder durch direkte Abscheidung aus der Umgebungsluft oder indirekt aus Biomasse erfolgen. Das bedeutet, dass die Abscheidung und Speicherung oder Nutzung von Treibhausgasen aus fossilen Quellen (wie die Abscheidung von CO₂ aus den Abgasen von Kraftwerken oder Industrieanlagen) keine CO₂-Entfernung (CDR) darstellt. Es handelt sich um eine Form der Emissionsminderung oder besser noch der Emissionsvermeidung und kann somit zum Gesamtziel der Emissionsminderung beitragen.

Die Dauerhaftigkeit der Speicherung sollte zudem bedeutend sein (Jahrzehnte bis Jahrhunderte). Die Nutzung, Wiederverwendung oder das Recycling von biogenem CO₂ oder aus der Umgebungsluft abgeschiedenem CO₂ zur Herstellung kurzlebiger Produkte ist keine gültige Kompensationsstrategie.

Städte spielen eine entscheidende Rolle bei der Ausweitung der Kohlenstoffentfernung und der Erreichung der globalen Netto-Null. Frühe konservative Schätzungen deuten auf ein Potenzial von weltweit über 1 GtCO₂/Jahr bis 2050 hin (Abschnitt 5.1.1), wobei die bebaute Umwelt zu einer dezentralen Kohlenstoffsänke werden könnte. Der Einsatz von CO₂-Entfernung in städtischen Umgebungen steckt jedoch noch in den Kinderschuhen, bewährte Verfahren sind begrenzt und es fehlt an Standardisierung, was es Entscheidungsträgern erschwert, zu erkennen, welche Optionen ihnen zur Verfügung stehen und wie sie diese priorisieren sollen.

Wie sollten Entscheidungsträger die Landschaft der CO₂-Entfernungsmethoden und die verschiedenen Möglichkeiten ihrer Umsetzung in städtischen Umgebungen betrachten? Dies beginnt mit der Erkenntnis, dass sich CDR-Methoden hinsichtlich ihres Entfernungsprozesses, ihres Speichermediums und ihrer Dauerhaftigkeit unterscheiden. Sie

unterscheiden sich zudem hinsichtlich ihres technologischen Reifegrades (TRL), potenzieller Nebeneffekte und der mit ihrer Umsetzung verbundenen Herausforderungen. Um eine effektive Strategie für ein CO₂-Entfernungsportfolio zu entwickeln, sollte ein Entscheidungsträger diese Kennzahlen berücksichtigen und auf die spezifischen lokalen Gegebenheiten der Stadt anwenden. Tabelle 1 bietet einen Überblick über die wichtigsten CDR-Methoden, ihr globales Kohlenstoffspeicherpotenzial, ihre Kosten und die potenziellen Mitnutzen, die realisiert werden können, sowie über die potenziellen Herausforderungen (Abschnitt 5 und Unterabschnitte).

Sorgfältig konzipierte Projekte zur Kohlenstoffentfernung können erhebliche soziale, wirtschaftliche und ökologische Nebeneffekte freisetzen. Dies steigert die Wirkung einzelner Projekte, verbessert ihr Erlösmodell und stärkt die öffentliche Unterstützung. Im Gegensatz dazu können sie bei mangelhafter Konzeption oder Umsetzung nachteilige Folgen für lokale Gemeinschaften, die Biodiversität und Ökosysteme haben und die Legitimität der gesamten Klimaschutzstrategie gefährden.

Die Wahl des geeigneten Kompensationsmechanismus ist Teil eines Prozesses. Die Entscheidung, lokale Projekte zur Kohlenstoffentfernung innerhalb der Stadt zu entwickeln oder Emissionsgutschriften von Projekten außerhalb der Stadt zu erwerben, sollte das Ergebnis einer ausgewogenen Analyse der Kosten, der lokalen positiven Nebeneffekte und der Notwendigkeit überprüfbarer, nachhaltiger Klimaschutzmaßnahmen sein. Der ideale Ansatz ist lokal verankert und beinhaltet oft, lokale Projekte nach Möglichkeit zu priorisieren und gleichzeitig Gutschriften zu erwerben, um Lücken zu schließen. Eine Kompensationsstrategie kann auch so gestaltet werden, dass sie sich je nach den spezifischen Kompensationsbedürfnissen und -möglichkeiten zu einem bestimmten Zeitpunkt weiterentwickelt.

Tabelle 1. Überblick über CDR-Methoden mit Angabe von Richtkosten, Potenzialen, Vorteilen und Herausforderungen.

					Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
					Mittel	Mittel	Mittel	Mittel
					Niedrig	Niedrig	Niedrig	Niedrig
i.d. – Unzureichende Datenlage								
CDR-Methoden und spezifische Umsetzungsmöglichkeiten					Potenzial	Kosten	Vorteile	Herausforderungen/Risiken
Aufforstung, Wiederaufforstung, Renaturierung: Ausbau von Stadtwäldern und Parks; Anpflanzung von Straßenbäumen und Grünkorridoren								
Verbesserte Waldbewirtschaftung: Verbesserte Bewirtschaftung von Stadtwäldern und Parks						i.d.		
Agroforstwirtschaft: Integration von Bäumen und Sträuchern in städtische landwirtschaftliche Flächen						i.d.		
Kohlenstoffbindung im Boden: Landbewirtschaftungspraktiken zur Erhöhung des Kohlenstoffgehalts in städtischen Acker- und Grünlandböden								
Renaturierung terrestrischer Feuchtgebiete: Renaturierung von Feuchtgebieten wie Mooren in Städten mit ausgetrockneten oder degradierten Feuchtgebieten						i.d.		
Bewirtschaftung von Küstenfeuchtgebieten: Anpflanzung oder Renaturierung von Gezeitenmarschen, Mangroven und Seegraswiesen für Küstenstädte						i.d.		
Biokohle: Umwandlung biogener Abfälle aus städtischen Gebieten in Biokohle; Bodenverbesserung städtischer Grünflächen; Strukturboden für grüne Regenwasserinfrastruktur; Beimischung von Biokohle zu Baustoffen, wie z. B. zementbasierten Materialien; Nutzung von Biokohle für Heizzwecke oder zur Energieerzeugung								
Nachhaltig gewonnene Holzprodukte: Holz im Bauwesen (Brettsper Holz, Brettschichtholz, Holzbrücken, Massivholzbau und städtische Landschaftsgestaltung)						i.d.		
Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung (BECCS): Verbrennung biogener Abfälle aus städtischen Quellen mit CO ₂ - Abscheidung; Herstellung von Biokraftstoffen mit CO ₂ - Abscheidung; Abwasserbehandlung mit CO ₂ - Abscheidung								
Direkte Luft-Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (DACCS): Modulare direkte Luftabscheidung in Gebäuden								
Verstärkte Verwitterung: Einbringen geeigneter Gesteine und Mineralien in dafür vorgesehene städtische Böden								
Erhöhung der Alkalität der Ozeane (OAE): Für Küsten- und Hafenstädte künstliche Erhöhung der Alkalität des Meerwassers								
Meeresdüngung: Für Küsten- und Hafenstädte: Zugabe von Eisen, Stickstoff und Phosphor oder Förderung verstärkter Auftriebsströmungen								

Quelle: Interne Analyse



Die Ausweisung negativer Emissionen aus bestehenden Wäldern und Bäumen ohne proaktive Maßnahmen zur Verbesserung der Kohlenstoffsenkenqualitäten birgt das Risiko, als „Greenwashing“ kritisiert zu werden und die Auswirkungen zu überschätzen.

Eine Reihe von „Mission Cities“ zeichnet sich durch eine Vielzahl temporärer CDR-Optionen aus, die zu ihrer Strategie zur Reduzierung der Restemissionen beitragen: **Valencia und Vitoria-Gasteiz** (Spanien), **Budapest** (Ungarn), **Oslo** (Norwegen), **Ljubljana** (Slowenien) und **Glasgow** (Vereinigtes Königreich). Dies wird in **Anhang 1** auf Seite 169 erörtert. Insbesondere **Barcelona** (Spanien) und **Sofia** (Bulgarien) haben einen umfassenden Ansatz für natürliche Kohlenstoffsinken entwickelt, bei dem der langfristigen Erhaltung der Baumgesundheit besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird (siehe Seite 93 des Leitfadens).

Was dauerhafte CDR-Optionen betrifft, so erweisen sich **Stockholm, Helsingborg, Malmö** (Schweden) und **Oslo** (Norwegen) als Best-Practice-Beispiele, wie in **Anhang 2** auf Seite 178 erläutert. **Der Großraum Dünkirchen** (Frankreich) legte den Schwerpunkt auf die Dauerhaftigkeit seiner Strategie und minimierte die mit einer nicht dauerhaften Emissionsbindung verbundenen Risiken durch Überwachung und Früherkennung, Pufferreserven, Versicherungen und Risikomanagement sowie durch die Verbesserung der Dauerhaftigkeit (Seite 39 des Leitfadens). Schließlich stand **Amsterdam** (Niederlande) im Mittelpunkt einer weltweit ersten hochrangigen Bewertung des Potenzials zur Kohlenstoffentfernung in und um seinen Ballungsraum, die auf Seite 35 des Leitfadens erörtert wird.

Weiterführende Literatur

Abschnitt 5 skizziert den Unterschied zwischen atmosphärischem und fossilem CDR und stellt die CO₂-Entfernung innerhalb der Grenzen sowie CO₂-Entfernungskredite außerhalb der Grenzen als die beiden Wege zum Ausgleich von Restemissionen vor. Die beiden Optionen werden anschließend in **den Abschnitten 5.1** bzw. **5.2** einzeln näher erläutert, während die Bedingungen für ihre transparente Nutzung, Bilanzierung und Berichterstattung in **den Abschnitten 6.2** und **7** behandelt werden; die wichtigsten Schlussfolgerungen und Empfehlungen sind in **Abschnitt 10** zusammengefasst.

Das gesamte städtische CDR-Potenzial sowie die typischsten städtischen Optionen (und Umsetzungsmodalitäten) werden in **5.1.1** dargestellt, während **Abbildung 4** einen Entscheidungsbaum zur Ermittlung von städtischen CDR-Strategien bietet, die auf den Kontext einer Stadt zugeschnitten sind. **Kasten 6** fasst die wichtigsten Fakten zur Gegenwart und Zukunft der CO₂-Entfernung zusammen. Die Einzelheiten der einzelnen CDR-Optionen werden in den drei Anhängen erörtert, die sich jeweils mit temporären, permanenten und nicht-kohlenstoffbasierten CO₂-Entfernungen befassen (**Abbildung 9** veranschaulicht das Treibhauspotenzial verschiedener Treibhausgase), wobei **die Tabellen 1, 2, 3** (Seiten 26–32) und **Tabelle 5** (Seite 64) als übersichtliche Darstellungen dienen. **Abschnitt 7.2** und **Kasten 46** konzentrieren sich auf die Möglichkeit, dass die bebaute Umwelt zu einer dezentralen Kohlenstoffsinke wird, während **Abschnitt 7.1** den Landsektor im Detail untersucht. Im Zusammenhang mit landbasierten Optionen erörtert **Kasten 3** die Fallstricke bei der Angabe negativer Emissionen aus bestehenden Wäldern und Bäumen ohne anthropogene Senkenverstärkung, **Kasten 8** konzentriert sich auf Carbon Farming, **Kasten 31** erläutert, warum der Schwerpunkt auf Wäldern und Bäumen und nicht auf anderen Optionen der städtischen Begrünung liegt, **Kasten 32** veranschaulicht die Gründe, warum ein gesunder und wachsender Baum einen besseren Dienst leistet, und **Kasten 47** erörtert die Nutzung von Ernterückständen und speziell für die CO₂-Entfernung angebaute Biomasse.

Darüber hinaus werden in **Abschnitt 7.4** mögliche Auswirkungen städtischer CDR-Maßnahmen auf **Scope-3-Emissionen** bzw. verbrauchsbezogene Emissionen untersucht. Die Dauerhaftigkeit und Beständigkeit verschiedener Kompensationsoptionen werden in **Abschnitt 5** und dessen Unterabschnitten (einschließlich der IPCC-Klassifizierung in **Abbildung 3**) sowie in **Abschnitt 7** (und dessen Unterabschnitten) in Bezug auf Stadtwälder, Bäume, Feuchtgebiete (siehe auch **Kästen 35–37**) und die bebaute Umwelt erörtert. Überlegungen zur ökologischen und ethischen Integrität werden in **Abschnitt 6.3** näher erläutert, Mitnutzen in **6.4**, während **die Abschnitte 6.5** und **6.6** die positiven Auswirkungen eines diversifizierten Portfolios skizzieren und Einblicke in die Kosten- und Zeiteffizienz bieten.

Förderung des Ausgleichs von Restemissionen

Innerhalb ihrer Grenzen können Städte die CO₂-Reduktion (CDR) durch technologische, regulatorische, finanzielle, städtebauliche und politisch-wirtschaftliche Hebel unterstützen. Je nach Einschränkungen wie den spezifischen rechtlichen Zuständigkeiten, der Abstimmung mit der nationalen Regierung sowie dem Bewusstsein und der Unterstützung durch die Einwohner können Entscheidungsträger diese Hebel in größerem oder geringerem Umfang nutzen. Dadurch nehmen sie unterschiedliche Rollen im Ökosystem der Akteure im Bereich der Kohlenstoffentfernung ein: Strategie, Regulierer, Dienstleister, Innovator, Geldgeber, Koordinator oder eine Kombination daraus (Kasten 7).

Eine ähnliche Logik gilt für CO₂-Entfernungsgutschriften, bei denen Kommunalverwaltungen als Käufer, Investoren oder sogar als Projektentwickler auftreten können. Bei ihren Vorbereitungen sollten Entscheidungsträger ihre Hauptrichtung festlegen und entscheiden, welche CDR-Methoden und Nebenvorteile sie verfolgen wollen. Dies sollte den Gesamtansatz für das Management von Restemissionen sowie die Governance und die Strategien zur Umsetzung der Kompensationsstrategie prägen. Die Maximierung von Nebeneffekten und die Minimierung von Kompromissen sollten stets das Ziel sein, wenn eine CO₂-Entfernungsstrategie in Betracht gezogen wird,

unabhängig davon, ob diese auf Emissionsentfernungen innerhalb des Zuständigkeitsbereichs oder auf Gutschriften außerhalb des Zuständigkeitsbereichs abzielt (Abschnitt 6.4). Die Betrachtung von CDR-Methoden unter dem Gesichtspunkt ihrer Nebeneffekte kann dazu beitragen, die gesellschaftliche Akzeptanz und politische Durchführbarkeit öffentlicher Maßnahmen zu erhöhen, indem die positiven Auswirkungen für lokale Gemeinschaften hervorgehoben werden.

Die CO₂-Entfernung in Städten bringt spezifische Überlegungen, technische Herausforderungen und Chancen, regulatorische Vorbehalte und Vorteile, lokale Nebeneffekte sowie Möglichkeiten zur Einbindung der Stadtverwaltungen mit sich. Entscheidungen darüber, wie Lösungen zur Emissionskompensation unterstützt und eingesetzt werden, haben langfristige Konsequenzen: Die Auswahl und Kombination verschiedener Optionen zu einem Portfolio bestimmt die Gesamtkosten- und Zeiteffizienz, die technische und soziale Machbarkeit, die Wahrscheinlichkeit, Ergebnisse innerhalb der angestrebten Zeitrahmen zu erzielen, sowie die Verteilung von Nebeneffekten und Risiken.

Weiterführende Literatur

Kasten 7 auf Seite 32 skizziert die Handlungshebel und spezifischen Rollen, die Städte im Hinblick auf den Emissionsausgleich einnehmen können, wobei **Abschnitt 5.2** (insbesondere **5.2.3**) die Diskussion in Bezug auf Emissionszertifikate vertieft. Städtische Governance und Entscheidungsfindung im Zusammenhang mit CDR werden zudem in den Abschnitten **5.1.1, 6, 7** (insbesondere **7.2**) sowie in **Kasten 29** (Umgang mit Altlasteneffekten) behandelt.

Der Weg zur Entscheidungsfindung bei Restemissionen

Der Entscheidungsprozess zu Restemissionen ist ein langfristiger Weg voller herausfordernder Entscheidungspunkte, deren angemessene Bewältigung Vorbereitung und Aufmerksamkeit erfordert.

Es handelt sich zudem um einen fortlaufenden Prozess, da neue Entwicklungen dazu führen können, dass bestimmte Emissionen weniger „Restemissionen“ darstellen, während Projekte zur Kohlenstoffentfernung eine nachhaltige Steuerung erfordern, um sicherzustellen, dass sie weiterhin ihre klimatischen und nicht-klimatischen Vorteile bieten.



1

Wie definiere ich meine Restemissionen?

Die Definition Ihrer Restemissionen mit hoher Integrität erfolgt im Rahmen eines iterativen Berechnungs- und Planungsprozesses.

Wie entwickle ich eine Strategie zur Kohlenstoffentfernung?

Die Entwicklung einer Strategie, die widerstandsfähig, robust und in lokalen Gegebenheiten verankert ist, kann auf bewährten Ansätzen und Leitprinzipien basieren.

- **In-Boundary: Projektentwicklungsstrategie** – Die Identifizierung von Möglichkeiten zur CO₂-Entfernung und die Projektentwicklung sind kontextspezifisch, zielgerichtet auf positive Auswirkungen ausgerichtet und unter Berücksichtigung von Kompromissen gesteuert.
- **Außerhalb der Grenzen: Strategie zur Portfolioentwicklung** – Die Entwicklung eines Portfolios an CO₂-Gutschriften beinhaltet zahlreiche Entscheidungen in Bereichen wie Qualität, Projektart und geografischer Lage, die sorgfältig abgewogen werden müssen, um die angestrebten Auswirkungen sicherzustellen.

2

3

Wie kann ich die Steuerung, die Richtlinien und die Finanzierung von negativen Emissionen strukturieren?

- **Verwaltung von Treibhausgasinventaren, CO₂-Bilanzierung sowie Überwachung, Berichterstattung und Verifizierung (MRV)** – Die Gewährleistung einer genauen Verwaltung der Daten zur CO₂-Entfernung ist eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Politikgestaltung im Bereich der Klimaneutralität.
- **Governance der Interessengruppen und Einbindung der Öffentlichkeit** – Fortschritte hängen von der Zusammenarbeit mit einem breiten Ökosystem interner und externer Interessengruppen ab.
- **Politische und regulatorische Instrumente** – Die Unterstützung des Ausbaus der Kohlenstoffentfernung erfordert ein ganzheitliches und kreatives Denken hinsichtlich des Instrumentariums aus Regulierung und Politik.
- **Finanzierungsansätze und -instrumente** – Die Finanzierung des Ausbaus der CO₂-Entfernung ist ein schrittweiser Prozess, der gezielte und planbare öffentliche und private Finanzmittel erfordert.

Womit endet dieser Prozess?

Der Abschluss des Entscheidungsprozesses zu Restemissionen ist der Beginn eines neuen Analysezyklus zur Ermittlung neuer Optionen zur Emissionsminderung.

4



Im weiteren Verlauf dieses Dokuments wird der Weg der Stadt durch diese Entscheidungspunkte nachgezeichnet.

Der Weg – Planung der Restemissionen in der Praxis

Jeder Entscheidungsträger in einer Stadt, der den Weg zur Netto-Null-Emissionsbilanz einschlagen möchte, sollte innehalten und sich eine Reihe kritischer Fragen zur Art der zu erwartenden Restemissionen stellen. Die Beantwortung der folgenden Fragen trägt zu einer genaueren Einschätzung des Emissionsminderungspotenzials bei und erleichtert die Navigation durch die nachfolgenden Entscheidungsphasen.

✓ Sind meine Restemissionen das Ergebnis einer kritischen Analyse lokaler Emissionsquellen und der Einschränkungen bei der Emissionsminderung?

Zielt meine Kompensationsstrategie ausschließlich auf Emissionen ab, die aus schwer zu reduzierenden Quellen stammen und mit aktuellen oder absehbaren Lösungen nicht verringert werden können?

Ist die Definition des Emissionsminderungsziels, das mit dem Netto-Null-Ziel meiner Stadt verbunden ist, im Einklang mit diesem analytischen Ansatz festgelegt?

✓ Habe ich Transparenz hinsichtlich der Emissionen gewährleistet, die voraussichtlich unvermindert bestehen bleiben werden, und reicht dies für die Glaubwürdigkeit und Legitimität meines Klimaneutralitätsziels aus?

✓ Verfüge ich über einen dynamischen Planungsmechanismus, der im Rahmen eines fortlaufenden iterativen Prozesses das Ausmaß der Restemissionen und den Bedarf an Kohlenstoffentfernung definiert?

1

Wie definiere ich meine Restemissionen?

Übergeordnete Überlegungen

Die Definition und Behandlung von Restemissionen ist Teil eines iterativen Prozesses, der mit den raschen Veränderungen bei den Technologien zur Emissionsminderung und den Marktentwicklungen Schritt hält. Bei jeder Bewertung des Emissionsstatus der Stadt, beispielsweise bei der Aktualisierung des Treibhausgasinventars, sollte auch das

erwartete Volumen der Restemissionen ebenfalls aktualisiert werden (Grundsatz „Emissionsminderung zuerst“, Abschnitt 6.1). Ein analytischer Ansatz für diesen Prozess stärkt die Transparenz und Rechenschaftspflicht des Klimaneutralitätsziels und kann durch die folgenden Maßnahmen umgesetzt werden (Abschnitt 4):

Checkliste mit Maßnahmen

Gehen Sie von Ihren Basisemissionen aus und ziehen Sie die gesamte Emissionsminderung ab, die mit Ihrem Maßnahmenportfolio zur Klimaneutralität verbunden ist. Was übrig bleibt, sind Ihre „verbleibenden“ Emissionen, noch nicht Ihre Restemissionen. Nun setzt ein analytischer Prozess ein.

Befassen Sie sich eingehend mit den Quellen der verbleibenden Emissionen und erfassen Sie verfügbare sowie in absehbarer Zukunft zu erwartende Minderungslösungen.

Verstehen Sie die zugrunde liegenden Gründe und Einschränkungen, die weitere Reduzierungen verhindern, einschließlich

einschließlich derjenigen Einschränkungen, die die Umsetzung von Lösungen verhindern. Können Sie diese Einschränkungen direkt oder indirekt beseitigen? Wenn die Antwort „*Nein*“ lautet, handelt es sich um Restemissionen, die kompensiert werden müssen.

Lautet die Antwort „Ja“ und ist es machbar, Emissionen weiter zu reduzieren oder zu vermeiden, beginnt eine weitere Planungsphase, deren Ergebnisse in die Berechnung der bis zum Zieljahr erreichbaren Gesamtemissionsminderung einfließen.

Aktualisieren Sie die Emissionsminderungspfade regelmäßig, sobald neue Mechanismen, Technologien und Möglichkeiten verfügbar werden.

Aktualisieren Sie die Schätzung der Restemissionen auf der Grundlage geplanter und umgesetzter Maßnahmen an jedem neuen Bewertungszeitpunkt.



Eine Verzögerung schneller und nachhaltiger Emissionsminderungen erhöht langfristig den Bedarf an CDR, schränkt die mit Emissionsminderungen an der Quelle verbundenen Vorteile auf Kosten lokaler Gemeinschaften und künftiger Generationen ein, erhöht die Abhängigkeit von Lösungen, die sich im großen Maßstab noch nicht bewährt haben, und steigert letztendlich die systemweiten Kosten.

Wenn dieser Prozess erfolgreich abgeschlossen ist, ist es an der Zeit, über Kompensationsmechanismen nachzudenken.

Vorschau auf bewährte Verfahren

Helsinki (Finnland) prüft Optionen zur Emissionskompensation und sucht gleichzeitig weiter nach Möglichkeiten zur Emissionsminderung. Die Stadt arbeitet an drei Fachberichten, die sich auf die Ermittlung lokaler Kohlenstoffsinken und Herausforderungen bei der Kompensation konzentrieren. Dies wird als Leitfaden für die Ausgestaltung ihrer Strategie für Restemissionen dienen. Weitere Informationen finden Sie auf Seite 68 des Leitfadens.

Weiterführende Literatur

Der logische Prozess hinter der iterativen Identifizierung und Quantifizierung von Restemissionen wird in **Abschnitt 4** dargestellt, eingebettet in den Kontext der potenziellen nachteiligen Auswirkungen einer übermäßigen Abhängigkeit von CDR (ausführlicher in **den Abschnitten 6.1 und 6.3**). **Abbildung 1** veranschaulicht die Methodik zur Unterscheidung zwischen verbleibenden und Restemissionen in der strategischen Planung. **Abbildung 2** enthält eine Liste anerkannter Quellen möglicher Restemissionen und Lösungen zu deren Minderung sowie eine nicht erschöpfende Auflistung von Einschränkungen. Die analytischen Schritte werden in zentrale Fragen und Antworten übersetzt, was zu einer 6-stufigen Skala zur Bewertung des Schwierigkeitsgrades bei der Minderung verbleibender Emissionen führt. **Kasten 1** bietet ein Beispiel am Beispiel des Abfallsektors.

Übergeordnete Überlegungen

Sobald Restemissionen identifiziert wurden, beginnt der Entscheidungsträger, sich mit der Kompensationsstrategie zu befassen. Dies wirft eine Reihe von Fragen auf. Welche Methoden zur Kohlenstoffentfernung kann ich verfolgen? Auf welcher Grundlage sollte ich entscheiden, ob ich Senken innerhalb der Grenzen oder Kohlenstoffentfernungskredite außerhalb der Grenzen priorisiere? Welche Möglichkeiten stehen mir innerhalb der für meine Stadt relevanten Einschränkungen zur Verfügung?

Die Vermeidung der Fallstricke dieses Prozesses und die Gewährleistung einer wirksamen Kompensationsstrategie werden einfacher, wenn man sich an eine Reihe von Leitprinzipien hält, die in Abschnitt 6 des Leitfadens ausführlich erläutert und im Folgenden zusammengefasst werden.

Leitprinzipien

- **Grundsatz „Emissionsminderung hat Vorrang“:** Gehen Sie Restemissionen so an, dass der Emissionsminderung wann immer möglich Vorrang eingeräumt wird (Abschnitt 6.1).
- **Grundsatz der Transparenz:** Emissionen müssen genau und transparent gemeldet werden, eine externe Analyse des MRV muss ermöglicht und die Kompensationsmaßnahmen öffentlich offengelegt werden (Abschnitt 6.2).
- **Grundsatz der ökologischen und ethischen Integrität:** Unbeabsichtigte negative Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesellschaft sind zu vermeiden, und die Unbeständigkeit der Speicherung ist zu berücksichtigen (Abschnitt 6.3).
- **Prinzip der Nebeneffekte:** Projekte, die lokale Nebeneffekte maximieren und andere städtische Ziele unterstützen, sind vorrangig zu behandeln (Abschnitt 6.4).
- **Diversifizierungsprinzip:** Diversifizierung zwischen und innerhalb von Ausgleichsmechanismen, um Risiken zu steuern, die Wirkung zu maximieren und die Dauerhaftigkeit zu gewährleisten (Abschnitt 6.5).
- **Prinzip der Kosten- und Zeiteffizienz:** Analyse der Kosten und Nutzen einer frühzeitigen gegenüber einer späten Einführung spezifischer CDR-Methoden (Abschnitt 6.6).

Die ersten beiden Prinzipien sind in jedem Schritt des Entscheidungsprozesses zu Restemissionen von entscheidender Bedeutung, von der anfänglichen Quantifizierung und Planung bis hin zu Überwachung, Berichterstattung und Lernen. Die Grundsätze der Integrität und der positiven Nebeneffekte sind entscheidend für die Auswahl der einzelnen Emissionskompensationsmechanismen. Sie werden durch den „**Like-for-Like**“-Grundsatz ergänzt, der dabei hilft, Optionen auszuwählen, die eine echte „Kompensation“ bewirken, d. h. den Ausgleich der Emissionsquelle durch Senken, die denselben Ursprung und dieselbe Verweildauer in

der Atmosphäre aufweisen (Abschnitt 5). Schließlich sind Diversifizierung und Kosten- und Zeiteffizienz wichtige Grundsätze für die Kombination einzelner Optionen zu wirksamen Portfolios.

Entscheidungsträger sollten die Prinzipien ganzheitlich anwenden, um die Wirkung der Kompensation von Restemissionen zu maximieren und unbeabsichtigte Folgen zu vermeiden. Werden diese Prinzipien außer Acht gelassen, kann dies zu einer Strategie führen, die es versäumt,

die zur Erreichung des Klimaneutralitätsziels erforderlichen Kohlenstoffentfernungsmengen zu realisieren, die Legitimität von Klimaschutzmaßnahmen im weiteren Sinne untergräbt und die Einführung künftiger Klimaschutzmaßnahmen erschwert.

und Nachhaltigkeit. Entscheidungsträger müssen zudem die Bewirtschaftung natürlicher und künstlicher Kohlenstoffsinken sicherstellen, um das Risiko der Verlagerung von CO₂-Emissionen zu mindern (Abschnitt 7.3).

Im Allgemeinen gehören zu den kritischen Aspekten, die beim Aufbau einer Strategie für Restemissionen zu berücksichtigen sind, die Ausgereiftheit einer CDR-Methode, Zeit- und Kosteneffizienz, Machbarkeit, Herausforderungen bei der Zertifizierung, Skalierbarkeit, Übertragbarkeit, Reproduzierbarkeit

Keines dieser Themen ist jedoch relevant, wenn keine hinreichende Gewissheit besteht, dass das Projekt netto negative Emissionen erzielt (d. h. negative Emissionen nach Berücksichtigung etwaiger positiver Emissionen). Diese Gewissheit hängt von einer positiven Antwort auf die folgenden vier Fragen ab:

- ✓ Werden die Emissionen aus der Atmosphäre und nicht aus fossilen Quellen entfernt?
- ✓ Werden die entzogenen Treibhausgase auf eine Weise gespeichert, die auf Dauerhaftigkeit ausgelegt ist?
- ✓ Werden die mit dem Entfernungs- und Speicherprozess verbundenen vor- und nachgelagerten Emissionen geschätzt und in die Emissionsbilanz einbezogen?

Ist die Gesamtmenge der aus der Atmosphäre entnommenen und dauerhaft gespeicherten Treibhausgase größer als die Gesamtmenge der bei derselben Aktivität in die Atmosphäre emittierten Treibhausgase?



Kompensationsstrategien sind mit vor- und nachgelagerten Emissionen verbunden, die über die Stadtgrenzen hinausreichen und zur tatsächlichen Realisierung von Netto-Negativemissionen beitragen können. Die Berücksichtigung von Scope-3-Emissionen bzw. verbrauchsbasierten Emissionen (wenn schon nicht in der Bilanzierung, so doch zumindest in der Entscheidungsfindung) kann ein breiteres Spektrum an Möglichkeiten aufzeigen, um Restemissionen zu begrenzen, „Leakage“ zu verhindern und ökologische, sicherheitsrelevante sowie ethische Nebeneffekte zu erzielen.

Vorschau auf bewährte Verfahren

Die Strategie von **Differdange** zur Bewältigung von Restemissionen ist ein eindrucksvolles Beispiel für die Anwendung des Diversifizierungsprinzips, da sie naturbasierte Lösungen, technologische Lösungen und den Erwerb von Emissionszertifikaten durch eine Mischung aus lokalen und internationalen Initiativen kombiniert. Weitere Informationen finden Sie auf Seite 73 des Leitfadens.

Weiterführende Literatur

Während das „Like-for-Like“-Prinzip in **Abschnitt 5** vorgestellt wird, werden die sechs Kernprinzipien zur Gestaltung einer robusten, hochintegrierten Strategie für Restemissionen in **den Abschnitten 6.1–6.6** ausführlich beschrieben. Innerhalb dieser Abschnitte bieten **die Tabellen 4 und 5** einen nützlichen Überblick über die Merkmale sowie die Kategorien positiver und negativer Auswirkungen, die mit bestimmten CDR-Methoden verbunden sind, und heben deren Relevanz für die Umweltintegrität und den städtischen Kontext hervor. **Tabelle 6** beschreibt die potenziellen Vor- und Nachteile einer späten bzw. frühen Kompensation von Restemissionen. Das Transparenzprinzip wird im gesamten Bericht in verschiedenen Zusammenhängen erörtert: in **Abschnitt 7.1** und **Kasten 17** (Seite 62) in Bezug auf den Landsektor, wobei **Kasten 30** eine zusätzliche Analyse zu Wäldern und Bäumen bietet; in **Abschnitt 7.2.1** in Bezug auf die bebaute Umwelt; in **Kasten 19** (Seite 67) in Bezug auf Kohlenstoff

-Gutschriften und die damit verbundenen Risiken von Betrug und Doppelzählung; sowie in **Abschnitt 8** in Bezug auf die Emissionsberichterstattung. In ähnlicher Weise wird das Diversifizierungsprinzip in **Kasten 32** für den Landnutzungssektor (Seite 92) veranschaulicht und das Prinzip der Mitnutzen in **Kasten 22** (Seite 71) im Hinblick auf potenzielle Synergien zwischen Kohlenstoffentzug und Klimaanpassung. Das Thema „Leakage“ wird in **den Abschnitten 6.1, 6.3** und in **Kasten 42** (Seite 112) im Zusammenhang mit Scope-3-Emissionen behandelt, die wiederum in **Abschnitt 7.4** erörtert werden. Schließlich werden die Kriterien zur Überprüfung einer negativen Netto-Emissionsbilanz in **den Abschnitten 5, 6.2 und 7** sowie in **Kasten 3** auf Seite 20 beschrieben.

CDR innerhalb der Grenzen: Strategie zur Projektentwicklung

Wichtige Überlegungen

Sobald die erwarteten Restemissionen ermittelt wurden und ein Entscheidungsträger beschließt, diese (vollständig oder teilweise) durch CO₂-Entfernungen innerhalb der Projektgrenzen zu kompensieren, muss eine Projektentwicklungsstrategie erstellt werden. Dies sollte ein schrittweiser Prozess sein, der die zuvor dargelegten Leitprinzipien berücksichtigt und auf den zum Zeitpunkt der Erstellung effektivsten, fortschrittlichsten und wirtschaftlich tragfähigen Methoden basiert. Der Zeithorizont der Kohlenstoffspeicherung, die weiterreichenden Auswirkungen der Projekte und die mit den einzelnen Techniken verbundenen Risiken sind entscheidende Parameter für die Entscheidungsfindung, um eine vielfältige, wirkungsvolle und widerstandsfähige Strategie zu entwickeln.

Von anderen zu lernen ist wichtig, doch jede Stadt muss ihre eigenen kontextspezifischen geografischen und rechtlichen Besonderheiten

berücksichtigen. Diese stellen nicht nur Einschränkungen, sondern auch Chancen dar. Entscheidungsträger sollten bestrebt sein, diese Besonderheiten zu nutzen und vor Ort den größtmöglichen Mehrwert zu schaffen. Anders ausgedrückt: Eine wirksame Strategie baut auf den spezifischen Überlegungen, technischen Herausforderungen und Chancen, regulatorischen Einschränkungen und Vorteilen, lokalen Nebeneffekten sowie Beteiligungsmöglichkeiten für Stadtverwaltungen auf, im Einklang mit der jeweils gewählten CDR-Methode.

Projekte können als Reaktion auf andere städtische Bedürfnisse und Ziele konzipiert werden, die über den Klimaschutz hinausgehen, wobei die Kohlenstoffentfernung als Nebeneffekt erzielt wird. Gute Regierungsführung erfordert, dass eine Projektentwicklungsstrategie bewusst die positiven Auswirkungen und die zu bewältigenden Kompromisse identifiziert.



Definition

„**Embedded CDR Policymaking**“ ist eine Form der Politikgestaltung, die darauf abzielt, CDR ganzheitlich in die städtische Systemplanung, die städtische Infrastruktur, die öffentliche Politik und die Governance-Strukturen zu integrieren (Kasten 21). Dieser politische Ansatz kann dazu beitragen, Kosten zu minimieren und umzuverteilen sowie soziale Legitimität zu sichern, indem CDR als Teil umfassenderer Initiativen zur städtischen Nachhaltigkeit positioniert wird. Er kann die finanzielle Tragfähigkeit von CDR-Projekten verbessern und die Nachfrage stabilisieren, indem er sie an wesentliche öffentliche Dienstleistungen knüpft. Eine Veranschaulichung finden Sie weiter unten.

Abbildung 2. Integration von CDR in städtische Umgebungen. Jede Stadt, unabhängig von ihrer Form, ihrem städtischen Kontext, ihrem Entwicklungsstand oder ihrem Entwicklungsweg, verfügt über einzigartige Möglichkeiten, CDR in ihre Systeme und Strukturen zu integrieren.



Maßnahmencheckliste

Quelle: Interne Analyse

Identifizieren Sie Möglichkeiten zur Stärkung bestehender natürlicher Kohlenstoffsinken in städtischen, stadtnahen und ländlichen Landschaften, um zusätzliche Vorteile in den Bereichen Energie, Wirtschaft, Gesellschaft, Umwelt und Gesundheit zu erzielen.

Prüfung von Möglichkeiten zur Integration in städtische Systeme, Infrastruktur und industrielle Prozesse, wie Abfallwirtschaft, Abwasserbehandlung und Bauwesen.

Stärkung der Transparenz und der gesellschaftlichen Legitimität durch Einbindung sowohl der betroffenen lokalen Gemeinschaften als auch der Öffentlichkeit in den Strategieentwicklungsprozess.

Verankern Sie die CDR-Politikgestaltung durch politische und fiskalische Synergien mit öffentlichen Maßnahmen in den Bereichen Energie, Abfall, Landnutzung, Ernährung, Wohlbefinden, Stadtplanung und Klimaanpassung.

Erfassen Sie potenzielle Zielkonflikte, sozioökologische Risiken und Risiken einer Speicherrückbildung, die mit den identifizierten Möglichkeiten zur Kohlenstoffentfernung einhergehen, und prüfen Sie mögliche Abhilfemaßnahmen.

Entwicklung einer ganzheitlichen Strategie, die Risiken bewältigt, lokale Nebeneffekte und politische Synergien maximiert, CDR-Methoden diversifiziert und die Dauerhaftigkeit der Speicherung erhöht.



Die gesellschaftliche Legitimität und finanzielle Tragfähigkeit von CDR-Projekten kann sich rasch verschlechtern, wenn CDR-Maßnahmen bestehende städtische Strategien und politische Prioritäten wie öffentliche Gesundheit oder Umweltgerechtigkeit untergraben, anstatt sie zu stärken. Solche Szenarien bergen die Gefahr, dass CDR zu einer untragbaren Belastung für die kommunalen Finanzen und das politische Kapital wird. Diese Auswirkungen verstärken sich noch, wenn schlecht geplante Projekte zu negativen Folgen für lokale Gemeinschaften und die Ökologie führen.



Jede erhebliche Rückführung von gespeichertem Kohlenstoff, die unerwartet eintritt und nicht aufgefangen wird (z. B. durch zusätzliche Puffer bei der Kohlenstoffentfernung oder eine schrittweise Verstärkung temporärer durch permanente CDR-Maßnahmen), untergräbt die Klimawirkung und schränkt den Beitrag des Projekts als Mechanismus zum Ausgleich von Restemissionen ein.

Weiterführende Literatur

Optionen zur CO₂-Reduktion innerhalb der Stadtgrenzen werden in **den Abschnitten 5.1 und 5.1.1** vorgestellt und in den **Anhängen** näher erläutert; **Abbildung 3** und **Abbildung 4** zeigen die IPCC-Klassifizierung sowie den Entscheidungsbaum zur Ermittlung von Methoden zur CO₂-Reduktion im städtischen Raum, die für den jeweiligen städtischen Kontext geeignet sind. Die Dauerhaftigkeit und das Risiko von Rückgängigmachungen werden durchgehend erörtert und in **den Abschnitten 6.3** (allgemein) und **7.2.1** (in Bezug auf die bebaute Umwelt) vertieft. **Kasten 21** auf Seite 70 beschreibt detailliert die Wege zur Einbettung von CDR in städtische Politiken und Systeme sowie deren Vorteile. Im Rahmen einer umfassenderen Diskussion über die Bedeutung des Transparenzprinzips für soziale Gerechtigkeit, Fairness und öffentliche Unterstützung (**Abschnitt 6.1**) erörtert **Kasten 18** auf Seite 62 die Bedeutung einer transparenten Einbindung der Öffentlichkeit in den Strategieentwicklungsprozess, während **Kasten 20** auf Seite 68 die strategische und gerechte Nutzung von Senken außerhalb der Grenzen behandelt. Schließlich wird in **Abschnitt 6.3** die Komplexität der Gewährleistung ethischer Integrität im Zusammenhang mit dem Einsatz von CDR erörtert, während sich **Abschnitt 6.4** mit der gerechten Verteilung von Nebennutzen befasst.

CDR außerhalb der Grenzen: Strategie zur Portfolioentwicklung

Wichtige Überlegungen

Welche Optionen haben Sie, wenn die Möglichkeiten zur Entwicklung von Projekten zur Kohlenstoffentfernung innerhalb der Stadtgrenzen unzureichend sind?

Viele Entscheidungsträger werden mit dieser Frage konfrontiert sein. Dies kann an begrenzten Flächen oder Rohstoffressourcen, an sozialen und politischen Einschränkungen oder an anderen Gründen liegen. Unabhängig davon kann ein Entscheidungsträger beschließen, die Restemissionen der Stadt durch verifizierte Emissionsgutschriften aus dem freiwilligen Kohlenstoffmarkt (Voluntary Carbon Market, VCM) auszugleichen, die aus CDR-Projekten außerhalb der Stadtgrenzen stammen.

Die Auswahl der richtigen Zertifikate kann eine Herausforderung darstellen. Die Qualität eines CO₂-Zertifikats steht in direktem Zusammenhang mit der Integrität der zertifikatsgenerierenden Aktivität, die wiederum von deren klimatischen



Kann ich CO₂-Zertifikate aus dem Stadtgebiet erwerben?

Ja, allerdings müssen Emissionsminderungen innerhalb der Stadtgrenzen nicht den Zertifizierungsprozess durchlaufen, um auf die Klimaneutralität angerechnet zu werden. Dennoch kann der Kauf von Emissionszertifikaten aus Projekten innerhalb der Stadtgrenzen ein wirksames Mittel sein, um finanziell zur Umsetzung einer CO₂-Entfernungsmaßnahme beizutragen (z. B. groß angelegte BECCS-Projekte).

Solche Zertifikate werden auf Ihr Neutralitätsziel angerechnet. Verkauft hingegen ein Projekt innerhalb der Stadtgrenzen seine Zertifikate an einen externen Käufer, kann die Stadt diese negativen Emissionen nicht für ihr eigenes Klimaneutralitätsziel geltend machen (um Doppelzählungen zu vermeiden).

sowie sozio-ökologische Auswirkungen, Additionalität, Referenzwerte, Verlagerungseffekte und Dauerhaftigkeit. Im Rahmen der EU Cities Mission können **aus dem Verkehr gezogene** (gekaufte) Emissionszertifikate zum Ausgleich von

Restemissionen nur dann zum Ausgleich herangezogen werden, wenn sie mit **CO₂-Entfernungsmaßnahmen** verbunden sind, es sich um **hochwertige** zertifizierte Einheiten gemäß der EU-Verordnung über CO₂-Entfernung und Carbon Farming handelt (jedes gleichwertige Zertifizierungssystem ist zulässig) und sie **nicht** aus Aktivitäten stammen, die die Stadt aus dem Zielbereich **ausgeschlossen** hat (Abschnitt 5.2). Damit soll das Paradoxon vermieden werden, dass Städte Ausschlüsse aus dem Zielbereich vorschlagen und anschließend Emissionsgutschriften aus Aktivitäten in diesen ausgeschlossenen Bereichen geltend machen.

Die Entwicklung eines vielfältigen Portfolios an Projekten zur Generierung von Emissionsgutschriften trägt dazu bei, das Gesamtrisiko und die Verantwortung zu verteilen, ermöglicht der Stadt unterschiedliche Rollen (Entwickler, Investor oder Käufer) und versetzt Entscheidungsträger in die Lage, verschiedene Ziele zu verfolgen, neue und etablierte CDR-Methoden zu kombinieren, Umkehr Risiken zu steuern und sich gegen Marktschwankungen abzusichern. Dies beinhaltet die Beantwortung von

Fragen zur Art des Projekts (Methode und Dauerhaftigkeit der Speicherung), seinem Standort, dem einzuhaltenden Qualitätsstandard, den zu erschießenden Nebeneffekten, dem Zeitpunkt der Entfernung, der Rolle der Stadt in Bezug auf das Projekt sowie der Art und Weise, wie Ansprüche im Zusammenhang mit dem Klimaneutralitätsziel kommuniziert werden sollen.

Im Hinblick auf das Portfoliomanagement können Entscheidungsträger Gutschriften aus Projekten priorisieren, die besser mit den allgemeinen öffentlichen Prioritäten im Einklang stehen, Fehlanreize vermeiden und die Klimasolidarität fördern. Entscheidungsträgern wird empfohlen, ein Portfolio aufzubauen, das Ex-post-Kohlenstoffgutschriften (die erst nach Realisierung des Kohlenstoffnutzens ausgestellt werden) priorisiert. Ex-ante- und vorab erworbene Gutschriften eignen sich gut für Kohlenstoffentfernungsprojekte, die hochinnovativ sind und das Potenzial für eine umfangreiche, skalierbare und äußerst dauerhafte Kohlenstoffspeicherung bieten; allerdings ist eine Ex-post-Überprüfung des bis zum Zieljahr erzielten Beitrags erforderlich.

Checkliste für Maßnahmen

Befolgen Sie den in Abschnitt 5.2.3 beschriebenen schrittweisen Ansatz, um Kaufentscheidungen zu lenken und einen strategischen, langfristigen Ansatz zu entwickeln. Insbesondere:

- ☐ Wählen Sie Emissionsgutschriften, die als hochwertige zertifizierte Einheiten im Rahmen des EU-CRCF gelten oder vollständig mit den CRCF-Qualitätskriterien übereinstimmen.
- ☐ Stellen Sie sicher, dass der Kredit das Ergebnis eines verifizierten CO₂-Kreditprojekts ist und nicht aus einem lokalen CO₂-Beitrag, einem CO₂-Kompensationsprogramm oder entsprechenden Fonds stammt.
- ☐ Stellen Sie sicher, dass die Gutschrift in einem öffentlich zugänglichen Register ausgestellt wird, um Transparenz und Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten.
- ☐ Bevorzugen Sie Ex-post-Kohlenstoffgutschriften als Grundlage für Ihr Portfolio. Ziehen Sie Ex-ante- oder im Voraus erworbene Gutschriften aus Projekten in Betracht, deren Nutzen bereits vor dem Zieljahr zum Tragen kommt.
- ☐ Stellen Sie sicher, dass das zur Kompensation von Restemissionen genutzte Emissionsgutschriftenportfolio zunehmend Aktivitäten priorisiert, die Kohlenstoff binden und bei denen ein geringes Risiko einer erneuten Freisetzung in die Atmosphäre besteht.
- ☐ Berücksichtigen Sie „lokale“ oder „Solidarität unter Gleichgesinnten“, indem Sie Gutschriften aus Projekten in benachbarten Gemeinden erwerben, um lokale Nebeneffekte, den territorialen Zusammenhalt und die Zusammenarbeit zwischen Städten zu stärken.
- ☐ Prüfen Sie die Vorteile einer gemeinsamen öffentlichen Beschaffung von CO₂-Entfernungsgutschriften, um Restemissionen auszugleichen und Innovationen zu fördern.



Emissionsminderungs- und -vermeidungsgutschriften sind im Rahmen der „Cities Mission“ im Einklang mit internationalen Best Practices kein zulässiges Mittel zur Kompensation.



Der Ausschluss von Aktivitäten aus Ihrem Ziel, beispielsweise aus dem AFOLU-Sektor, und die anschließende Inanspruchnahme der dadurch erzeugten negativen Emissionen gilt nicht als hochintegroter Ansatz zur Kompensation.

Der Verzicht auf den Erwerb von EU-CRCF-zertifizierten Gutschriften oder von Gutschriften, die nach vergleichbaren hochwertigen Standards zertifiziert sind, birgt erhebliche Risiken, insbesondere für Städte, denen das Fachwissen fehlt, um sich auf diesem Markt zurechtzufinden. Es wird schwieriger, die klimatischen und sozio-ökologischen Auswirkungen, die Zusätzlichkeit, die Referenzwerte, die Verlagerungseffekte und die Dauerhaftigkeit zu quantifizieren. Öffentliche Mittel, die für Projekte bereitgestellt werden, die die versprochenen Klimawirkungen nicht erzielen oder negative Auswirkungen auf lokale Gemeinschaften und Ökosysteme haben, können zu Reputationsschäden und einem Verlust an gesellschaftlicher Legitimität führen.

Vorschau auf bewährte Verfahren

Die Stadt **Lódź** (Polen) verfolgt einen ausgewogenen und ganzheitlichen Ansatz bei der Entwicklung ihrer Portfoliostrategie für über die Stadtgrenzen hinausgehende Emissionsminderungsgutschriften. Ihr Aktionsplan zur Klimaneutralität legt die Arten von Projekten, deren Herkunft und die Zertifizierungsrahmen fest, zusammen mit einer Schätzung der erzeugten negativen Emissionen und der damit verbundenen Kosten. Die Stadt **Tampere** (Finnland) hat ihre Optionen für den Aufbau einer langfristigen Strategie für Emissionsminderungsgutschriften geprüft, um ihr Netto-Null-Ziel für 2030 zu erreichen. Schließlich fördert die Stadt **München** (Deutschland) proaktiv lokale Nebeneffekte, indem sie regionale Kohlenstoffsenkenprojekte im Großraum München umsetzt und finanziert. Weitere Informationen finden Sie auf den Seiten 57 und 71 des Leitfadens.

Weiterführende Literatur

Abschnitt 5.2 bietet Entscheidungsträgern eine ausführliche Anleitung zur Nutzung von CO₂-Entfernungsgutschriften als Ausgleichsmechanismus, wobei **Abbildung 5** ein vereinfachtes Klassifizierungsschema der fünf Arten von CO₂-Ausgleichszahlungen zeigt. **Kasten 11** erläutert mögliche Wege für Städte zum Erwerb von CO₂-Entfernungsgutschriften gemäß Artikel 6, während **Abschnitt 5.2.1** den freiwilligen CO₂-Markt vorstellt und **Kasten 12** weiterführende Literatur zu verschiedenen internationalen Initiativen bietet, die darauf abzielen, die Qualität des freiwilligen CO₂-Marktes (VCM) sicherzustellen. **Abschnitt 5.2.2** beschreibt die Qualitätsaspekte im Zusammenhang mit CO₂-Gutschriften, die Gewährleistung der Umweltintegrität sowie die Mindestanforderungen für EU-Mission-Cities (die in **den Abschnitten 6.2** und **6.3** vertieft werden), wobei **Tabelle 5** die Merkmale der Umweltintegrität für CO₂-Gutschriften veranschaulicht. **Kasten 9** (Seite 43) beschreibt den Lebenszyklus von Emissionsgutschriften (Ausgabe, Verkauf, Ausbuchung) und stellt die Definitionen von Ex-post-, Ex-ante- und vorab erworbenen Emissionsgutschriften sowie die damit verbundenen Bedingungen für deren Verwendung bei Netto-Null-Zielen vor. **Abschnitt 5.2** legt fest, dass zur Kompensation von Restemissionen ausschließlich CO₂-Entfernungsgutschriften verwendet werden dürfen, wobei **Kasten 10** die Rolle von Nicht-Entfernungsgutschriften im breiteren Diskurs zur Eindämmung des Klimawandels verdeutlicht. **Kasten 13** auf Seite 52 verdeutlicht zudem den Unterschied zwischen verifizierten Emissionsgutschriftenprojekten und lokalen CO₂-Kompensationsprogrammen oder -fonds. **Kasten 14** erörtert die Vorteile gemeinsamer öffentlicher Beschaffung, **Kasten 15** zeigt auf, wie Einnahmen aus Emissionsgutschriften strategisch genutzt werden können und sollten, um ehrgeizigere Klimaschutzziele zu erreichen, und **Kasten 23** veranschaulicht typische Preise und Preisfaktoren. **Tabelle 7** geht näher auf den Aufbau eines CO₂-Zertifikate-Portfolios ein, das Zertifikate mit unterschiedlichen Zeithorizonten umfasst; **Kasten 19** erörtert, wie man mit dem Risiko von Betrug und Doppelzahlungen umgeht, und **Abschnitt 6.4** behandelt die Bedeutung der Solidarität beim Kauf von Zertifikaten aus Projekten in benachbarten Gemeinden, um lokale Nebeneffekte zu verstärken. Schließlich werden Zielausnahmen und ihre Auswirkungen auf Emissionszertifikate in **Kasten 2** auf Seite 19 sowie später in **den Abschnitten 6.2** und **7** erörtert.

3

Wie kann ich die Steuerung, die Politik und die Finanzierung von negativen Emissionen gestalten?

Übergeordnete Überlegungen

Die Projektentwicklung ist nur ein Teil des Weges. Die Organisation der Steuerung, die Gestaltung des kommunalen Instrumentariums und die Ausarbeitung einer wirksamen Finanzierungsstrategie sind entscheidende Schritte, die die Lücke zwischen Zielsetzung und Umsetzung schließen. Entscheidungsträger können diese Bemühungen besser steuern, wenn sie die primäre Rolle identifizieren, die die Stadt im weiteren Umfeld der Interessengruppen einnehmen soll. Ist die Stadt in erster Linie der „Strategieentwickler“ ihrer CO₂-Entfernungsbemühungen, der „Regulierer“ des operativen Umfelds, der „Dienstleister“ für Kohlenstoffsenken in der Stadt, der „Innovator“, der lokale und kooperative F&E&I unterstützt, der „Finanzierer“, der die Nachfrage nach CO₂-Entfernung freisetzt, oder der „Koordinator“, der das lokale CDR-Ökosystem ermöglicht? Die Kenntnis der eigenen Hauptrichtung hilft bei

der Entwicklung eines wirksamen Governance-Rahmens und einer Reihe von Richtlinien zur Bewältigung aller Probleme, die bei der Entwicklung und Umsetzung von Emissionskompensationsstrategien auftreten (Kasten 7). Dazu können der Umfang und der Zeitplan der Umsetzung, die Bilanzierung, Überwachung, Berichterstattung und Überprüfung der Klimaauswirkungen, die Dauerhaftigkeit der Speicherung und Risiken einer Rückumwandlung, Nachhaltigkeitsbeschränkungen und -herausforderungen, die gesellschaftliche Legitimität bestimmter Methoden, Anreizmechanismen und öffentliche Investitionen, die Einbindung der Öffentlichkeit und der Bevölkerung sowie die Notwendigkeit gehören, ein Portfolio zu entwickeln, das im Laufe der Zeit auf die Art der verbleibenden Emissionen abgestimmt ist.

Das Instrumentarium der Kommunen kann äußerst vielfältig und kreativ sein. Grundsätzlich gibt es fünf Handlungshebel, die Kommunalverwaltungen zur Förderung der CDR-Entwicklung nutzen können:

1. **Technologische Hebel** beziehen sich auf die Unterstützung von Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsbemühungen, die Umsetzung von Demonstrationsprojekten und den Aufbau von Kapazitäten.
2. **Regulatorische und politische Hebel** tragen dazu bei, ein günstiges Umfeld für Investitionen in und die Einführung von CDR zu schaffen, bieten Sicherheit und Anreize und reduzieren bürokratischen Aufwand.
3. **Stadtplanungshebel** ermöglichen es einer Stadt, Maßnahmen und Lösungen zur Kohlenstoffentfernung in die Raumplanung und die Gestaltung kohlenstoffarmer Stadtgebiete zu integrieren.
4. **Finanzielle Hebel** ermöglichen es einer Stadt, über eine Vielzahl von Instrumenten katalytische Finanzmittel bereitzustellen, die Investitionen des privaten Sektors anziehen und die Wirtschaftlichkeit von CDR-Projekten untermauern, wie beispielsweise öffentlich-private Partnerschaften, grüne Anleihen und andere Finanzinstrumente sowie Mechanismen zur CO₂-Bepreisung.
5. **Politisch-ökonomische Hebel** umfassen Maßnahmen zur Sicherung der Akzeptanz in der Bevölkerung und zur Stärkung der gesellschaftlichen Legitimation von CDR, wie z. B. Bürgerbeteiligung, Aufklärung der Bevölkerung, Innovationsgipfel und partizipative Regierungsmodelle.

Kommunale Maßnahmen, sowohl innerhalb als auch außerhalb der Stadtgrenzen, lassen sich diesen fünf Handlungskategorien zuordnen. Sie können entsprechend ihrer Funktion bei der Schaffung eines förderlichen Umfelds geplant werden –

für CDR: Förderung der Nachfrage, Ausbau des Angebots oder ganz allgemein die Schaffung gesellschaftlicher Legitimität für CDR.

Je nach den spezifischen Rahmenbedingungen kann ein Entscheidungsträger diese Hebel in größerem oder geringerem Umfang nutzen und der Stadt damit unterschiedliche Rollen im

Ökosystem der CDR-Akteure zuweisen (Kasten 7). Indem sie die Hauptrolle der Stadt von Anfang an festlegen, können Entscheidungsträger ihr Instrumentarium entsprechend ausrichten und letztendlich ihre Bemühungen zur Förderung von CDR lenken.

Vorschau auf bewährte Verfahren

Auf den Seiten 39–42 des Leitfadens wird ein Überblick über verschiedene Ansätze zur Steuerung der Kohlenstoffbindung gegeben, der institutionelle, regulatorische und planerische Instrumente, Finanzinstrumente, partizipative Steuerungsmechanismen sowie Initiativen zum Kapazitätsaufbau umfasst. Es gibt Beispiele aus **Warschau**, **Breslau** (Polen), **Angers Loire Métropole**, **Grenoble-Alpes Métropole** (Frankreich), **Glasgow** (Vereinigtes Königreich), **Izmir** (Türkei), **Münster** (Deutschland), **Athen** (Griechenland), **Oslo**, **Trondheim** (Norwegen), **Riga** (Lettland) und **Zagreb** (Kroatien).

Verwaltung von Treibhausgasinventaren, CO₂-Bilanzierung und MRV

Wichtige Überlegungen

Eine wirksame Steuerung von Emissionsminderungen und Kohlenstoffentnahmen wird durch ein robustes Inventar ermöglicht. Die Einrichtung und Verwaltung eines Inventars, das das Ausmaß und die Quellen der Emissionen im Vergleich zu einem Basisjahr und innerhalb einer bestimmten Bilanzierungsgrenze erfasst, kann eine Herausforderung darstellen. Dies ist jedoch der einzige Weg, um letztendlich den Status der Klimaneutralität nachzuweisen. Außerdem trägt es dazu bei, das Risiko von Betrug und Doppelzählungen bei Emissionsminderungen oder -entnahmen zu vermeiden, Co-Benefits zu fördern und die Qualität der Gutschriften zu gewährleisten.

Die Einhaltung des Transparenzprinzips (Abschnitt 6.2) bedeutet, alle positiven Emissionen (emittierende Aktivitäten und verkaufte Emissionsgutschriften) sowie negative Emissionen (Kohlenstoffentnahmen und aus dem Verkehr gezogene Emissionsgutschriften aus Kohlenstoffentnahmen) zuverlässig zu messen und zu dokumentieren, um zu einer korrekten und überprüfbaren Schätzung der Nettoemissionen

(positive minus negative Emissionen) zu einem bestimmten Zeitpunkt zu gelangen. Jede Aktivität, die zur Strategie zur Reduzierung der Restemissionen beiträgt, muss bei der Berechnung vollständig berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass neben den Bindungen gegebenenfalls auch Emissionen oder Emissionsminderungen in die Berechnung einfließen.

Letztendlich können Fortschritte nur anhand einer transparenten Basislinie berichtet werden, die für jeden der Sektoren, Quellen, Gase und geografischen Gebiete festgelegt wird, die in den Zielbereich einbezogen sind. Insbesondere für den AFOLU-Sektor kann dies einen datenintensiven Schritt im Bilanzierungsprozess mit erheblichen Unsicherheiten bedeuten, die es zu bewältigen gilt. Die Quantifizierung der Menge der Kohlenstoffentnahmen im Abrechnungsjahr erfordert eine regelmäßige Überwachung der Dauerhaftigkeit des gespeicherten Kohlenstoffs sowie die Berücksichtigung etwaiger Rückgänge und Minderungsmaßnahmen. Jeder Anstieg der direkten und indirekten Emissionen, der auf die Kohlenstoffentnahmemaßnahmen im

Bilanzierungsjahr, muss quantifiziert und in die Berechnung der Nettoemissionen einbezogen werden.

Die mit der Bilanzierung bestimmter Methoden zur Kohlenstoffentfernung verbundene Unsicherheit kann für Entscheidungsträger angesichts der großen Vielfalt an Optionen eine Herausforderung darstellen. Dies gilt insbesondere für die eher vorübergehenden Formen der

Kohlenstoffentfernung. Während neue Protokolle und Standards entwickelt und vermittelt werden, könnten Entscheidungsträger von der Teilnahme an städteübergreifendem Austausch, Forschungspartnerschaften und Initiativen zum Kapazitätsaufbau profitieren. Entscheidungsträger sollten zudem regelmäßig die Verfügbarkeit von Leitfäden, Leistungsstandards, Bilanzierungsgleichungen, Formeln und/oder Methoden überprüfen.

Checkliste mit Maßnahmen

Legen Sie eine Basislinie fest, die alle Sektoren, Quellen, Gase und geografischen Gebiete umfasst, die in den Zielbereich einbezogen sind.

Trennen Sie die Berichterstattung über Emissionen und verkaufte Emissionsgutschriften von der Berichterstattung über Kohlenstoffentnahmen und aus dem Verkehr gezogene Emissionsgutschriften, um eine Netto-Emissionsbilanz zu ermitteln.

Erfassen Sie sowohl positive als auch negative Emissionen, die mit derselben Quelle verbunden sind, transparent und berichten Sie jeden Beitrag klar und deutlich. Dies umfasst alle relevanten direkten und indirekten Emissionen, die der Kohlenstoffentfernungsmaßnahme im Abrechnungsjahr zugeordnet werden können.

Schlüsseln Sie jeden Term der Gleichung durch eine Aufschlüsselung nach Sektoren, gegebenenfalls auch nach Quelle/Aktivität und Art der Treibhausgase, auf.

Ein klares Abrechnungssystem für alle Ausgleichsmaßnahmen innerhalb der Stadt einführen, die Gutschriften generieren, und darlegen, wie diese in das Emissionsinventar einbezogen werden.

Die methodischen Schritte für die Bilanzierung, Überwachung, Berichterstattung und Überprüfung sowie die Vorkehrungen zur Vermeidung von Doppelzählungen detailliert darlegen.

Entwickeln Sie einen Prozess zur Erfassung, Einstufung und gegebenenfalls Quantifizierung potenzieller Fehlerquellen bei der Bilanzierung spezifischer Entfernungsmethoden.



Die Gewährleistung eines hohen Maßes an Transparenz ist entscheidend für den Aufbau ausreichender Evidenz und Erfahrung, um das Risikoprofil von Kompensationsmechanismen zu senken. Eine undurchsichtige Berichterstattung über Emissionsdaten behindert Zertifizierungsprozesse, erhöht die Verwaltungskosten und mindert die positiven Auswirkungen auf die Marktnachfrage nach Kohlenstoffentfernungen.



Wird die Transparenz des Anwendungsfalls sowohl für Emissionsentfernungen innerhalb der Grenzen als auch für Gutschriften außerhalb der Grenzen nicht gewährleistet, kann dies die gesellschaftliche Akzeptanz der Strategie für Restemissionen untergraben, Anlass für Vorwürfe der Hemmung von Emissionsminderungsmaßnahmen geben und die Gefahr von Doppelzählungen bergen. Um auf dem Grundsatz „Emissionsminderung hat Vorrang“ und dem Transparenzgrundsatz aufzubauen, muss klar dargelegt und berichtet werden, wie CDR eingesetzt wird, um sicherzustellen, dass es komplementär wirkt.

Auf den Seiten 110–112 finden Sie einen Überblick über verschiedene MRV-Ansätze der EU-Mission-Cities, darunter Kartierung, Kataster, Überwachung vor Ort, Fernerkundung und Bürgerwissenschaftsinitiativen. Aus **Dublin** (Irland), **Zaragoza** (Spanien), **Helsingborg** (Schweden), **Leuven** (Belgien), **Mannheim** (Deutschland), **Lahti** (Finnland), **Großraum Dünkirchen** (Frankreich), **Trikala** (Griechenland), **Trondheim**, **Stavanger** (Norwegen), **Rzeszów** (Polen) und **Zagreb** (Kroatien).

Weiterführende Literatur

Die Kernideen hinter der Steuerung von Treibhausgasinventaren werden zu Beginn von **Abschnitt 3** dargelegt, während **Kasten 27** auf Seite 84 die städtische Emissionsbilanzierung in den Kontext der EU- und nationalen Rahmenbedingungen einordnet. **Abschnitt 6.2** befasst sich mit dem Transparenzprinzip und wendet es auf die Nettoemissionsgleichung an. **Abschnitt 7** veranschaulicht die Regeln für die Emissionsbilanzierung, die für jede CDR-Methode oder jeden Emissionszertifikat gelten würden. **Kasten 24** geht auf mögliche sektorale Asynchronitäten im Inventar ein, während **Kasten 25** darlegt, wie natürliche oder vom Menschen verursachte Störungen von Kohlenstoffsenken in der Bilanzierung negativer Emissionen berücksichtigt werden. Spezifische Leitlinien zur Emissionsbilanzierung im Landnutzungssektor werden in **Abschnitt 7.1** behandelt. Insbesondere stellt **Kasten 26** den Unterschied zwischen Landnutzung und Landbedeckung (im Zusammenhang mit der Emissionsbilanzierung) vor, **Kasten 28** verdeutlicht, dass eine unveränderte Landnutzung nicht gleichbedeutend mit einem unveränderten Kohlenstoffbestand ist, und **Kasten 30** veranschaulicht die sektorübergreifenden Auswirkungen von Wäldern und Bäumen. **Die Kästen 33–34, 44–45** und **die Tabellen 8–10** enthalten weitere technische Details, die zur Erstellung des Emissionsinventars für Wälder und Bäume erforderlich sind, während **Abbildung 6** einen Entscheidungsbaum zur Auswahl der Quellen für Aktivitätsdaten darstellt. Insgesamt wird die Bilanzierung negativer Emissionen im Zusammenhang mit städtischen Bäumen und Wäldern in **Abschnitt 7.1.1** erörtert (wobei **die Unterabschnitte 7.1.1.1** und **7.1.1.2** näher auf das Berechnungsverfahren eingehen), während Feuchtgebiete in **Abschnitt 7.1.2** behandelt werden (zusammen mit **Abbildung 7**, die als Orientierungshilfe für den „Wetlands Supplement“ zu den IPCC-Leitlinien von 2006 dient). Spezifische Leitlinien zur Emissionsbilanzierung in der bebauten Umwelt werden in **Abschnitt 7.2** behandelt, wobei die Bilanzierungsgrundsätze in **7.2.1** ausdrücklich angesprochen werden, **7.2.2** sich mit Datensystemen und MRV befasst und **Kasten 38** Leitlinien zur Verwendung von Daten auf Gebäudeebene aus dem EU-CRCF bietet.

Während Datenquellen, MRV und Unsicherheiten bei der Bilanzierung Themen sind, die in allen oben genannten Abschnitten behandelt werden, widmet sich **Kasten 5** auf Seite 23 speziell dem MRV, ebenso wie **die Kästen 40** und **41**, die Überwachungsoptionen veranschaulichen. **Abschnitt 6.4** erörtert MRV im Zusammenhang mit den Nebeneffekten der Emissionskompensation. **Abschnitt 7.3** beschreibt Methoden zur Abschätzung und zum Umgang mit Unsicherheiten in der Emissionsbilanzierung, wobei **Kasten 39** die Methode der Überschreitungswahrscheinlichkeit vorschlägt und **Tabelle 11** veranschaulicht, wie die Datenqualität eingestuft werden kann, um die Abschätzung der Unsicherheit zu erleichtern.

Neben der Unsicherheit stellt die Doppelzählung eine weitere häufige Herausforderung dar. In den Leitlinien wird dieses Thema in **Abschnitt 6.2** sowie in **den Kästen 19, 30** und **42** aus verschiedenen Perspektiven behandelt. **Kasten 42** enthält bilanzierungsrelevante Überlegungen zu Scope-3-Emissionen, während **Kasten 43** und **Abbildung 8** vorwegnehmen, welche zusätzlichen Formen von Bilanzierungsleitlinien in Zukunft verfügbar werden könnten. Schließlich bietet **Abschnitt 8** eine Zusammenfassung der wichtigsten Anforderungen an die Emissionsberichterstattung.

Mehrebenen-Governance und Bürgerbeteiligung

Wichtige Überlegungen

Städtische Entscheidungsträger können sich mit größerer Zuversicht an Strategien zur Reduzierung von Restemissionen wagen, wenn sie erkennen, dass sie nicht in einem Vakuum agieren. Sie sind besser vorbereitet, wenn sie ihre vertikalen und horizontalen Abhängigkeiten innerhalb der breiten Gruppe anderer Interessengruppen berücksichtigen, die für die Entwicklung von Projekten zur Kohlenstoffentfernung in ihrer Stadt relevant sind. Die Koordination mit benachbarten Kommunen, regionalen und nationalen Behörden

sowie Akteuren des privaten Sektors ist für die Entwicklung tragfähiger CO₂-Entfernungssysteme von entscheidender Bedeutung. Sie trägt zum Wissensaustausch, zur Bündelung von Ressourcen, zur Koordinierung der Infrastrukturentwicklung, zur Bewältigung logistischer Anforderungen, zur Kombination von Finanzierungsinstrumenten sowie zur Organisation von Joint Ventures und öffentlich-privaten Partnerschaften bei.

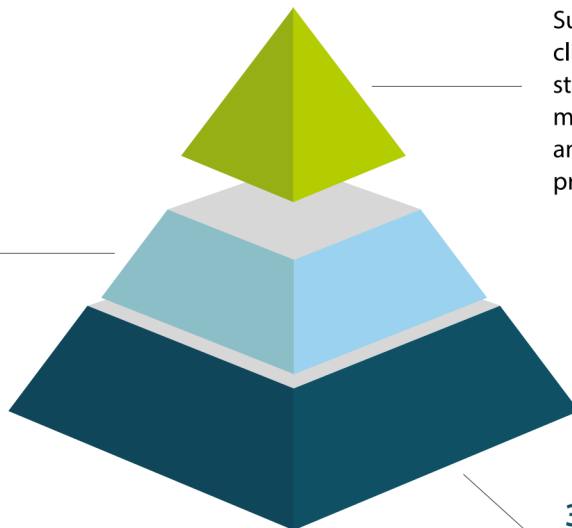
Abbildung 3. Beispiel für eine vertikale, mehrstufige Steuerung der städtischen CO₂-Entfernung

2 – Nationale und regionale Regierung

Auf nationaler Ebene wird die Kohlenstoffentfernung in die Klimastrategien integriert und es werden Anreizmechanismen wie Förderprogramme, Innovationsförderung oder Kohlenstoffmärkte geschaffen. Auf regionaler Ebene werden die Flächennutzungsplanung und der Ausbau der Infrastruktur koordiniert, die für Entfernungssysteme relevant sind, einschließlich Biomasse-Lieferketten oder CO₂-Transport- und -Speichernetzwerke.

1 – Stadtverwaltung

Unterstützt lokale Projekte, bindet diese in Klimapläne ein und arbeitet mit lokalen Akteuren zusammen. Arbeitet mit benachbarten Kommunen, Forschungseinrichtungen, Versorgungsunternehmen und privaten Firmen zusammen, um gemeinsame Projekte und Wertschöpfungsketten zu entwickeln.



3 – Supranationale Regierung

Entwickelt Standards für die Bilanzierung und Zertifizierung der CO₂-Entfernung und bietet langfristige politische und finanzielle Unterstützung.

Quelle: Interne Analyse

Ein förderliches Mehrebenen-Governance-System für städtische CO₂-Entfernung (CDR) erfordert klar definierte Rollen, Zuständigkeiten und eine Zielabstimmung zwischen den verschiedenen Ebenen und Akteuren, die an der öffentlichen Steuerung von Strategien und Projekten zur CO₂-Entfernung beteiligt sind, sowie den Systemen und Infrastrukturen, die dafür genutzt werden können. In der Praxis agieren Städte oft in fragmentierteren Governance-Umfeldern, was ihre Fähigkeit zur Entwicklung und Umsetzung von Strategien zur Kohlenstoffentfernung einschränken kann. Um solche Einschränkungen zu bewältigen, ist es für städtische Entscheidungsträger von Vorteil, ihre

gegenseitigen Abhängigkeiten zu erfassen und im Rahmen ihrer Strategien zur Reduzierung der Restemissionen die notwendigen Vorkehrungen zu treffen. Dies stärkt die Durchführbarkeit ihrer Strategie und die Skalierbarkeit spezifischer Kompensationsmechanismen.

Zur mehrstufigen Steuerung gehören auch die Einbindung der Öffentlichkeit auf politischer Ebene sowie die projektspezifische Einbindung der Bevölkerung als Teil der Strategieentwicklung und des Projektmanagements. Dies ist entscheidend, um die Unterstützung der Öffentlichkeit für die CO₂-Reduzierung sicherzustellen.

Abbildung 4. Beispiel für ein Ökosystem von Interessengruppen im Bereich der städtischen Kohlenstoffentfernung.



Quelle: Interne Analyse

Entscheidungsträger in den Städten sollten bereits früh im Planungsprozess die Bedürfnisse und potenziellen Auswirkungen einzelner Projekte auf die lokalen Gemeinschaften berücksichtigen. Sie sollten solide Governance-Grundsätze, integrierte Pläne und öffentlich zugängliche Handlungsrahmen entwickeln, um ihre Zusammenarbeit mit anderen Interessengruppen zu steuern und die für den Erfolg der Projekte erforderliche gesellschaftliche Legitimität zu sichern.

Dies ermöglicht es, Projektpläne anzupassen, auf spezifische Bedenken und Bedürfnisse einzugehen und die Fortführung historischer Ungerechtigkeiten zu verhindern.

Maßnahmencheckliste

Erfassen Sie die gegenseitigen Abhängigkeiten in der Governance mit öffentlichen und privaten Akteuren und ermitteln Sie den Bedarf sowie die Formen struktureller Kooperationsvereinbarungen.

Identifizieren Sie gefährdete Gemeinschaften und integrieren Sie Grundsätze der Gerechtigkeit und der Umweltgerechtigkeit in die Strategie zur Reduzierung der Restemissionen.

Die Beteiligung der Öffentlichkeit an Entscheidungsprozessen ermöglichen und klare sowie leicht zugängliche Informationen über Projektdetails und potenzielle Auswirkungen bereitstellen.

Koalitionen und städteübergreifende Kooperationen aufbauen, um Wissen auszutauschen, Strategien zu koordinieren, gemeinsam Interessen zu vertreten und Skaleneffekte zu erzielen.

Entwicklung von städtisch-regionalen Partnerschaften, um den städtischen Bedarf an Emissionsentfernungen mit den landschaftlichen Gegebenheiten, dem Ressourcenbedarf und der Logistik der Projektwertschöpfungsketten in Einklang zu bringen.

Pilot- und Demonstrationsprojekte durchführen, um Steuerungsmechanismen zu testen, die Machbarkeit nachzuweisen, Belege zu generieren, Investitionen anzuziehen und öffentliche Unterstützung zu gewinnen.

Einrichtung abteilungsübergreifender Arbeitsgruppen zur Koordinierung der Integration der Kohlenstoffentfernung in bestehende städtische Systeme, Infrastrukturen und politische Maßnahmen.



Entscheidungsträger, die die mehrstufige Steuerung der CO₂-Entfernung und die Planung von Restemissionen nicht frühzeitig berücksichtigen, riskieren, die Verwirklichung der angestrebten Klimawirkung zu untergraben oder sogar zu verhindern. Kompetenzen für spezifische Fragen der Projektumsetzung, die auf anderen Ebenen der öffentlichen Verwaltung liegen, werden zum Zeitpunkt des Bedarfs nicht einsatzbereit sein. Akteure des privaten Sektors reagieren möglicherweise nicht auf staatliche Maßnahmen, wenn sie nicht anerkannt und in den Entscheidungsprozess einbezogen werden. Die Öffentlichkeit könnte ihre Unterstützung für den Ausbau von CDR verweigern, während Gleichberechtigung und Umweltgerechtigkeit für lokale Gemeinschaften untergraben werden könnten.

Weiterführende Literatur

Entscheidungsträger, die die für die Planung der Restemissionen erforderliche vertikale und horizontale Koordinierung der Governance in Betracht ziehen, werden gebeten, **Abschnitt 5.1.1** zu konsultieren, in dem die spezifischen Überlegungen, technischen Herausforderungen und Chancen, regulatorischen Vorbehalte und Vorteile, lokalen Nebeneffekte sowie Wege zur Einbindung im Zusammenhang mit der Umsetzung einzelner CDR-Methoden in Städten dargelegt werden. Entscheidungsträger sollten zudem **Kasten 7** besonders beachten, in dem die Handlungsmöglichkeiten und Rollen der Stadtverwaltungen innerhalb eines mehrstufigen Governance-Rahmens untersucht werden; weitere Erläuterungen finden sich in **Abschnitt 9** und **Kasten 27**. Die Lektüre von **Abschnitt 6.2** zum Thema Transparenz wird Entscheidungsträgern dabei helfen, ihre Planung zur Einbindung der Öffentlichkeit zu gestalten, während **Abschnitt 6.3** zur ökologischen und ethischen Integrität Entscheidungsträger dabei unterstützt, zu ermitteln, welche Wege am besten mit Umweltschutz, nachhaltiger Entwicklung und Menschenrechten vereinbar sind. Er bietet einen detaillierten Überblick darüber, wie die lokale Akzeptanz verbessert, positive und negative CDR-Auswirkungskategorien (**Tabelle 5**) berücksichtigt und lokale Senken außerhalb der Stadtgrenzen strategisch und gerecht genutzt werden können (**Kasten 18**). Schließlich werden Entscheidungsträger dazu aufgefordert, **Abschnitt 6.4** zu prüfen, um Strategien für Restemissionen zu entwickeln, die Co-Benefits und Synergien mit bestehenden stadtpolitischen Prioritäten, Systemen und Infrastrukturen in den Vordergrund stellen (**Kästen 21 und 22**).

Politische und regulatorische Instrumente

Wichtige Überlegungen

Die Steuerung der Kohlenstoffbindung in Städten umfasst eine Reihe von institutionellen, regulatorischen und planerischen Instrumenten, Finanzinstrumenten, partizipativen Steuerungsmechanismen sowie Initiativen zum Kapazitätsaufbau. Je nach dem spezifischen lokalen Kontext kann das kommunale Instrumentarium eine große Vielfalt unterschiedlicher Ansätze umfassen. Bei der Festlegung ihres politischen und regulatorischen Instrumentariums tun Entscheidungsträger gut daran, über die traditionellen Zuständigkeiten in den Bereichen Klima- und Umweltpolitik hinauszuschauen und zu prüfen, welche anderen politischen Maßnahmen genutzt werden können, um die Kohlenstoffentfernung und den Ausbau von Kohlenstoffsenken in ihrer Stadt voranzutreiben.

Für die meisten Entscheidungsträger wird der Einsatz

regulatorischer und politischer Hebel zur Schaffung günstiger Rahmenbedingungen für CDR sowie zum Umgang mit Unsicherheiten und negativen Auswirkungen eingeschränkt sein. Die Mehrebenen-Governance ist in diesem Zusammenhang besonders heikel. Städte müssen sich an supranationale, nationale sowie regionale oder bundesstaatliche Vorschriften halten. Eine nationale Stadtpolitik wird ihren Handlungsspielraum für Stadtplanung und -gestaltung vorgeben, während Angelegenheiten wie die Regelung des „End-of-Waste“-Status von Materialien, die zur Kohlenstoffentfernung verwendet werden können, außerhalb ihrer Reichweite liegen werden. Es ist von entscheidender Bedeutung zu verstehen, was in den Kontrollbereich einer Stadt und was in ihren Einflussbereich fällt, da dies die Befugnisse und Handlungsmöglichkeiten der Entscheidungsträger bei der Planung von Kohlenstoffentfernung und Kohlenstoffsenken bestimmt.

Checkliste für Maßnahmen

- ☐ Erkunden Sie Politikbereiche jenseits von Klima und Umwelt, um Ziele zu verankern, die die Kohlenstoffbindung als zusätzlichen Nutzen fördern können.
- ☐ Prüfen Sie die Vorschriften und Strategien im Zusammenhang mit der Verwaltung spezifischer städtischer Systeme und Infrastrukturen, die die Integration von CDR-Lösungen ermöglichen.
- ☐ Erfassen Sie die der Stadt zur Verfügung stehenden regulatorischen und politischen Instrumente und planen Sie deren Einsatz so, dass sie sich gegenseitig verstärken und effektiv aufeinander abgestimmt sind.
- ☐ Berücksichtigen Sie die Leitprinzipien sowohl beim Aufbau als auch bei der kontinuierlichen Weiterentwicklung des kommunalen Regelungs- und Politikinstrumentariums.
- ☐ Erwägen Sie eine Richtlinie, die Projektentwickler dazu verpflichtet, „Pläne zum Nutzen der Gemeinschaft“ als Rahmen für die Einbindung der Bevölkerung in die Projektentwicklung und -umsetzung zu verabschieden.



Entscheidungsträger, die die mit der Planung der Kohlenstoffentfernung verbundenen governancebezogenen Wechselbeziehungen nicht erfassen, könnten bei der Ausarbeitung von Vorschriften und Strategien für eine groß angelegte Kohlenstoffentfernung (CDR) auf Herausforderungen stoßen. Wird die bestehende regulatorische und politische Landschaft nicht erfasst und nicht ermittelt, wie sie für die Kohlenstoffentfernung genutzt werden kann, kann dies zu einer isolierten Politikgestaltung mit begrenzter Eigenverantwortung in den kommunalen Fachabteilungen führen.

Weiterführende Literatur

Abschnitt 6.4 bietet Leitlinien zu Ansätzen zur Maximierung der Wirkung öffentlicher Maßnahmen. Siehe **Kasten 21** zur Einbettung von CDR in städtische Politiken und Systeme, um ein besseres Verständnis für eine umfassende Politikgestaltung im Bereich der Kohlenstoffentfernung zu erlangen.

Finanzierungsansätze und -instrumente

Wichtige Überlegungen

Die Konzeption einer diversifizierten Finanzierungsstrategie für den Einsatz von CDR kann für Entscheidungsträger eine echte Herausforderung darstellen. Wenn Lösungen ausschließlich darauf ausgerichtet sind, die Entfernung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre zu gewährleisten, kann es für Entscheidungsträger schwierig sein, den Einsatz öffentlicher Mittel zu rechtfertigen. CDR kann dann als versunkene Kosten angesehen werden, die den einzelnen Einwohnern einer Stadt keinen unmittelbaren Nutzen bringen. Entscheidungsträger sind aufgefordert, kreativ über ihre Finanzierungsansätze und die Instrumente nachzudenken, die sie einsetzen können. Es ist entscheidend, auf eine Vielzahl von Finanzierungsquellen zurückzugreifen, um Risiken und Unsicherheiten im Laufe der Zeit zu verringern.

Die Nutzung öffentlicher Fördermöglichkeiten wird für die meisten Entscheidungsträger der Ausgangspunkt sein. Da die kommunalen Haushalte oft bis zum Äußersten ausgelastet sind, wird es für die meisten eine Herausforderung sein, zusätzliche Mittel zur Finanzierung von CDR zu finden. Es sind möglicherweise keine neuen Haushaltslinien erforderlich, wenn CDR-Lösungen zur Erbringung öffentlicher Dienstleistungen eingesetzt werden, die bereits in den kommunalen Haushalten berücksichtigt sind, und gleichzeitig als Nebeneffekt CO₂ gebunden wird. Ebenso kann die Integration von CDR-Lösungen in bestehende städtische Systeme und Infrastrukturen von bestehenden Investitionsplanungszyklen profitieren. Darüber hinaus können Entscheidungsträger in Städten häufig auf nationale

sowie auf EU-Ebene. Die gemeinnützige Organisation Carbon Gap hat eine frei zugängliche, durchsuchbare Datenbank zusammengestellt, mit der Entscheidungsträger Fördermittel, Anreize und Förderprogramme nach Land und auf EU-Ebene, nach Art der Finanzierung und nach Speichermethode identifizieren können. Dies wird in Abschnitt 6.6 erörtert und verlinkt.

Bei CDR-Lösungen mit hohen Anfangsinvestitionen oder hohen Betriebskosten wird es jedoch oft wichtig sein, die öffentliche Förderung durch private Finanzmittel und philanthropische Zuschüsse zu ergänzen.

Öffentliche Mittel können dann dazu genutzt werden, Investitionen des privaten Sektors anzukurbeln. Je nach CDR-Methode gibt es eine Reihe von Instrumenten der Klimafinanzierung, die zur Unterstützung der städtischen CDR-Entwicklung eingesetzt werden können. Kohlenstoffgutschriften bleiben eine grundlegende Einnahmequelle, um CDR-Projekte auf den Weg zu bringen, doch an externe Käufer verkaufte Gutschriften werden nicht auf das Klimaneutralitätsziel der Stadt angerechnet. Die Einnahmen sollten in wirkungsvolle lokale Klimaschutzmaßnahmen fließen, damit die Netto-Emissionsminderung und die positiven Nebeneffekte den Umfang der verkauften Emissionsgutschriften übersteigen.

Maßnahmencheckliste

Prüfen Sie die finanziellen Hebel der Stadt, wie gezielte „Verursacher zahlt“-Steuern, Mechanismen zur CO₂-Bepreisung, grüne Anleihen und öffentlich-private Partnerschaften.

Prüfen Sie die Vorzüge eines lokalen freiwilligen CO₂-Beitragsprogramms, um Kapital für gezielte, katalytische Investitionen in die CO₂-Entfernung zu beschaffen.

Prüfen Sie Möglichkeiten einer gemeinsamen Finanzierung mit anderen Städten, um gemeinsam CO₂-Entfernungsgutschriften zu erwerben oder Demonstrationsprojekte zu unterstützen.

Bewerten Sie die verfügbaren Finanzierungsmechanismen auf nationaler und EU-Ebene und erwägen Sie, die CDR-Schwerpunktbereiche entsprechend auszurichten.

Weiterführende Literatur

Sehen Sie sich **Tabelle 2** an, die eine Zusammenfassung der CDR-Methoden und städtespezifischen Umsetzungsoptionen sowie einen Überblick über die Preisspannen auf dem freiwilligen CO₂-Markt bietet. **Kasten 14** enthält weitere Einzelheiten zu den Vor- und Nachteilen kollektiver öffentlicher Beschaffungsprogramme, während **Kasten 15** Situationen beleuchtet, in denen Städte als Verkäufer von CO₂-Gutschriften auftreten, und erläutert, wie die Einnahmen aus diesen Gutschriften strategisch genutzt werden können. Darüber hinaus hilft **Kasten 23** dabei, die Preise für Emissionszertifikate und ihre wichtigsten Determinanten zu verstehen, und liefert einige Richtwerte, während **Tabelle 7** die potenziellen Vor- und Nachteile des Erwerbs von Emissionszertifikaten mit unterschiedlichen Zeithorizonten erörtert. **Die Abschnitte 6.4, 6.5 und 6.6** untersuchen allgemeiner, wie Investitionen und Einnahmen mit den Prinzipien der Maximierung von Co-Benefits, der Diversifizierung des Maßnahmenportfolios und der Kosten- und Zeiteffizienz zusammenwirken.

Der Entscheidungsprozess bezüglich des Managements und der Kompensation von Restemissionen stellt eine strukturelle Ergänzung der Klimapolitik auf kommunaler Ebene dar. Dieser Prozess hat kein natürliches Ende. Im Zentrum der Definition von Restemissionen steht ein positiver Kreislauf. Entscheidungsträger werden ihre Kompensationsstrategie ständig aktualisieren, wenn neue Lösungen entwickelt werden und auf den Markt kommen oder sich die lokalen gesellschaftspolitischen Rahmenbedingungen ändern und neue Formen der Emissionsminderung realisierbar werden. Dies wird auch nach Erreichen der Klimaneutralität weitergehen. In diesem Sinne ist das Ende des Weges ein neuer Anfang.

Die Integrität der Klimaneutralität beinhaltet die kontinuierliche Steuerung der Kohlenstoffsinken, unabhängig davon, ob der Kohlenstoff seit Jahrzehnten oder seit Jahrhunderten gespeichert ist. Darüber hinaus können Entscheidungsträger „No-Regrets“-Strategien zur Kohlenstoffentfernung verfolgen, die aktiv darauf abzielen, die nicht kohlenstoffbezogenen Auswirkungen zu nutzen, die verschiedene Lösungen zur Kohlenstoffentfernung bewirken können. Dies bereichert den Weg zusätzlich und trägt letztendlich zur Wiederherstellung des Klimas bei, sobald ein Zustand globaler Netto-Null-Emissionen erreicht ist.

Schlussfolgerung

Der Ausgleich von Restemissionen zur Erreichung der Klimaneutralität ist ein Weg, den viele Städte bereits beschreiten oder früher oder später beschreiten werden. Die 112 europäischen Städte der „EU Cities Mission“ haben sich das ehrgeizige Ziel gesetzt, bis 2030 Klimaneutralität zu erreichen. Entscheidungsträger in diesen Städten stehen an vorderster Front, wenn es darum geht, ihre Restemissionen zu ermitteln und zu prüfen, wie sie diese im Laufe der Zeit auf eine Weise kompensieren können, die an den lokalen Möglichkeiten und Herausforderungen ihrer Stadt ausgerichtet ist. Doch auf diesem Weg sind sie nicht allein. Städte auf der ganzen Welt verfolgen zunehmend ehrgeizige Klimaschutzmaßnahmen, und der Einsatz von Lösungen zur Kohlenstoffentfernung als Teil dieser Bemühungen wird weiter zunehmen.

Diese Zusammenfassung und der zugrunde liegende Leitfaden bieten Städten und städtischen Entscheidungsträgern einen Rahmen für den Umgang mit den komplexen Herausforderungen von Netto-Null-Zielen. Sie geben ihnen Anleitungen, wie sie ihre Restemissionen durch fundierte Analysen sowie mit hoher Integrität und Transparenz definieren können. Sie enthalten Empfehlungen für die Gestaltung von Strategien zur Entwicklung von Projekten zur Kohlenstoffentfernung und von Kohlenstoffgutschriften-Portfolios, die darauf abzielen, den Nutzen von Nebeneffekten zu maximieren und gleichzeitig zunehmend dauerhaftere Formen der Kohlenstoffspeicherung zu realisieren, die auf die Art der schwer zu reduzierenden Emissionen abgestimmt sind. Diese Zusammenfassung und der Leitfaden sind als Ressourcen für Städte gedacht und enthalten Grundsätze sowie Entscheidungshilfen, die jede Verwaltungsebene bei der Verwirklichung einer klimaneutralen Zukunft inspirieren können.

Danksagungen

Diese Arbeit wurde durch das Arbeitsprogramm „Horizont Europa“ 2023–2025, 12. Missionen und bereichsübergreifende Aktivitäten, (Beschluss der Europäischen Kommission C(2024) 2371 vom 17. April 2024) unterstützt.

Wir möchten der Arbeitsgruppe aus Vertretern der Städte und Experten von NetZeroCities danken, die den Leitfaden geprüft und diese Zusammenfassung inspiriert hat: Silvia Gugu, Nupur Prothi und Paul Barton (ICLEI), Mira Conci (Climate KIC), Anna Menasce, David Grosspietsch und Anja Moser (South Pole), Erik Tellman und Erik Engström (Viable Cities), Mikkel Jakobsen (Aarhus), Sergi Delgado (Barcelona), Charlotte Wallace (Glasgow), Oilinki Iina (Helsinki), Nasos Makios, Athina Progiou und Vassilis Papaefstathiou (Kalamata), Karlis Beihmanis (Liepaja), Rossana Torri (Mailand), Helga Major (Miskolc), Borge Håmsø (Oslo), Anne Zimmer Jacobsen (Stavanger) und Beatriz García-Moncó (Vitoria Gasteiz).

Darüber hinaus danken wir Anne-Charlotte Costabadie (LGI) und Bagdagul Tan für die Unterstützung bei der grafischen Gestaltung.

Anhang – Orientierung im Leitfaden

(S. X) – Bezieht sich auf die Seitenzahl im [Leitfaden](#)

Zusammenfassung	Leitlinien
Warum negative Emissionen für Städte wichtig sind	
Hintergrund	Abschnitte
	• Einleitung Abschnitt 1 – S. 7 • Ziele und Verwendungszwecke dieses Leitfadens Abschnitt 2 – S. 9 • Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Ausblick Abschnitt 10 – S. 121 • Mechanismen zum Emissionsausgleich Abschnitt 5 – S. 20 • Politischer Kontext der EU Abschnitt 9 – S. 116
	Kästen
	• Man kann es nicht oft genug betonen: Kohlenstoffentfernungen sind das Ergebnis gezielter anthropogener Aktivitäten Kasten 3 – S. 20 • Kohlenstoffsinken und Kohlenstoffentnahmen Kasten 4 – S. 22
	Tabellen
	• LULUCF-Verordnung: Landnutzungskategorien, Treibhausgase und Kohlenstoffspeicher Tabelle 12 – S. 119
Restemissionen	Abschnitte
	• Ausgangspunkt und Ziel auf dem Weg zur Klimaneutralität Abschnitt 3 – S. 11 • Restemissionen und die Legitimität von Netto-Null-Zielen Abschnitt 4 – S. 12 • Mechanismen zum Emissionsausgleich Abschnitt 5 – S. 20 • Emissionsminderung an erster Stelle Abschnitt 6.1 – S. 58 • Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Ausblick Abschnitt 10 – S. 121
	Kästen
	• Drei sind vielleicht besser als eins: die neuesten Empfehlungen zur Zielsetzung Kasten 16 – S. 59
Optionen und Potenzial	Abschnitte
	• Mechanismen zum Emissionsausgleich Abschnitt 5 – S. 20 • Kohlenstoffentnahmen innerhalb der Grenzen Abschnitt 5.1 – S. 26 • Kohlenstoffentzug in städtischen Gebieten Abschnitt 5.1.1 – S. 32 • Gutschriften für Kohlenstoffentfernungen außerhalb der Grenzen Abschnitt 5.2 – S. 42 • Transparenz Abschnitt 6.2 – S. 60 • Ökologische und ethische Integrität Abschnitt 6.3 – S. 63 • Nebeneffekte und Synergien Abschnitt 6.4 – S. 68 • Diversifizierung Abschnitt 6.5 – S. 72 • Kosten- und Zeiteffizienz Abschnitt 6.6 – S. 74 • Bilanzierung negativer Emissionen Abschnitt 7 – S. 79 • Der Landnutzungssektor Abschnitt 7.1 – S. 81 • Wälder und Bäume Abschnitt 7.1.1 – S. 86 • Feuchtgebiete Abschnitt 7.1.2 – S. 96 • Die bebaute Umwelt Abschnitt 7.2 – S. 100 • Bilanzierungsgrundsätze und Schätzmethoden Abschnitt 7.2.1 S. 102 • Schätzung und Umgang mit Unsicherheiten bei der Bilanzierung Abschnitt 7.3 – S. 106 • Scope-3-Emissionen Abschnitt 7.4 – S. 112

Optionen für städtische CO ₂ -Entfernung und Potenzial	Abschnitte
	- Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Ausblick <i>Abschnitt 10 – S. 121</i> Vorübergehende Kohlenstoffentnahmen Anhang 1 – S. 162 Dauerhafte Kohlenstoffentfernungen Anhang 2 – S. 171 - Entfernung anderer Treibhausgase <i>Anhang 3 – S. 180</i>
	Kästen
	- Kohlenstoffanbau: Chancen und Grenzen <i>Kasten 8 – S. 36</i> - Warum liegt der Schwerpunkt auf Wäldern und Bäumen? <i>Kasten 31 – S. 88</i> - Ein gesunder und wachsender Baum leistet einen besseren Beitrag <i>Kasten 32 – S. 92</i> Wichtige Definitionen – <i>Kasten 35 – S. 97</i> - Ein umfassender Blick auf die Renaturierung von Feuchtgebieten [<i>Kasten 36 – S. 99</i>] - Das dynamische Ökosystem der Küstenfeuchtgebiete <i>Kasten 37 – S. 100</i> - Holzstädte als Kohlenstoffspeicher und Mitnutzen für die Netto-Null-Bilanz in Städten <i>Kasten 46 – S. 167</i> - Zur Nutzung von Ernterückständen und speziell für die CO₂-Entfernung angebaute Biomasse <i>Kasten 47 – S. 174</i>
	Tabellen
	- CDR-Methoden, kategorisiert nach ihren Mechanismen zur Entfernung und Speicherung von CO₂ <i>Tabelle 1 – S. 26</i> - Zusammenfassung der CDR-Methoden und städtespezifischen Umsetzungsoptionen <i>Tabelle 2 – S. 28</i> - Beispiele für städtische CDR-Optionen <i>Tabelle 3 – S. 32</i> - Überblick über positive und negative CDR-Auswirkungskategorien im Zusammenhang mit der Umweltintegrität und ihrer Relevanz im städtischen Kontext <i>Tabelle 5 – S. 64</i>
Förderung Restemissionen Kompensation	Abbildungen
	Taxonomie der Kohlendioxidentfernung <i>Abbildung 3 – S. 25</i> - Entscheidungsbaum zur Identifizierung städtischer Strategien zur Kohlendioxidentfernung, die auf den Kontext einer Stadt zugeschnitten sind <i>Abbildung 4 – S. 39</i> - GWP-Werte für einen Zeithorizont von 100 Jahren für die wichtigsten Treibhausgase <i>Abbildung 9 – S. 181</i>
	Bewährte Verfahren
Förderung Restemissionen Kompensation	- Amsterdam (Niederlande) <i>S. 35</i> - Großraum Dünkirchen (Frankreich) <i>S. 63</i> - Barcelona (Spanien) <i>S. 93</i> - Sofia (Bulgarien) <i>S. 93</i> - Valencia (Spanien) <i>S. 169</i> - Vitoria-Gasteiz (Spanien) <i>S. 169</i> - Budapest (Ungarn) <i>S. 169</i> - Oslo (Norwegen) <i>S. 169, S. 178</i> - Ljubljana (Slowenien) <i>S. 169</i> - Glasgow (Vereinigtes Königreich) <i>S. 169</i> - Stockholm (Schweden) <i>S. 178</i> - Helsingborg (Schweden) <i>S. 178</i> - Malmö (Schweden) <i>S. 178</i>
	Abschnitte
	Kohlenstoffentfernung in Städten <i>Abschnitt 5.1.1 – S. 32</i> - Kohlenstoffentfernungskredite außerhalb der Grenzen <i>Abschnitt 5.2 – S. 42</i> - Entscheidungsprozesse der Stadt bezüglich CO₂-<i>Abschnitt 5.2.3 – S. 52</i> Emissionsminderung hat Vorrang <i>Abschnitt 6.1 – S. 58</i> Transparenz <i>Abschnitt 6.2 – S. 60</i> - Umwelt- und ethische Integrität <i>Abschnitt 6.3 – S. 63</i> Nebenvorteile und Synergien <i>Abschnitt 6.4 – S. 68</i> Diversifizierung <i>Abschnitt 6.5 – S. 72</i> Kosten- und Zeiteffizienz <i>Abschnitt 6.6 – S. 74</i> Die bebaute Umwelt <i>Abschnitt 7.2 – S. 100</i>
	Kästen
	- Mehrebenen-Governance und Restemissionen: Hebel und Rollen der Stadtverwaltungen <i>Kasten 7 – S. 32</i> Altlasteneffekte <i>Kasten 29 – S. 85</i>

Der Weg – Planung der Restemissionen in der Praxis	
Wie definiere ich meine Restemissionen Emissionen?	Abschnitte
	- Ausgangspunkt und Ziel auf dem Weg zur Klimaneutralität <i>Abschnitt 3 – S. 11</i> - Restemissionen und die Legitimität von Netto-Null-Zielen <i>Abschnitt 4 – S. 12</i> Emissionsminderung an erster Stelle Abschnitt 6.1 – S. 20 - Ökologische und ethische Integrität Abschnitt 6.3 – S. 63
	Kästen
	Ein Kandidat für Restemissionen: der Abfallsektor Kasten 1 – S. 16
	Abbildungen
	Verbleibende versus Restemissionen in der strategischen Planung für die „Cities Mission“ Abbildung 1 – S. 13 Schematische Darstellung des konzeptionellen Rahmens zur (qualitativen) Ermittlung des Grades der Unvermeidbarkeit von verbleibender Emissionen zu ermitteln und somit verbleibende von Restemissionen zu unterscheiden Abbildung 2 – S. 15
Wie entwickle ich eine Vergütungsstrategie ?	Abschnitte
	- Emissionsausgleichsmechanismen Abschnitt 5 – S. 20 Leitprinzipien Abschnitt 6 – S. 58 Emissionsminderung an erster Stelle Abschnitt 6.1 – S. 58 Transparenz Abschnitt 6.2 – S. 60 - Ökologische und ethische Integrität Abschnitt 6.3 – S. 63 Nebeneffekte und Synergien Abschnitt 6.4 – S. 68 Diversifizierung Abschnitt 6.5 – S. 72 Kosten- und Zeiteffizienz Abschnitt 6.6 – S. 74 Bilanzierung negativer Emissionen Abschnitt 7 – S. 79 Der Landnutzungssektor Abschnitt 7.1 – S. 81 - Bilanzierungsgrundsätze und Methoden zur Schätzung von Treibhausgasemissionen Abschnitt 7.2.1 – S. 102 Scope-3-Emissionen Abschnitt 7.4 – S. 112 - Zusammenfassung der wichtigsten Anforderungen an die Emissionsberichterstattung Anforderungen Abschnitt 8 – S. 114 - Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Ausblick Abschnitt 10 – S. 121
	Kästen
	- Man kann es gar nicht oft genug betonen: CO₂-Emissionen stammen aus gezielten anthropogenen Aktivitäten Kasten 3 – S. 20 - Transparenz im Landnutzungssektor Kasten 17 – S. 62 - Betrugsrisiko und Doppelzählungen Kasten 19 – S. 67 - Synergien zwischen Kohlenstoffentnahmen und der Anpassung an den Klimawandel Box 22 – S. 71 - Sektorübergreifende Auswirkungen von Wäldern und Bäumen Kasten 30 – S. 86 - Ein gesunder und wachsender Baum ist ein besserer Dienstleister Kasten 32 – S. 92 - Scope-3-Emissionen: „Mind Leakage“ und doppelte Zählung Kasten 42 – S. 112
	Abschnitte
	- Emissionsausgleichsmechanismen <i>Abschnitt 5 – S. 20</i> Kohlenstoffentnahmen innerhalb der Grenzen Abschnitt 5.1 – S. 26 Kohlenstoffentzug in städtischen Gebieten Abschnitt 5.1.1 – S. 32 Transparenz Abschnitt 6.2 – S. 60 Ökologische und ethische Integrität Abschnitt 6.3 – S. 63 Nebenvorteile und Synergien Abschnitt 6.4 – S. 68 - Bilanzierungsgrundsätze und Methoden zur Schätzung von Treibhausgasemissionen Abschnitt 7.2.1 – S. 102 Vorübergehende Kohlenstoffentnahmen Anhang 1 – S. 162 Dauerhafte Kohlenstoffentnahmen Anhang 2 – S. 171 - Entfernung anderer Treibhausgase Anhang 3 – S. 180
CDR innerhalb der Grenzen: Projektentwicklungsstrategie Strategie	Kästen
	- Die Bedeutung einer transparenten Öffentlichkeitsbeteiligung Kasten 18 – S. 62 - Strategische und gerechte Nutzung von Senken außerhalb der Grenzen Kasten 20 – S. 68 - Einbettung von CDR in städtische Politiken und Systeme Kasten 21 – S. 70

CDR innerhalb der Stadtgrenzen: „ “ – Strategie zur Projektentwicklung	Abbildungen
	• Taxonomie der Kohlendioxidentfernung Abbildung 3 – S. 25 • Entscheidungsbaum zur Ermittlung von Strategien zur städtischen Kohlendioxidentfernung, die auf den Kontext einer Stadt zugeschnitten sind Abbildung 4 – S. 39
CDR außerhalb der Stadtgrenzen: Strategie zur Portfolioentwicklung	Abschnitte
	• CO₂-Entfernungsgutschriften außerhalb der Stadtgrenzen Abschnitt 5.2 – S. 42 • CO₂-Märkte und CO₂-Gutschriftenprogramme Abschnitt 5.2.1 – S. 45 • Qualität, Integrität und Bedingungen von Gutschriften im Rahmen der „Cities Mission“ Abschnitt 5.2.2 – S. 48 • Entscheidungsprozesse der Städte im Zusammenhang mit Emissionsgutschriften Abschnitt 5.2.3 – S. 52 • Transparenz Abschnitt 6.2 – S. 60 • Ökologische und ethische Integrität Abschnitt 6.3 – S. 63 • Nebeneffekte und Synergien Abschnitt 6.4 – S. 68 • Bilanzierung negativer Emissionen Abschnitt 7 – S. 79
	Kästen
	• Restemissionen versus Zielausnahmen Kasten 2 – S. 19 • Der Lebenszyklus von Emissionszertifikaten: ausgegeben, verkauft, stillgelegt Kasten 9 – S. 43 • Nicht-Entfernungs-Zertifikate und ihre Rolle auf dem Weg zur Netto-Null und darüber hinaus Kasten 10 – S. 44 • Potenziale und zukünftige Möglichkeiten für Städte zum Erwerb von Entfernungs-Zertifikaten gemäß Artikel 6 Kasten 11 – S. 47 • Integritätsinitiativen für Kohlenstoffmärkte und Klimaschutzmaßnahmen von Unternehmen Kasten 12 – S. 51 • Ist ein „Offset“ immer ein Mechanismus zum Ausgleich von Restemissionen? Kasten 13 – S. 52 • Kollektive öffentliche Beschaffungsprogramme Kasten 14 – S. 54 • Einnahmen aus Emissionsgutschriften können und sollten strategisch eingesetzt werden, um ehrgeizigere Klimaschutzziele zu erreichen Kasten 15 – S. 55 • Risiko von Betrug und Doppelzählung Kasten 19 – S. 67 • Die Preise für Emissionsgutschriften verstehen Kasten 23 – S. 77
	Tabellen
	• Überblick über positive und negative CDR-Auswirkungskategorien im Zusammenhang mit der Umweltintegrität und deren Relevanz im städtischen Kontext Tabelle 5 – S. 64 • Mögliche Vor- und Nachteile des Erwerbs von Emissionszertifikaten mit unterschiedlichen Zeithorizonten Tabelle 7 – S. 76
	Abbildungen
	• Vereinfachtes Klassifizierungsschema der fünf Arten von CO₂-Kompensationen Abbildung 5 – S. 45
	Bewährte Verfahren
	• Łódź (Polen) S. 57 • Tampere (Finnland) S. 57 • München (Deutschland) S. 71
Verwaltung von Treibhausgasinventaren, CO₂-Bilanzierung und MRV	Abschnitte
	• Start- und Endpunkte auf dem Weg zur Klimaneutralität Abschnitt 3 – S. 11 • Transparenz Abschnitt 6.2 – S. 60 • Begleitnutzen und Synergien Abschnitt 6.4 – S. 68 • Bilanzierung negativer Emissionen Abschnitt 7 – S. 79 • Der Landnutzungssektor Abschnitt 7.1 – S. 81 • Wälder und Bäume Abschnitt 7.1.1 – S. 86 • Datenbeschaffung, Berechnung und Zuordnung Abschnitt 7.1.1.1 – S. 89 • Berechnung von Emissionen und Abbau Abschnitt 7.1.1.2 – S. 94 • Feuchtgebiete Abschnitt 7.1.2 – S. 96 • Die bebaute Umwelt Abschnitt 7.2 – S. 100 • Bilanzierungsgrundsätze und Methoden zur Schätzung von Treibhausgasen Abschnitt 7.2.1 – S. 102 • MRV und Datensysteme für Kohlenstoffabträge in Gebäuden Abschnitt 7.2.2 – S. 105 • Schätzung und Umgang mit Unsicherheiten bei der Bilanzierung Abschnitt 7.3 – S. 106 • Scope-3-Emissionen Abschnitt 7.4 – S. 112

Der Weg – Planung der Restemissionen in der Praxis	
Treibhausgasinventar Management, CO ₂ - Bilanzierung und MRV	Abschnitte • Zusammenfassung der wichtigsten Anforderungen an die Emissionsberichterstattung <i>Abschnitt 8 – S. 114</i> • Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Ausblick <i>Abschnitt 10 – S. 12</i>
	Kästen • Überwachung, Berichterstattung und Verifizierung von CO₂- Kohlenstoffentfernungen Kasten 5 – S. 23 • Betrugsrisiko und Doppelzählung Kasten 19 – S. 67 • Asynchrone Emissionsbilanzierung über Sektoren Kasten 24 – S. 80 • Natürliche und anthropogene Störungen <u>Kasten</u> 25 – S. 80 • Landnutzung ist nicht dasselbe wie Bodenbedeckung <u>Kasten</u> 26 – S. 83 • Wechselwirkungen zwischen der Treibhausgasbilanzierung auf Stadtebene und den Rahmenwerken der EU bzw. der Mitgliedstaaten <u>Kasten</u> 27 – S. 84 • Eine unveränderte Landnutzung bedeutet nicht, dass der Kohlenstoffbestand unverändert bleibt Kohlenstoffbestand Kasten 28 – S. 85 • Sektorübergreifende Auswirkungen von Wäldern und Bäumen – <u>Kasten</u> 30 – S. 86 • Weitere Vereinfachung: die aktive Vegetationsperiode Kasten 33 – S. 94 • „Korrektur“ der Matrix zur Landnutzungsänderung <u>Kasten</u> 34 – S. 95 • Verwendung von CRCF-Daten auf Gebäudeebene in der Box 38 – S. 104 • Überschreitungswahrscheinlichkeit zur Steuerung Kasten 39 – S. 108 • Messung städtischer Emissionsflüsse: das ICOS-Cities-Projekt und darüber hinaus. Kasten 40 – S. 109 • Überwachung und Eindämmung von Umkehrungen <u>Kasten</u> 41 – S. 110 • Scope-3-Emissionen: „Mind Leakage“ und Doppelzählungen Kasten 42 – S. 112 • Was ist „Cooking“? Kasten 43 – S. 127 • Terrestrische Kohlenstoffspeicher Kasten 44 – S. 163 • Landnutzungskategorien Kasten 45 – S. 163
Treibhausgasinventar Management, Kohlenstoff Bilanzierung und MRV	Tabellen • Matrix zur Landnutzungsänderung Tabelle 8 – S. 83 • Ergänzende GPC-Leitlinien für Wälder und Bäume: Treibhausgasquellen/-senken und Anwendungsbereiche <u>Tabelle 9 – S. 87</u> • Zusammenfassung der für die Erstellung eines Treibhausgasinventars für Wälder und Bäume erforderlichen Datentypen <u>Tabelle</u> 10 – S. 90 • Einstufung der Datenqualität zur Erleichterung der Unsicherheitsabschätzung <u>Tabelle 11 – S. 108</u>
	Abbildungen • Entscheidungsbaum zur Auswahl von Quellen für Aktivitätsdaten <i>Abbildung 6 – S. 91</i> • Entscheidungsbaum zur Ermittlung des geeigneten Kapitels im „Wetlands Supplement“ zu den IPCC-Leitlinien von 2006 <i>Abbildung 7 – S. 98</i> • Wichtigste Ergebnisse der WRI-Umfrage zu dringenden Erfordernissen bei der Bilanzierung und Entfernung von Kohlenstoff <u>Abbildung</u> 8 – S. 127
	Bewährte Verfahren • Dublin (Irland) S. 110 • Zaragoza (Spanien) S. 110 • Helsingborg (Schweden) S. 110 • Leuven (Belgien) S. 110 • Mannheim (Deutschland) S. 110 • Lahti (Finnland) S. 110 • Großraum Dünkirchen (Frankreich) S. 110 • Trikala (Griechenland) S. 110 • Trondheim (Norwegen) S. 110 • Stavanger (Norwegen) S. 110 • Rzeszów (Polen) S. 110 • Zagreb (Kroatien) S. 110

Mehrebenen-Governance und Bürgerbeteiligung	Abschnitte
	• Kohlenstoffentfernung in Städten Abschnitt 5.1.1 – S. 32 • Transparenz Abschnitt 6.2 – S. 60 • Ökologische und ethische Integrität Abschnitt 6.3 – S. 63 • Nebeneffekte und Synergien Abschnitt 6.4 – S. 68 • Politischer Kontext der EU Abschnitt 9 – S. 116
	Kästen
	• Mehrebenen-Governance und Restemissionen: Hebel und Rollen für Stadtverwaltungen Kasten 7 – S. 32 • Die Bedeutung eines transparenten öffentlichen Beteiligung der Öffentlichkeit Kasten 18 – S. 62 • Einbettung der CO₂-Reduktion in städtische Strategien und Systeme Kasten 21 – S. 70 • Synergien zwischen Kohlenstoffentfernung und Klimanpassung Kasten 22 – S. 71 • Wechselwirkungen zwischen der Treibhausgasbilanz auf Stadtebene Bilanzierung auf Stadtebene und EU-/nationale Rahmenbedingungen Kasten 27 – S. 84
	Tabellen
	Überblick über positive und negative CDR-Wirkungskategorien im Zusammenhang mit der Umweltintegrität und ihrer Relevanz im städtischen Kontext Tabelle 5 – S. 84
Politische und regulatorische Instrumente der „	Abschnitte
	• Ökologische und ethische Integrität Abschnitt 6.3 – S. 63
	Kästen
	• Einbettung von CDR in städtische Politiken und Systeme Kasten 21 – S. 70
Finanzierungsansätze und -instrumente	Abschnitte
	• Nebeneffekte und Synergien Abschnitt 6.4 – S. 68 • Diversifizierung Abschnitt 6.5 – S. 72 • Kosten- und Zeiteffizienz Abschnitt 6.6 – S. 74
	Kästen
	• Gemeinsame öffentliche Beschaffungsprogramme Kasten 14 – S. 54 • Krediteinnahmen können und sollten strategisch genutzt werden, um ehrgeizigere Klimaschutzziele zu erreichen – Kasten 15 – S. 55 • Einblick in die Preise für Emissionszertifikate Kasten 23 – S. 77
	Tabellen
	• Zusammenfassung der CDR-Methoden und städtespezifischen Umsetzungsoptionen Tabelle 2 – S. 28 • Mögliche Vor- und Nachteile des Erwerbs von Emissionszertifikaten mit unterschiedlichen Zeithorizonten Tabelle 7 – S. 76
Schlussfolgerung	



Amt für Veröffentlichungen
der Europäischen Union