



# Langfriststrategie Negativemissionen zum Umgang mit unvermeidbaren Restemissionen (LNe)

## - Eckpunkte -

Stand: Februar 2024

### Inhalt

1	Ausgangslage.....	2
2	Ziele der Strategie.....	4
3	Rahmen .....	5
3.1	Begriffsklärung.....	5
3.2	Methoden und Technologien zur Erzielung negativer Emissionen .....	6
3.3	Zusammenspiel mit anderen Prozessen auf nationaler und europäischer Ebene .....	8
4	Kernelemente der Strategie .....	11
4.1	Zielgrößen für den Ausbau negativer Emissionen .....	11
4.2	Bewertung von Methoden und Technologien.....	13
4.3	Governance und Rechtsrahmen .....	14
4.4	Ökonomische Anreize und Marktrahmen.....	15
4.5	Forschung und Entwicklung.....	16
5	Weiteres Vorgehen .....	17
	Abkürzungsverzeichnis.....	18

Im Koalitionsvertrag vom 7. Dezember 2021 betonen die Koalitionspartner SPD, Bündnis90/Die Grünen und FDP die Notwendigkeit auch von technischen Negativemissionen und kündigen eine Langfriststrategie zum Umgang mit den etwa 5 Prozent<sup>1</sup> unvermeidbaren Restemissionen an. Im Koalitionsausschuss vom 28. März 2023 wurde zudem vereinbart, im Bundes-Klimaschutzgesetz auf Basis dieser Langfriststrategie für die Jahre 2035, 2040 und 2045 Ziele für Negativemissionen festzulegen. Dies soll erstmalig im Jahr 2024 erfolgen. Der Entwurf für eine Novellierung des Klimaschutzgesetzes (KSG), den die Bundesregierung am 21. Juni 2023 beschlossen und dem Gesetzgeber vorgelegt hat, beinhaltet eine entsprechende Regelung für technische Senken. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erarbeitet die Langfriststrategie Negativemissionen in enger Abstimmung mit den fachlich betroffenen Ressorts der Bundesregierung, sowie in Zusammenarbeit mit den Ländern und Stakeholdern. Im Folgenden legt das BMWK die Eckpunkte zu Inhalt und Erarbeitungsprozess der Strategie vor.

## 1 Ausgangslage

Vom Menschen verursachte Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) haben in einer beispiellosen Geschwindigkeit zu einer Klimaveränderung mit einem deutlichen Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen geführt. Gleichzeitig reichen die bisherigen Bemühungen und Ziele, die THG-Emissionen zu mindern, nicht aus, um die globale Erwärmung im erforderlichen Maß abzubremsen und anzuhalten, damit die 2015 in Paris vereinbarten Klimaziele erreicht werden. Aus diesem Grund ist weiterhin eine tiefgreifende, rasche und anhaltende **Senkung der THG- Emissionen** in Deutschland und weltweit über alle Sektoren hinweg erforderlich. Dies bleibt **oberste Priorität des Klimaschutzes**. Die Bundesregierung hat daher im Klimaschutzgesetz ambitionierte Minderungsziele festgeschrieben. Die Emissionen in Deutschland sollen bis zum Jahr 2030 um mindestens 65 Prozent, und bis zum Jahr 2040 um mindestens 88 Prozent gegenüber 1990 gemindert werden. Bis zum Jahr 2045 ist Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen.

Darüber hinaus wird es aber auch **notwendig** sein, der Atmosphäre **CO<sub>2</sub> zu entnehmen und dauerhaft zu speichern**. Zum einen müssen trotz Minderungsanstrengungen verbleibende, unvermeidbare **Restemissionen** ausgeglichen werden, damit das in Paris erklärte Ziel der THG-Neutralität erreicht werden kann. Zudem zeigen Analysen des Weltklimarates (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), dass das globale CO<sub>2</sub>-Budget, um unter einer Erwärmung von 1,5°C zu bleiben, bei den aktuellen globalen Emissionen bis 2030 aufgebraucht sein wird. Damit wird ein Einhalten der 1,5°C-Grenze zunehmend unwahrscheinlich. Über die CO<sub>2</sub>-Neutralität hinaus muss daher mit Hilfe von netto-negativen Emissionen die Treibhausgas-Konzentration der Atmosphäre wieder gesenkt werden, um das 1,5°C-Ziel einzuhalten und so die Risiken für schwerwiegende und irreversible Folgen für

---

<sup>1</sup> 5 Prozent der Emissionen des Jahres 1990 entspräche rund 63 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Eine präzisere Schätzung der Restemissionen soll, unter anderem unter Berücksichtigung der volkswirtschaftlichen Kosten der Methoden und Technologien, in der Langfriststrategie Negativemissionen erfolgen.

Mensch und Ökosysteme auf der Erde zu mindern. Hierfür sind bereits heute die Weichen zu stellen.

Dass Negativemissionen unabdingbar sind, um die vereinbarten Klimaziele von Paris zu erreichen, spiegelt sich bereits heute in der **nationalen und europäischen Klimagesetzgebung** wider. Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) schreibt vor, dass in Deutschland bis zum Jahr 2045 die THG-Emissionen so weit gemindert werden müssen, dass Netto-Treibhausgasneutralität<sup>2</sup> erreicht wird. Um das Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen, ist zusätzlich die kontinuierliche Entfernung und dauerhafte Speicherung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre unerlässlich, da die Treibhausgasemissionen mit den absehbaren Minderungsoptionen nicht in allen Sektoren auf null reduziert werden können. Darüber hinaus sehen sowohl das KSG (§ 3 Absatz 2) als auch das europäische Klimagesetz vor, dass nach dem Jahr 2050 netto-negative THG-Emissionen erreicht werden sollen. Dies bedeutet, dass dann mehr CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entnommen und dauerhaft gespeichert werden soll, als im selben Zeitraum Treibhausgase freigesetzt werden.

**Eine umfassende und langfristige Strategie** der Bundesregierung **zum Umgang mit Negativemissionen** liegt aktuell noch nicht vor; die bestehenden Klimaschutzplanungen der Bundesregierung greifen die Bedeutung von Negativemissionen noch nicht systematisch auf. Das KSG (§ 3a) macht Zielvorgaben für die Netto-Entnahmeleistung<sup>3</sup> des Sektors Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF). Auf EU-Ebene ist bislang nur über die LULUCF-Verordnung ein Senkenziel definiert. Wie andere, insbesondere technische Senken, zum Klimaschutz beitragen können und wie hoch die Menge der langfristigen Entnahme von CO<sub>2</sub> sein soll, ist bisher nicht geklärt. Mit der Langfriststrategie Negativemissionen (LNe) soll eine umfassende Betrachtung der Rolle negativer Emissionen in der deutschen Klimapolitik bis zum Jahr 2060 erfolgen. Auf deren Basis wird die Bundesregierung entsprechend des Entwurfstexts einer KSG-Novelle (§ 3b) Ziele für technische Senken für die Jahre 2035, 2040 und 2045 bestimmen.

**Einige andere Länder** haben bereits Strategien auf dem Gebiet der Negativemissionen veröffentlicht. In Dänemark sollen die Emissionen bis 2050 um 110 Prozent gegenüber 1990 gemindert werden. Das Vereinigte Königreich sieht in seiner „Net Zero Strategy“ ab dem Jahr 2030 eine technische Entnahme in Höhe von mindestens 5 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr vor. In der Schweiz ist die Entwicklung und die Rolle von Technologien für die CO<sub>2</sub>-Entnahme und Speicherung fester Bestandteil der Langfristigen Klimastrategie 2050. Die USA fördern mit dem „Carbon Negative Shot“ die Entwicklung von Methoden und Technologien, die bis 2050 eine CO<sub>2</sub>-Entnahme im Gigatonnen-Maßstab ermöglichen sollen. Auf EU-Ebene soll im Rahmen des Prozesses zur Festlegung des EU-Klimaziels für das Jahr 2040 die Rolle von Negativemissionen geklärt werden.

Die zügige Entwicklung und der Ausbau von Methoden und Technologien zur Erzeugung von negativen Emissionen leistet insbesondere bei weltweiter Anwendung einen Beitrag dazu, die

---

<sup>2</sup> Unter Netto-Treibhausgasneutralität versteht das Bundes-Klimaschutzgesetz „das Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und dem Abbau solcher Gase durch Senken.“ (§ 2 KSG).

<sup>3</sup> Mit Netto-Entnahmeleistung wird beschrieben, dass der LULUCF-Sektor mehr CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entnimmt, als im gleichen Zeitraum durch den LULUCF-Sektor emittiert wird. Die Differenz ist die Netto-Entnahmeleistung.

**Klimaziele** zu erreichen. Sie bieten auch **industriepolitische Chancen** (insbesondere im Fall technischer Entnahmefethoden und bei Wiederverwendung von CO<sub>2</sub> als stofflichen Rohstoff) und kann dabei helfen, **andere Nachhaltigkeitsziele** auch im Sinne der UN-Agenda 2030<sup>4</sup> zu erreichen (z.B. im Falle natürlicher Senken). Mögliche Ziel- oder Ressourcenkonflikte, z.B. hinsichtlich Flächenverfügbarkeiten und der Menge an nachhaltig produzierbarer Biomasse, sollen dabei frühzeitig identifiziert werden, um so neue Fehlanreize und neue Lock-In-Effekte zu vermeiden.

## 2 Ziele der Strategie

Mit der LNe werden wir ein **gemeinsames Verständnis der Rolle der CO<sub>2</sub>-Entnahme für den Klimaschutz** in Deutschland schaffen. Für den Strategieprozess haben wir fünf zentrale Arbeitsbereiche (vgl. Kapitel 4 – Kernelemente der Strategie) identifiziert.

Zunächst sind der erwartete **Bedarf, der Umfang derzeit bereits bereitgestellter Negativemissionen („Stocktake“)** und das **Potential von negativen Emissionen** anhand von robusten Szenarien zu bestimmen (vgl. Kapitel 4.1). Diese sind einerseits für den Ausgleich von unvermeidbaren Restemissionen erforderlich, da das KSG Netto-Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 vorsieht, und zudem notwendig für das darüberhinausgehende langfristige Ziel von netto-negativen Emissionen in Deutschland, welches nach dem Jahr 2050 erreicht werden soll. Um diese langfristige Bedeutung von Negativemissionen stärker in den Blick zu nehmen, betrachtet die LNe den Zeitraum bis zum Jahr 2060. Dies soll Klarheit schaffen, wie negative Emissionen in Deutschland langfristig dazu beitragen, die Ziele des Klimaabkommens von Paris umzusetzen.

Auf Basis dieser Analysen werden **Zielwerte für technische Senken** für die Jahre 2035, 2040 und 2045 gemäß der im Kabinett beschlossenen KSG-Novelle (§ 3b) herausgearbeitet und eine Zielgröße für die angestrebten, dann insgesamt netto-negativen Treibhausgasemissionen Deutschlands im Jahr 2060 bestimmt.

Um dieses Zielbild für Negativemissionen erreichen zu können, ist auch eine **rechtzeitige und bedarfsgerechte Entwicklung und Skalierung** von Methoden und Technologien zur Erzielung negativer Emissionen notwendig, um diese zielgerichtet zur Marktreife zu bringen. Die LNe ebnet hierfür den Weg. Ohne eine schnelle, grundlegende und nachhaltige Minderung der THG-Emissionen sind die Klimaziele nicht zu erreichen und zu halten. Ein rechtzeitiger und bedarfsgerechter Ausbau von Negativemissionen muss daher mit einem konsistenten, ambitionierten und weiterhin verlässlichen Rahmen zur Emissionsminderung einhergehen. Die Ziele in § 3 Absatz 1 KSG sind, sowohl im aktuellen Gesetz als auch im Regierungsentwurf der aktuellen Novelle, als reine Minderungsziele ausgestaltet.

Die LNe wird alle relevanten **Methoden und Technologien für Negativemissionen umfassend und systematisch bewerten** (vgl. Kap. 4.2). Dabei werden Potenziale und Risiken nach derzeitigem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse beleuchtet.

---

<sup>4</sup> UN Resolution „Transformation unserer Welt: UN-Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ aus dem Jahr 2015.

Des Weiteren werden wir mögliche Ansätze für einen **verlässlichen und tragfähigen Governancerahmen** aufzeigen (vgl. Kap. 4.3). Hierbei gilt es vor allem, **rechtliche Hindernisse und Änderungsbedarfe** zu identifizieren. Wir werden Vorschläge für ein zuverlässiges **Monitoring** und eine transparente **Zertifizierung** von Negativemissionen erarbeiten. Darüber hinaus werden wir die gesellschaftliche Akzeptanz in Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Entnahme in Deutschland beleuchten und Möglichkeiten in Betracht ziehen, diese zu erhöhen.

Es werden ökonomische Anreize für den Ausbau von Methoden und Technologien zur Erzeugung von Negativemissionen untersucht und Optionen für einen **tragfähigen Marktrahmen** erarbeitet (vgl. Kap. 4.4).

**Forschung und Entwicklung** sind von zentraler Bedeutung für die LNe (vgl. Kap. 4.5). Viele Methoden und Technologien zur Erzielung von Negativemissionen befinden sich noch in der Entwicklungsphase und sind noch nicht reif für den industriellen Einsatz. Mit der LNe wollen wir deshalb den Bedarf für weitere Forschung und Entwicklung in besonders dringlichen Anwendungen identifizieren. Dies schließt auch Erprobungs- und Demonstrationsvorhaben mit ein. Die LNe soll den Forschungs- und Technologiestandort Deutschland auch im Bereich der negativen Emissionen stärken und eine breit angelegte Forschungsagenda zu negativen Emissionen vorantreiben, die über die technologischen Fragen hinausgeht.

Bei der Erarbeitung der LNe werden wir auf eine Abstimmung mit relevanten EU-Prozessen und Strategien achten, damit die nationalen Methoden und Ziele mit denen auf europäischer Ebene konsistent sind.

## 3 Rahmen

### 3.1 Begriffsklärung

**Negative Emissionen** werden durch menschliche Aktivitäten<sup>5</sup> erzielt, die der Atmosphäre CO<sub>2</sub>, oder andere THG entziehen und diese möglichst dauerhaft in geologischen, terrestrischen oder ozeanischen Reservoirs oder in Produkten speichern. Diese Aktivitäten werden daher auch als **CO<sub>2</sub>-Entnahme**, engl. Carbon Dioxide Removal (CDR) oder THG-Entnahme bezeichnet.<sup>6</sup> Alternativ wird auch der Begriff **Senken** von Treibhausgasen genutzt. Die Entnahme von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre kann durch biologische, geochemische oder durch chemische Aktivitäten erfolgen.

Die LNe betrachtet **nicht** die **Abscheidung von fossilem CO<sub>2</sub>** direkt an der Emissionsquelle und dessen Speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS), da sich damit keine negativen Emissionen erzielen lassen. Diese Technologien entziehen kein CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre – wie

---

<sup>5</sup>Im Einklang mit den Vorgaben der internationalen Treibhausgasberichterstattung wird ganz Deutschland als „managed land“, also vom Menschen beeinflusst, betrachtet. Darüber, wie das Land genutzt wird, entscheidet der Mensch.

<sup>6</sup>Definition angelehnt an die Formulierung des IPCC im 6. Sachstandsbericht. Nachzulesen im Beitrag der WGIII, SPM in Absatz C.11.1:

[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_SummaryForPolicymakers.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SummaryForPolicymakers.pdf)

dies bei negativen Emissionen der Fall ist – sondern verhindern, dass CO<sub>2</sub> überhaupt erst in die Atmosphäre gelangt. Gleichwohl kann CCS in Kombination mit CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre (Direct Air Carbon Capture and Storage, DACCS) oder biogenem CO<sub>2</sub> (Bio Energy with Carbon Capture and Storage, BECCS) die Speicherkomponente für negative Emissionen sicherstellen.

Negative Emissionen sind zudem klar vom Solar Radiation Management (SRM) zu unterscheiden. SRM entnimmt der Atmosphäre kein CO<sub>2</sub> und ist daher nicht Gegenstand der LNe.

### 3.2 Methoden und Technologien zur Erzielung negativer Emissionen

Die LNe betrachtet alle zur Verfügung stehenden Methoden und Technologien, mit denen negative Emissionen erzielt werden können. Der IPCC unterscheidet bei der Entnahme von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zwischen biologischen, geochemischen und chemischen Methoden. Die Bindungsform, der weitere Weg und dauerhafte Verbleib des aus der Atmosphäre entnommenen Kohlenstoffs kann sich je nach Methode und Technologie erheblich unterscheiden. Auf die komplexen Fragen der Klimawirkung und Bewertung dieser Methoden und Technologien wird in Kapitel 4.2 eingegangen. Einige Methoden und Technologien beinhalten nur Teilschritte auf dem Weg von der Entnahme aus der Atmosphäre bis zur dauerhaften Speicherung.

Zu den zu bewertenden Methoden und Technologien, die zu negativen Emissionen beitragen können, gehören insbesondere:

- **Wald und die Potenziale der Erstaufforstung:**

Bäume wandeln atmosphärisches CO<sub>2</sub> durch Photosynthese in Biomasse um und speichern den Kohlenstoff im Holz und im Boden. Wald ist in Deutschland die derzeit mit Abstand größte CO<sub>2</sub>-Senke. In Deutschland nahmen Wälder im Jahr 2022 netto rund 43 Mio. t CO<sub>2</sub> auf. Die Trockenheit der letzten Jahre und die damit in Verbindung stehenden Insektenkalamitäten haben insbesondere im Nadelwald große Schäden hinterlassen, mögliche Auswirkungen auf die Kohlenstoff-Bindung werden die Ergebnisse der Bundeswaldinventur, die Ende 2024 vorliegen, zeigen.

- **Moore:**

Deutschland verfügt nur über wenig intakte Moore, die tatsächlich wachsen und so der Atmosphäre CO<sub>2</sub> entnehmen. Überwiegend wurden Moore in Deutschland für die land- und forstwirtschaftliche Bewirtschaftung und zur Torfgewinnung entwässert. Durch die Entwässerung findet eine Zersetzung des Torfes und damit einhergehend eine Freisetzung des gespeicherten Kohlenstoffs statt, sodass entwässerte Moorböden eine Quelle von Treibhausgasen darstellen. Eine Minderung von Treibhausgasemissionen kann beispielsweise durch die Wiedervernässung landwirtschaftlich genutzter Moorböden erfolgen, welche in eine an die nassen Bedingungen angepasste Bewirtschaftungsform (Paludikulturen) überführt werden. Auf wiedervernässten Moorböden, insbesondere wenn sie keiner Nutzung zugeführt werden, können sich torfbildende Arten ansiedeln, das Moor kann wachsen und es kann sich perspektivisch auch wieder eine Senkenfunktion einstellen.

- **Bodenmanagement:**  
In Böden sind große Mengen Kohlenstoff gespeichert. Hierbei handelt es sich sowohl um lebende Biomasse, z.B. Wurzeln, als auch um abgestorbene und teilweise zersetzte Biomasse, die als Humus wichtig für viele Bodenfunktionen ist. Der Gehalt des in Böden gespeicherten Kohlenstoffs ist von vielen verschiedenen Faktoren abhängig und kann über die Bewirtschaftung beeinflusst werden. Um eine zusätzliche Speicherung zu erreichen, ist ein dauerhaft höherer CO<sub>2</sub>-Eintrag gegenüber der vorherigen Bewirtschaftung erforderlich. Da sich ein neues Fließgleichgewicht einstellen muss, ist die Möglichkeit, Humus zu akkumulieren begrenzt und grundsätzlich reversibel. Humus ist jedoch nicht nur aus Sicht der Kohlenstoffspeicherung wichtig, sondern zentral für die Bodenfruchtbarkeit, Bodengesundheit und die Klimaanpassung.
- **Erzeugung von Biomasse:**  
Biomasse entsteht, wenn Pflanzen atmosphärisches CO<sub>2</sub> aufnehmen. Wird die Biomasse dem Ökosystem entnommen, zum Beispiel als Holz oder Agrarbiomasse, kann diese anschließend stofflich oder energetisch genutzt werden. Der Kohlenstoff wird dabei aus dem Ökosystem und nicht direkt aus der Atmosphäre entnommen.
- **Marine Biomasse:**  
Auch in Meeren und Ozeanen findet in großem Umfang Photosynthese statt, z. B. über das Wachstum von Seegrasswiesen oder Algenwäldern. Das erforderliche CO<sub>2</sub> wird dabei nicht direkt der Atmosphäre, sondern aus dem Wasser entnommen, in dem es gelöst ist. Mit der Erhaltung und Renaturierung von Seegrasswiesen, Salzwiesen, Algenwäldern sowie einem besseren Schutz des Meeresbodens können die natürlichen CO<sub>2</sub>-Speicherkapazitäten möglicherweise gestärkt werden.
- **Stoffliche Nutzung von Biomasse:**  
Die langfristige stoffliche Nutzung von Biomasse, beispielsweise von Holz z.B. im (Holz-)Bau, in Dämmmaterialien und anderen, möglichst langlebigen Produkten, kann dazu beitragen die Speicherdauer von Kohlenstoff in Biomasse zu verlängern. Verschiedene stoffliche Nutzungen können zu Nutzungsketten im Sinne der Kreislaufwirtschaft kombiniert werden.
- **Biokohle:**  
Durch pyrolytische Verkohlung kann der Kohlenstoff pflanzlicher Ausgangsstoffe als Biokohle (Biochar) langfristig gebunden werden. Die Speicherdauer variiert je nach Nutzungsform der Biokohle.
- **Bioenergienutzung mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung bzw. -Nutzung (Bio-Energy with Carbon Capture, Utilisation and Storage, BECCU/S):**  
Bioenergienutzung mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung ist eine Kombination aus der energetischen Nutzung von Biomasse mit anschließender CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Nutzung bzw. geologischer Speicherung des CO<sub>2</sub>. Pflanzliche Biomasse kann in Kraftwerken, Heizkraftwerken, Biogasanlagen oder industriellen Prozessen energetisch genutzt werden. Der bei dieser Verbrennung oder Vergärung freigesetzte Kohlenstoff wird in Form von CO<sub>2</sub> so weit wie möglich abgeschieden und in der Regel in unterirdischen geologischen Lagerstätten gespeichert oder in Form von CO<sub>2</sub> oder Methan (CH<sub>4</sub>) für die Herstellung von Produkten genutzt.
- **Thermische Abfallbehandlung mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung bzw. -Nutzung (Waste Carbon Capture, Utilisation and Storage, WACCU/S):**

Am Ende der Wertschöpfungskette werden Abfälle thermisch behandelt und dabei auch Wärme und Strom erzeugt. Die bei der thermischen Behandlung entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen werden so weit wie möglich abgeschieden und in der Regel in unterirdischen geologischen Lagerstätten gespeichert oder in Produkten genutzt. Entsprechend der Zusammensetzung der Restabfälle sind bis zu ca. 50 Prozent der entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen biogenen Ursprungs und können zur Erzeugung von Negativemissionen beitragen.

- **Direkte CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus der Luft und -Speicherung bzw. -Nutzung (Direct Air Carbon Capture, Utilisation and Storage/Sequestration, DACCU/S):**  
Bei der direkten CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus der Luft und -Speicherung bzw. -Nutzung wird CO<sub>2</sub> von technischen Anlagen aus der Umgebungsluft abgeschieden und anschließend in der Regel in unterirdischen geologischen Lagerstätten gespeichert oder in Produkten genutzt.
- **CO<sub>2</sub>-Nutzung, Bindung in Produkten (CCU):**  
Wird Kohlenstoff aus atmosphärischem CO<sub>2</sub> dauerhaft in Produkten, z.B. als Kalziumkarbonat, gebunden, können negative Emissionen erreicht werden. Auch die temporäre Nutzung kann bei einer **Kreislaufführung von atmosphärischem Kohlenstoff** zu Negativemissionen beitragen, solange die Gesamtmenge im Kreislauf steigt.
- **Beschleunigte Verwitterung:**  
Durch die technisch beschleunigte Verwitterung (Carbonatisierung) von zementhaltigen Produkten oder silikatischem Gestein kann CO<sub>2</sub> in mineralischer Substanz (Carbonat) gebunden, in Gebäuden eingebaut, in Böden oder Ozeane ausgebracht und damit der Atmosphäre dauerhaft entzogen werden.

### 3.3 Zusammenspiel mit anderen Prozessen auf nationaler und europäischer Ebene

Der Ausbau von Methoden und Technologien für Negativemissionen berührt andere Strategien der Bundesregierung und der Europäischen Union. Die Entwicklung der LNe wird insbesondere mit folgenden Prozessen abgestimmt:

Europäische Prozesse:

- **CRCF-Verordnung**  
Die Europäische Kommission hat am 30. November 2022 einen Verordnungsentwurf für die einheitliche **Zertifizierung der Kohlenstoffentnahme** (Carbon Removal Certification Framework, CRCF) vorgelegt. Damit soll die Entnahme von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre durch land- und forstwirtschaftliche Bewirtschaftungsmaßnahmen, die Speicherung in langlebigen Produkten sowie durch technische Maßnahmen in Verbindung mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung, -Nutzung und -Speicherung (CCU/S) einheitlich zertifiziert und verstärkt angereizt werden. Es handelt sich um einen freiwilligen Zertifizierungsrahmen, der EU-weite Standards setzen soll. Die Methoden für einzelne CDR-Technologien sollen von einer Expertengruppe erarbeitet werden.
- **EU-Klimaziel 2040**  
Im Rahmen der Erarbeitung eines EU-Klimaziels für das Jahr 2040 soll auch die Rolle von Negativemissionen geklärt sowie der Beitrag der CO<sub>2</sub>-Entnahme festgelegt werden. Die Europäische Kommission hat am 6. Februar 2024 eine Mitteilung mit

Folgenabschätzung zum 2040-Ziel vorgelegt, die auch Ziele für Negativemissionen enthält. Die KOM-Mitteilung ist politisch-strategisch für die gesamte EU-Klimapolitik bis 2040 und darüber hinaus wegweisend. Die nächste Kommission dürfte – aufbauend auf der Kommissionsmitteilung und dem Impact Assessment – eine Überarbeitung des EU-Klimagesetzes mit einem Ziel für 2040 und im Anschluss einen Klima- und Energierahmen vorschlagen, in dem Rechtsakte überarbeitet oder neu erarbeitet werden.

- **EU Industrial Carbon Management Strategy:**

Die KOM-Mitteilung zur EU Industrial Carbon Management Strategy wurde zeitgleich zur 2040-Mitteilung am 6. Februar 2024 veröffentlicht und hebt die Bedeutung von CCU/S für die Klimazielerreichung in der EU hervor. Sie enthält Ansätze zum schnelleren Hochlauf einer CO<sub>2</sub>-Infrastruktur und setzt einen politisch-strategischen Rahmen für alle Aspekte des Industrial Carbon Management (einschl. CCS, CCU, Carbon Dioxide Removal).

- **Net Zero Industry Act:**

Der Vorschlag der EU-Kommission zum Nettonull-Industriegesetz (Net Zero Industry Act, NZIA) enthält Ziele zum Ausbau der CO<sub>2</sub>-Speicherungskapazität. Für die EU-Mitgliedstaaten enthält der NZIA Berichtspflichten und Transparenzvorgaben zu potenziellen CO<sub>2</sub>-Speicherstätten. Zudem definiert der NZIA Technologien zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung, CO<sub>2</sub>-Nutzung sowie CO<sub>2</sub>-Speicherung als „Nettonull-Technologien“.

- **EU-Emissionshandelsrichtlinie**

Die EU-Kommission legt dem Europäischen Parlament und dem Rat bis zum 31. Juli 2026 einen Bericht vor zur Frage, wie negative Emissionen unter Anwendung strenger Kriterien und Schutzmechanismen im Emissionshandel abgedeckt werden könnten, gegebenenfalls unter Beifügung eines Legislativvorschlags und einer Folgenabschätzung (Art. 30 Abs. 5a). Bereits im Januar 2024 legte die EU-Kommission eine Konzept-Note zur Berücksichtigung von permanenter chemischer Einbindung von Emissionen in Produkten vor.

Nationale Prozesse:

- **Carbon Management Strategie (CMS)**

Das BMWK erarbeitet derzeit eine Carbon Management Strategie. Diese befasst sich mit dem Einsatz von Carbon Capture and Storage (CCS) und Carbon Capture and Utilisation (CCU) insbesondere in der Industrie und bei Abfallbehandlungsanlagen. Ein Schwerpunkt der Strategie wird sein, die erforderlichen rechtlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen einschließlich der notwendigen Infrastruktur zu schaffen. Auch Fragen zur CO<sub>2</sub>-Speicherinfrastruktur werden im Rahmen der CMS entschieden. Die CMS ist damit Anknüpfungspunkt für alle negativen Emissionstechnologien, die die technische Abscheidung oder Speicherung von CO<sub>2</sub> als einen Prozessschritt enthalten und die deshalb auf eine CO<sub>2</sub>-Infrastruktur angewiesen sind, wie dies bei BECCS, WACCS oder DACCS der Fall ist.

- **Nationale Biomassestrategie (NABIS)**

BMWK, BMEL und BMUV erarbeiten – wie im Koalitionsvertrag vorgesehen – in gemeinsamer Federführung eine Nationale Biomassestrategie (NABIS). Trotz der begrenzten Verfügbarkeit nachhaltiger Biomasse wächst die Nachfrage nach Biomasse zum Zweck der Dekarbonisierung rasant. Daraus ergeben sich

Nutzungskonflikte und Zielkonkurrenzen (u. a. zu den LULUCF-Zielen, zum natürlichen Klima- und Biodiversitätsschutz sowie zur Ernährungssicherheit), die sich zunehmend verschärfen. Vor diesem Hintergrund ist es Ziel der NABIS, Rahmenbedingungen für eine nachhaltige, ressourceneffiziente und klimaschutzwirksame Biomasseerzeugung und -nutzung zu schaffen. Insofern besteht auch ein Zusammenhang zum natürlichen Klimaschutz sowie zu Negativemissionstechnologien, die eine Nutzung von Biomasse voraussetzen.

- **Systementwicklungsstrategie (SES)**

Die Systementwicklungsstrategie wird derzeit durch das BMWK erarbeitet und soll bis Mitte 2024 sektorübergreifend eine robuste Strategie für die Transformation des Energiesystems entwickeln, an denen sich verschiedene Folgeprozesse wie Infrastrukturplanungen sowie sektor- und energieträgerspezifische Strategien und Programme orientieren können. Die SES wird auf Grundlage der BMWK-Langfristszenarien in einem transparenten Prozess unter Einbindung der Fachöffentlichkeit erstellt.

- **Nationale Bioökonomiestrategie (NBÖS)**

Die Federführer BMEL und BMBF erarbeiten derzeit einen Umsetzungsplan zur Nationalen Bioökonomiestrategie (NBÖS). Ziel der NBÖS ist die hochwertige und nachhaltige Nutzung biogener Ressourcen und biologischen Wissens. Soweit biogene Rohstoffe einschließlich Rest- und Abfallstoffe zu langlebigen Gütern weiterverarbeitet werden, beispielsweise durch eine Ausweitung des Bauens mit Holz oder durch Verwendung von Dämmmaterialien aus biogenen Faserstoffen, wird der durch die Erzeugung der Biomasse festgelegte Kohlenstoff langfristig gespeichert und kann zur Erzeugung von Negativemissionen beitragen. Sowohl in der NABIS als auch in der NBÖS wird einer Steigerung des Anteils der stofflichen Verwertung von biogenen Rohstoffen zu möglichst langlebigen Gütern eine hohe Priorität eingeräumt.

- **Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz (ANK)**

Intakte Ökosysteme sind natürliche Klimaschützer. Wälder und Auen, Böden und Moore, Meere und Gewässer, naturnahe Grünflächen in der Stadt und auf dem Land binden Kohlendioxid aus der Atmosphäre und speichern es langfristig. Mit dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) werden Ökosysteme geschützt, gestärkt und wiederhergestellt. Es verbindet Klimaschutz mit Naturschutz und sorgt dafür, dass degradierte Ökosysteme wieder gesund, widerstandsfähig und vielfältig werden. Das Programm enthält 69 Maßnahmen in insgesamt zehn Handlungsfeldern: zum Beispiel in den Bereichen Moore, Waldökosysteme, Meere und Küsten, Siedlungs- und Verkehrsflächen oder Forschung und Kompetenzaufbau. Diese tragen unter anderem auch zur Umsetzung der Nationalen Moorschutzstrategie und der Nationalen Wasserstrategie bei.

- **Nationale Moorschutzstrategie**

Mit der am 9. November 2022 beschlossenen Nationalen Moorschutzstrategie verfügt die Bundesregierung über das notwendige Fundament für die Umsetzung ambitionierter Moorschutzmaßnahmen im Rahmen des ANK. Dabei soll die Nationale Moorschutzstrategie den politischen Rahmen für alle Aspekte des Moorschutzes in Deutschland auf Bundesebene für die nächsten Jahre vorgeben, um in Deutschland das Erreichen der Netto-Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 zu unterstützen.

- **Holzbauinitiative (HBI)**

Am 21. Juni 2023 ist die federführend durch das BMWSB zusammen mit dem BMEL initiierte Holzbauintiative der Bundesregierung im Kabinett beschlossen worden. Diese gibt konkrete Lösungsansätze, mit denen die stoffliche Verwendung der Biomasse und damit das klimafreundliche Bauen mit Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen gestärkt werden sollen. Zeithorizont der Umsetzung ist 2030.

- **Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (DNS):**

Die Bundesregierung entwickelt die DNS weiter, bis 2024 soll der Prozess abgeschlossen sein. Die Basis der DNS ist ein ganzheitlicher, integrativer Ansatz. Die Strategie zielt auf eine wirtschaftlich leistungsfähige, sozial ausgewogene und ökologisch verträgliche Entwicklung, wobei die planetaren Grenzen unserer Erde zusammen mit der Orientierung an einem Leben in Würde für alle die absoluten Leitplanken für politische Entscheidungen bilden. Im Koalitionsvertrag 2021 „Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit“, sind die 17 globalen Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals – SDGs) als Richtschnur der Politik der Bundesregierung festgeschrieben. Für die hier beschriebene Strategie sind insbesondere folgende Ziele wichtig: SDG 7: Bezahlbare und saubere Energie; SDG 8: Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum; SDG 12: Nachhaltig produzieren und konsumieren; SDG 13: Weltweit Klimaschutz umsetzen; SDG 14: Leben unter Wasser schützen; SDG 15: Leben an Land; SDG 17: Globale Partnerschaft.

## 4 Kernelemente der Strategie

Die LNe soll folgende wesentliche Inhalte und Aufgabenpakete umfassen:

### 4.1 Zielgrößen für den Ausbau negativer Emissionen

Nach dem KSG muss Deutschland bis zum Jahr 2045 seine Treibhausgasemissionen so weit mindern, dass Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird. Nach dem Jahr 2050 soll Deutschland mit Netto-Negativemissionen<sup>7</sup> zur Stabilisierung des globalen Klimas beitragen.

Die **langfristige Rolle** der Negativemissionen in Deutschland ist damit eine doppelte: Erstens müssen trotz Minderungsanstrengungen verbleibende Restemissionen kontinuierlich ausgeglichen werden, um die Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen und zu halten; zweitens sollen nach dem Jahr 2050 weitere, die Restemissionen übersteigende, Negativemissionen dazu beitragen, der Atmosphäre mehr THG zu entnehmen, als im selben Zeitraum in die Atmosphäre freigesetzt werden. Kurzfristig können Negativemissionen auch schon einen Beitrag zur Senkung der Netto-Treibhausgasemissionen Deutschlands leisten.

---

<sup>7</sup> Netto-Treibhausgasneutralität wird erreicht, wenn die anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und die Entnahme solcher Gase durch Senken im Gleichgewicht sind. Netto-Negativemissionen werden erzielt, wenn jährlich mehr Treibhausgase aus der Atmosphäre entnommen werden, als im selben Zeitraum in die Atmosphäre freigesetzt werden.

In der LNe werden die für die Erreichung der Klimaziele notwendigen nationalen **Bedarfe und Potenziale von negativen Emissionen** anhand von robusten Szenarien ermittelt und entsprechende **Zielwerte für technische Senken für die Jahre 2035, 2040 und 2045** herausgearbeitet. Dabei werden in den Szenarien auch Sensitivitäten, z.B. hinsichtlich der Kostenentwicklungen, betrachtet.

Die LNe schlägt darüber hinaus eine **Zielgröße für die dann insgesamt netto-negativen THG-Emissionen in Deutschland für das Jahr 2060** vor. Diese soll klarstellen, wie deutsche Netto-Negativemissionen langfristig zu den Europäischen Klimaambitionen und dem 1,5° Ziel des Klimaabkommens von Paris beitragen können.

Um diese Zielgröße für Negativemissionen erreichen zu können, ist es notwendig, die **Methoden und Technologien zur Erzielung negativer Emissionen rechtzeitig und bedarfsgerecht zu entwickeln und zu skalieren**. Die LNe ebnet hierfür im Zusammenspiel mit den europäischen Instrumenten den Weg.

Dabei ist es der Bundesregierung wichtig, dass der Einsatz von Klimaschutztechnologien **effektiv und effizient** erfolgt. Treibhausgasemissionen können mit den absehbaren Minderungsoptionen nicht in allen Sektoren auf Null reduziert werden. Daher wird in der LNe herausgearbeitet, welche Restemissionen zu erwarten sind. Für diese Abwägung werden in der LNe, unter anderem, die volkswirtschaftlichen Kosten der Methoden und Technologien berücksichtigt.

Ohne eine schnelle, grundlegende und nachhaltige Minderung der THG-Emissionen sind die Klimaziele nicht zu erreichen und zu halten. Ein rechtzeitiger und bedarfsgerechter Ausbau von Negativemissionen muss daher mit einem konsistenten, ambitionierten und weiterhin verlässlichen Rahmen zur Emissionsminderung einhergehen. Die Ziele in § 3 Absatz 1 KSG sind, sowohl im aktuellen Gesetz als auch im Regierungsentwurf der aktuellen Novelle, als reine Minderungsziele ausgestaltet.

Methoden und Technologien, die zur Erreichung von technischen Negativemissionen beitragen, wie Bioenergie mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (BECCS), CO<sub>2</sub>-negativer Zement, thermische Abfallbehandlung mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (WACCS) oder direkte CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus der Luft und anschließende Speicherung (DACCS), befinden sich in der Entwicklungsphase und müssen dabei bedarfsgerecht skaliert werden. Derzeit gibt es keine geologischen CO<sub>2</sub>-Speicherprojekte in Deutschland. Die Entwicklung einer CO<sub>2</sub>-Infrastruktur im Rahmen der Carbon Management Strategie wird auch negativen Emissionen dienen. Sie ist für die Abscheidung, den Transport, die Nutzung oder Speicherung des abgeschiedenen CO<sub>2</sub> im notwendigen Umfang auszulegen.

Derzeit werden die einzigen relevanten CO<sub>2</sub>-Senkenleistungen durch **natürliche Senken**, wie den Wald, marine Ökosysteme oder andere landbasierte Ökosysteme, erbracht. Natürliche Senken wollen wir mit der LNe systematisch und deutlich stärken und dauerhaft erhalten. Vor dem Hintergrund des immer stärker spürbaren Klimawandels und der aktuellen, oftmals nicht nachhaltigen Art der Nutzung von Ökosystemen ist jedoch klar, dass der Erhalt dieser CO<sub>2</sub>-Senken einschließlich ihrer nachgelagerten Nutzung herausfordernd sein wird. Hierfür sind das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz und die Nationale Biomassestrategie entscheidend.

Das KSG macht bereits **Zielvorgaben für den Beitrag des Sektors Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft** (Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF) zum Klimaschutz. Allerdings werden Quellen und Senken des Sektors nur aggregiert betrachtet. Derzeit gleichen sich die Quellen und Senken des LULUCF-Sektors ungefähr aus, d.h. es werden durch Landnutzung und Landnutzungsänderungen etwa so viele THG freigesetzt, wie insbesondere durch die Wälder wieder aus der Atmosphäre entnommen werden. Bis 2030 soll der Sektor im Mittel eine Netto-CO<sub>2</sub>-Entnahme von 25 Mio. t erzielen. Bis 2040 soll die Netto-CO<sub>2</sub>-Entnahme auf 35 Mio. t anwachsen, bis 2045 auf 40 Mio. t (berechnet jeweils im Mittel mit den drei vorhergehenden Jahren). Das im März 2023 beschlossene Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz enthält Maßnahmen, um Senken zu stabilisieren und auszubauen sowie Emissionen im LULUCF-Sektor zu mindern.

## 4.2 Bewertung von Methoden und Technologien

Die LNe verfolgt im Rahmen der gesetzten Ziele einen technologieoffenen Ansatz, bei dem alle relevanten Methoden und Technologien für negative Emissionen umfassend hinsichtlich ihrer Effektivität, Effizienz und Nachhaltigkeit bewertet werden. Dabei werden Chancen und Risiken nach derzeitigem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse umfassend untersucht. Wir werden auch Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz der einzelnen Methoden und Technologien analysieren, sowie politische und gesellschaftliche Hürden und potentielle Konflikte bei der Umsetzung der oben genannten Methoden und Technologien herausarbeiten. Die Bundesregierung wird sich dabei an internationalen und EU-Standards orientieren und auch Erkenntnisse anderer Staaten sowie den Stand der Diskussion auf internationaler Ebene, u.a. im Rahmen von UNFCCC, in ihre Überlegungen einbeziehen.

Die BMBF-Forschungsprogramme CDRmare und CDRterra untersuchen u.a. ob und inwieweit einzelne Methoden und Technologien eine wesentliche und nachhaltige Rolle bei der Aufnahme und Speicherung von Kohlendioxid aus der Atmosphäre spielen können. Auf diese Arbeiten wird in der LNe aufgebaut.

Zentraler Bewertungsmaßstab für die Effektivität der Methoden und Technologien ist die **Klimaschutzwirkung** der CO<sub>2</sub>-Entnahme. Hierfür ist nicht nur die Permanenz – d.h. die **CO<sub>2</sub>-Speicherdauer** – von entscheidender Bedeutung, sondern auch die **Reversibilität** – d.h. die Umkehrbarkeit von Maßnahmen –, bei der CO<sub>2</sub> geplant oder ungeplant aus dem Speicher freigesetzt wird (Speicherausfallwahrscheinlichkeit).

Wir werden prüfen, inwieweit permanente und **nicht-permanente CO<sub>2</sub>-Entnahmen** sich sinnvoll und effizient ergänzen können. Grundsätzlich kann auch eine nicht-permanente CO<sub>2</sub>-Entnahme dabei helfen, den globalen Temperaturanstieg zu mildern. Wir werden Governance-Instrumente untersuchen, wie mit nicht-permanenten Senken umgegangen werden kann. Hierzu wird im Rahmen der Strategieerarbeitung eine langfristige Entnahme und Einlagerung definiert, die insbesondere auch unter dem Aspekt der Risikobewertung beleuchtet werden wird.

Häufig ist eine **Verkettung mehrerer Prozessschritte** erforderlich, um insgesamt negative Emission zu erreichen. Diese reichen von der Entnahme des CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre, wobei eine Umwandlung in andere Kohlenstoffverbindungen erfolgen kann, über mögliche Nutzungsketten bis hin zur dauerhaften Speicherung. Die Entnahme des CO<sub>2</sub> hat dabei

gegebenenfalls bereits Jahre vor der dauerhaften Speicherung stattgefunden. Für eine systematische Bewertung wird in der Strategieerarbeitung auch eine Einzelbetrachtung der Prozessschritte unter Berücksichtigung möglicher Alternativen erfolgen.

Die Bewertung der Klimawirkung der Methoden und Technologien soll auf einer **systemischen Betrachtung** beruhen. Dabei wird nicht nur die direkte CO<sub>2</sub>-Entnahmeleistung der einzelnen Methoden und Technologien analysiert, sondern auch die Wirkungen im Gesamtsystem berücksichtigt. Dazu gehören vor allem direkte und indirekte Emissionen sowie weitere Ressourcenverbräuche bzw. Nutzungskonflikte, z.B. mit Minderungsmaßnahmen. Eine vollständige Betrachtung ist von lokalen Begebenheiten abhängig und kann erst im konkreten Genehmigungsverfahren erfolgen.

Darüber hinaus ist eine **effiziente und nachhaltige CO<sub>2</sub>-Entnahme** zu gewährleisten. Neben den wirtschaftlichen Kosten der jeweiligen Methoden und Technologien inkl. der dauerhaften Kosten für Monitoring und Instandhaltung der CO<sub>2</sub>-Senken ist hierbei auch der Energie- und Ressourcenverbrauch, inklusive der Vorketten, zu betrachten. Zudem sind positive wie negative Nebeneffekte und Zielkonflikte mit weiteren Nachhaltigkeitszielen zu analysieren. Dazu zählen u.a. die Anpassung an den Klimawandel, der Schutz der Biodiversität sowie Wasser-, Ressourcen- und Immissionschutz. Auch die Ernährungssicherheit und andere Flächenkonkurrenzen müssen berücksichtigt werden.

Die LNe soll daher ein **Set verschiedener Kriterien** etablieren, die als Orientierungs- und Entscheidungsrahmen für den Ausbau von CO<sub>2</sub>-Entnahmemaßnahmen dienen.

### 4.3 Governance und Rechtsrahmen

Um langfristig über ein ausreichendes Potential für Negativemissionen zu verfügen und um die in der LNe formulierten Zielwerte umzusetzen, bedarf es eines tragfähigen rechtlichen Rahmens.

Der Ausbau der CO<sub>2</sub>-Entnahme muss auf einem **kohärenten Rechtsrahmen** basieren. Die LNe wird daher mit der Perspektive auf einen langfristig tragbaren regulativen Rahmen konkrete **Vorschläge für Regelungen und rechtliche Änderungsbedarfe** für negative Emissionen erarbeiten. Hier gilt es auch, bestehende rechtliche Hürden für die CO<sub>2</sub>-Entnahme in Deutschland zu identifizieren. Dabei werden wir nicht nur den nationalen Rechtsrahmen betrachten, sondern auch die europäische und internationale Ebene.

Zudem wird die LNe **ein zuverlässiges Monitoring und eine transparente Zertifizierung von Negativemissionen vorschlagen**. Den europäischen Prozess zur Entwicklung einer einheitlichen Zertifizierung der Kohlenstoffentnahme begleiten wir eng. Das Monitoring umfasst dabei die drei Schritte Überwachung, Berichterstattung und Verifizierung (Monitoring, Reporting and Verification, MRV). Je nach Methode oder Technologie können sich Aufwand und erreichbare Genauigkeit erheblich unterscheiden, was auch mit Blick auf eine mögliche **Zertifizierbarkeit** bedeutsam ist.

Eine besondere **Herausforderung** bei der Berechnung, Bilanzierung und Zertifizierung von Negativemissionen ergibt sich aus der **bestehenden sektoralen Bilanzierung von THG**. Dies betrifft vor allem die **Biomasse**. Wird z.B. dem Wald Holz zur energetischen oder

stofflichen Nutzung entnommen, hat die Entnahme des CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre gegebenenfalls vor Jahren oder Jahrzehnten stattgefunden und wurde bereits als Negativemission im LULUCF-Sektor verbucht. Die Abscheidung und Speicherung von CO<sub>2</sub> nach der energetischen Nutzung dieser Biomasse oder die stoffliche Nutzung derselben erzeugt keine zusätzlichen vollständigen Negativemissionen, sondern ist ein Prozessschritt. Der bereits durch die Ökosysteme entnommene Kohlenstoff wird genutzt und gespeichert.

Aus der sektoralen Bilanzierung folgt auch, dass bereits die Entnahme von Holz aus dem Wald als Quelle von Emissionen im LULUCF-Sektor verbucht wird, obwohl es dort nicht zu realen Emissionen kommt. Zum Zeitpunkt der tatsächlichen Freisetzung des CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung der Biomasse, wird diese Emission jedoch nicht mehr gezählt und als sogenannte „Nullemission“ bewertet. Die Emission erfolgt also bei der energetischen Nutzung der Biomasse, wird jedoch dem LULUCF-Sektor zugeschrieben. Ähnliche Zusammenhänge ergeben sich bei der Zuordnung der Einbindungen bzw. Freisetzungen bei der Nutzung von Agrarbiomasse.

Die bestehende sektorale Bilanzierung ist jedoch auch im Hinblick auf die stoffliche Nutzung von Holz und anderen Produkten mit negativer CO<sub>2</sub>-Bilanz in Gebäuden unzutreffend, da mit den verbauten Produkten atmosphärisches CO<sub>2</sub> langfristig in Gebäuden eingelagert wird, aber keine zusätzlichen Negativemissionen entstehen.

Weitere Herausforderungen ergeben sich für die Bilanzierung und **Zertifizierung von nicht-permanenten Senken** und den Umgang mit Kreislaufführung.

Die LNe wird zudem die **gesellschaftliche Akzeptanz** der CO<sub>2</sub>-Entnahme in Deutschland beleuchten. Dieser Aspekt wird auch im Rahmen der laufenden BMBF-geförderten Forschungsvorhaben CDRterra und CDRmare untersucht. Dabei gilt es, zentrale Chancen und möglicherweise bestehende Risiken zu identifizieren sowie wirksame Lösungsansätze aufzuzeigen. Dieses Verständnis unterstützend und ergänzend, werden in der LNe Regelungen geprüft, mit denen Potentiale für negative Emissionen gehoben werden können. Zudem müssen sämtliche in diesem Zusammenhang zur Anwendung kommenden Technologien dem Vorsorgeprinzip entsprechen und unverantwortliche Risiken ausschließen.

Die LNe wird alle zwei Jahre wissenschaftlich evaluiert und entsprechend nach Abstimmung im Ressortkreis aktualisiert.

#### 4.4 Ökonomische Anreize und Marktrahmen

Der Einsatz von Klimaschutztechnologien muss sich auch an Effektivität und Kosteneffizienz orientieren und Zielkonflikte möglichst minimieren, um die Transformationskosten niedrig zu halten, und die öffentliche Akzeptanz von Klimaschutzmaßnahmen zu fördern. Eine rechtzeitige und bedarfsgerechte globale Skalierung von Negativemissionstechnologien und -methoden ist zur Erreichung der Klimaziele notwendig.

Der bedarfsgerechte Ausbau von Methoden und Technologien zur Erzeugung von Negativemissionen bedarf ökonomischer Anreize. Diese sollen so gesetzt werden, dass die Ziele der Langfriststrategie möglichst sicher, nachhaltig und kosteneffizient erreicht werden.

Die LNe wird mögliche ökonomische Anreizmodelle für den Ausbau von Negativemissionen umfassend beleuchten und Optionen für einen tragfähigen Marktrahmen entwickeln, die auch die entsprechenden Prozesse auf EU-Ebene mitdenken. Wir prüfen eine Integration in den Emissionshandel, inklusive Prüfung etwaiger Vorschläge für den Reviewprozess der EU-Emissionshandelsrichtlinie (Art. 30 Abs. 5a). Zudem prüfen wir die Geeignetheit von staatlichen Förderinstrumenten für den Ausbau von Negativemissionen. Dabei werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Anreizsysteme umfassend bewertet und auch indirekte Effekte, z.B. auf Energiepreise und Landrenten, sowie Verteilungseffekte analysiert. Wir betrachten die gesamte Wertschöpfungskette sowie den Reifegrad (Forschung, Entwicklung, Kommerzialisierung, etc.) der Technologien und Methoden.

Auch die langfristige Entwicklung des Marktrahmens, wenn durch die erreichten Emissionsminderungen der Emissionshandel sein Ziel erreicht hat, wird bereits mitgedacht. Wir prüfen, wie ein möglicher Marktrahmen, der die Grenzkosten der verschiedenen Technologien zu Grunde legt, ein volkswirtschaftlich effizientes Maß an Negativemissionen sicherstellen kann.

#### 4.5 Forschung und Entwicklung

Technologien und Methoden für Negativemissionen befinden sich in unterschiedlichen Forschungs- und Entwicklungsstadien, bis hin zur vorindustriellen Erprobungsphase. Die Bundesregierung hat mit zwei Forschungsprogrammen des BMBF zu landbasierten (CDRterra) und marinen CDR-Methoden (CDRmare) Grundlagenforschung sowie anwendungsorientierte Forschung im Bereich der CO<sub>2</sub>-Entnahme angestoßen, damit die klimapolitischen Entscheidungsgrundlagen wissenschaftsbasiert gestärkt werden können. Zusätzlich dazu ist weitere Forschung und Entwicklung erforderlich. Dazu werden auch erste **Erprobungs- und Demonstrationsvorhaben, auch im Rahmen von Freilandexperimenten**, benötigt, um praktisches Wissen für eine spätere umfassendere Anwendung zu erlangen.

Seit August 2021 werden in der Forschungsmission CDRmare verschiedene marine CDR-Methoden untersucht. Um den nächsten Schritt der Forschung zu gehen und die in den Laboren gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse in Feldexperimenten überprüfen zu können, müsste der Ausnahmekatalog des Hohe-See-Einbringungs-Gesetzes (HSEG) für die wissenschaftliche Forschung, der sich bislang nur auf die Meeresdüngung bezieht, auf die CDR-Methoden „Erhöhung der Alkalinität des Meerwassers“ und „Einbringen von CO<sub>2</sub> in die Ozeankruste zur dortigen Mineralisierung“ erweitert werden. Die unabhängige und ergebnisoffene Forschung (insbesondere auch zu negativen Umweltauswirkungen und zur möglichen Dauer der Alkalinitätserhöhung) soll zur Schaffung wissenschaftlicher Grundlagen ermöglicht werden.

Für Forschung und Pilotierung der geologischen Speicherung von abgeschiedenem CO<sub>2</sub> (CCS) wäre eine Novellierung des KSpG notwendig. Fragen zur geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> sind Inhalt der Carbon Management Strategie.

Weiterhin besteht Forschungsbedarf im Bereich der Grundlagenforschung zur Diversifizierung des CDR-Methoden-Portfolios und zur Stärkung von Synergien zwischen CDR-Einzelmethoden und mit Methoden des natürlichen Klimaschutzes.

Die LNe soll den **Forschungs- und Technologiestandort Deutschland** auch im Bereich der negativen Emissionen **stärken**. Der Forschungsbedarf zu Negativemissionen geht weit über technologische Fragen hinaus. So sind z.B. auch Methodiken für Life-Cycle-Assessments weiterzuentwickeln, um verschiedene Ansätze umfassend bewerten sowie Co-Benefits und Trade-offs identifizieren zu können. Interdisziplinäre Fragestellungen im Bereich der Akzeptanzforschung, zu einem geeigneten Anreizrahmen sowie zu weiteren regulatorischen und politischen Rahmenbedingungen, Wechselwirkungen mit anderen Nachhaltigkeitszielen sowie zu Methoden des Monitorings, Berichterstattung und Verifizierung (MRV) ergänzen den Forschungsbedarf.

Im Rahmen der LNe werden wir uns daher intensiv mit **Forschungsbedarfen verschiedener Disziplinen** befassen, um Wissenslücken identifizieren und schließen zu können.

## 5 Weiteres Vorgehen

Diese Eckpunkte bilden die Basis für die Erarbeitung der LNe. Die LNe wird federführend vom BMWK gemeinsam mit **BMF, AA, BMEL, BMUV, BMBF, BMZ, BMWSB und BK-Amt** entwickelt. Akteure aus der **Zivilgesellschaft, Wirtschaft** und **Wissenschaft** werden durch einen **strukturierten Dialogprozess** in die Erarbeitung der Strategie eingebunden. Dazu werden wir thematisch abgegrenzte Workshops mit den relevanten Stakeholdern veranstalten. Die einzelnen Arbeitspakete leiten sich aus den oben aufgelisteten Kernelementen der Strategie ab.

Eine Strategie kann nur dann erfolgreich umgesetzt werden, wenn sie in den Kontext von verwandten Prozessen und Strategien eingebettet wird. Auf die **Abstimmung und Koordinierung mit anderen laufenden relevanten Prozessen** legen wir daher ein **besonderes Augenmerk**.

## Abkürzungsverzeichnis

ANK	Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz
BECCU/S	Bioenergienutzung mit CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -Speicherung bzw. -Nutzung (Bio-Energy with Carbon Capture, Utilisation and Storage)
CCU	CO <sub>2</sub> -Nutzung, Bindung in Produkten (Carbon Capture and Use)
CCS	CO <sub>2</sub> -Abscheidung und Speicherung (Carbon Capture and Storage/Sequestration)
CDR	Carbon Dioxide Removal
CMS	Carbon Management Strategie
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CRCF	EU Verordnung für die einheitliche Zertifizierung der Kohlenstoffentnahme (Carbon Removal Certification Framework)
DACCU/S	Direkte CO <sub>2</sub> -Abscheidung aus der Luft und -Speicherung bzw. -Nutzung (Direct Air Carbon Capture, Utilisation and Storage/Sequestration, DACCU/S)
DNS	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie
EU	Europäische Union
HSEG	Hohe-See-Einbringungs-Gesetzes
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat)
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KSpG	Kohlendioxid-Speicherungsgesetz
LNe	Langfriststrategie Negativemissionen zum Umgang mit unvermeidbaren Restemissionen
LULUCF	Landnutzungssektor (Land Use, Land Use Change and Forestry)
Mio.	Million
MRV	Überwachung, Berichterstattung und Verifizierung (Monitoring, Reporting and Verification)
NABIS	Nationale Biomassestrategie
NABÖS	Nationale Bioökonomiestrategie
NIZA	EU Nettonull-Industriegesetz (Net Zero Industry Act)
SES	Systementwicklungsstrategie
THG	Treibhausgase
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WACCU/S	Thermische Abfallbehandlung mit CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -Speicherung bzw. -Nutzung (Waste Carbon Capture, Utilisation and Storage)

