

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>11</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>12</b>
<b>Abkürzungen.....</b>	<b>13</b>
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>15</b>
Negativemissionstechnologien.....	17
Meinungsvielfalt und Wirkungskategorien .....	18
Empfehlungen .....	19
Schlussfolgerungen und Ausblick.....	21
<b>Summary .....</b>	<b>24</b>
Negative emission technologies .....	26
Diversity of opinions, impact categories .....	27
Recommendations.....	28
Conclusions and outlook .....	31
<b>Résumé.....</b>	<b>33</b>
Technologies d'émissions négatives .....	35
Diversité des opinions et catégories d'impact .....	36
Recommandations.....	37
Conclusions et perspectives.....	40
<b>Sintesi .....</b>	<b>42</b>
Tecnologie a emissioni negative.....	44
Diversità di opinioni e categorie di impatto .....	45
Raccomandazioni .....	46
Conclusioni e prospettive .....	48

<b>1.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>51</b>
1.1.	Ausgangslage.....	51
1.2.	Methodisches Vorgehen.....	52
1.3.	Zielsetzung und Inhalt .....	53
<b>2.</b>	<b>Vorgehen und Methodik.....</b>	<b>55</b>
2.1.	Literaturanalyse und Faktenblätter.....	55
2.2.	Stakeholderanalyse.....	56
2.2.1.	Auswahl der Teilnehmenden .....	58
2.2.2.	Auswahl der Stakeholder für Tiefeninterviews .....	60
2.2.3.	Auswahl der Workshop-Teilnehmenden.....	61
2.3.	Meinungslandschaften für Technikfolgenabschätzung.....	62
2.4.	Tiefeninterviews .....	67
2.5.	Workshop .....	67
2.6.	Entwicklung von Empfehlungen .....	69
<b>3.</b>	<b>Negativemissionstechnologien .....</b>	<b>73</b>
3.1.	Hintergrund.....	73
3.1.1.	Bedarf an negativen Emissionen in der Schweiz .....	76
3.1.2.	Unsicherheit von Potenzial- und Kostenschätzungen.....	79
3.1.3.	Unterschiede zwischen NET, CCS und CCU .....	80
3.1.4.	NET in der Schweiz und im Ausland .....	82
3.2.	Waldmanagement und Holzverwendung .....	84
3.2.1.	Definition, Kurzbeschreibung .....	84
3.2.2.	Prozessbeschreibung.....	85
3.2.3.	Entwicklungsstand.....	85
3.2.4.	Kosten .....	85
3.2.5.	Akteure .....	86
3.2.6.	Chancen .....	86
3.2.7.	Risiken.....	88
3.2.8.	Schnittstellen/Wechselwirkungen.....	90
3.2.9.	Rechtsrahmen in der Schweiz.....	90

3.3.	Bodenmanagement und Pflanzenkohle .....	91
3.3.1.	Definition .....	91
3.3.2.	Prozessbeschreibung.....	92
3.3.3.	Entwicklungsstand.....	93
3.3.4.	Kosten .....	94
3.3.5.	Akteure.....	95
3.3.6.	Chancen .....	95
3.3.7.	Risiken.....	97
3.3.8.	Schnittstellen/Wechselwirkungen.....	98
3.3.9.	Rechtsrahmen in der Schweiz.....	98
3.4.	Bioenergienutzung mit CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -Speicherung (BECCS) .....	99
3.4.1.	Definition .....	99
3.4.2.	Prozessbeschreibung.....	100
3.4.3.	Entwicklungsstand.....	101
3.4.4.	Kosten .....	101
3.4.5.	Akteure.....	102
3.4.6.	Chancen.....	102
3.4.7.	Risiken.....	103
3.4.8.	Schnittstellen/Wechselwirkungen.....	103
3.4.9.	Rechtsrahmen in der Schweiz.....	104
3.5.	Direkte CO <sub>2</sub> -Abscheidung aus der Luft und -Speicherung (DACCs).....	105
3.5.1.	Definition .....	105
3.5.2.	Prozessbeschreibung.....	105
3.5.3.	Entwicklungsstand.....	106
3.5.4.	Kosten .....	107
3.5.5.	Akteure.....	107
3.5.6.	Chancen.....	107
3.5.7.	Risiken.....	108

3.5.8. Schnittstellen/Wechselwirkungen.....	109
3.5.9. Rechtsrahmen in der Schweiz.....	109
3.6. Carbonatisierung.....	110
3.6.1. Definition .....	110
3.6.2. Prozessbeschreibung.....	111
3.6.3. Entwicklungsstand.....	112
3.6.4. Kosten .....	113
3.6.5. Akteure.....	113
3.6.6. Chancen.....	114
3.6.7. Risiken.....	115
3.6.8. Schnittstellen/Wechselwirkungen.....	116
3.6.9. Rechtsrahmen in der Schweiz.....	116
3.7. NET im Vergleich und im Kontext.....	117
3.7.1. NET konkurrieren um begrenzte Ressourcen.....	117
3.7.2. Synergien zwischen NET .....	118
3.7.3. Strukturelle und zeitliche Abhängigkeiten von NET.....	119
3.7.4. NET und andere Nachhaltigkeitsziele .....	119
3.7.5. Chancen und Risiken im Vergleich .....	119
3.7.6. Potenziale, Entwicklungsstand und Kosten im Vergleich.....	122
3.7.7. Fazit.....	124
<b>4. Meinungsvielfalt und Wirkungskategorien .....</b>	<b>127</b>
4.1. Landscape of Opinions for Technology Assessment.....	127
4.1.1. Waldmanagement und Holzverwendung .....	127
4.1.2. Bodenmanagement und Pflanzenkohle .....	133
4.1.3. Bioenergienutzung mit CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -Speicherung (BECCS) .....	137
4.1.4. Direkte CO <sub>2</sub> -Abscheidung aus der Luft und -Speicherung (DACCs).....	142
4.1.5. Carbonatisierung.....	146
4.2. Tiefeninterviews .....	150

4.2.1.	Waldmanagement und Holzverwendung .....	151
4.2.2.	Bodenmanagement und Pflanzenkohle .....	152
4.2.3.	Bioenergienutzung mit CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -Speicherung (BECCS) .....	152
4.2.4.	Direkte CO <sub>2</sub> -Abscheidung aus der Luft und -Speicherung (DACCs).....	153
4.2.5.	Carbonatisierung.....	154
4.2.6.	Allgemein oder übergreifend .....	154
4.3.	Stakeholderworkshop.....	155
4.3.1.	Allgemeine Empfehlungen .....	157
4.3.2.	Waldmanagement und Holzverwendung .....	157
4.3.3.	Bodenmanagement und Pflanzenkohle .....	158
4.3.4.	Bioenergienutzung mit CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -Speicherung (BECCS) .....	159
4.3.5.	Direkte CO <sub>2</sub> -Abscheidung aus der Luft und -Speicherung (DACCs) ....	160
4.3.6.	Carbonatisierung.....	160
4.4.	Schlussfolgerungen des qualitativen Methodenteils .....	161
<b>5.</b>	<b>Empfehlungen .....</b>	<b>165</b>
5.1.	Allgemeine oder übergreifende Empfehlungen.....	167
5.1.1.	Empfehlung 1: Eine Multistakeholder-NET-Taskforce unter der Leitung des BAFU bilden .....	167
5.1.2.	Empfehlung 2: Strategie für begrenzte Ressourcen entwickeln .....	169
5.1.3.	Empfehlung 3: Finanzierungsstrategie für die Entwicklung und Umsetzung der NET klären .....	170
5.1.4.	Empfehlung 4: Permanenz von 30 Jahren CO <sub>2</sub> -Speicherung hinterfragen .....	172
5.1.5.	Empfehlung 5: Accounting- und Monitoringmethoden für NET entwickeln .....	173
5.1.6.	Empfehlung 6: Getrennte Ziele für Reduktion der Emissionen und NET festlegen – auch nach 2050.....	175
5.1.7.	Empfehlung 7: Forschungsprogramme zu NET koordinieren .....	176

5.1.8. Empfehlung 8: Reallabore zur Chancen- und Risikobewertung einrichten.....	177
5.1.9. Empfehlung 9: Öffentlichkeit mittels faktenbasierter, konsistenter und nachvollziehbarer Information zu NET in die Gestaltung der Technologieentwicklung miteinbeziehen .....	178
5.2. Waldmanagement und Holzverwendung .....	179
5.2.1. Empfehlung 1: Den letzten Schritt der kaskadenartigen Nutzung von Schweizer Holz regeln.....	180
5.2.2. Empfehlung 2: Ökobilanz zur Kaskadennutzung von Holz erarbeiten .....	181
5.2.3. Empfehlung 3: Biomassestrategie für die Schweiz erarbeiten.....	182
5.2.4. Empfehlung 4: Kostenanalyse Waldmanagement und Holzverwendung konkretisieren .....	183
5.2.5. Empfehlung 5: NET-Accounting Waldmanagement und Holzverwendung regeln.....	184
5.3. Bodenmanagement und Pflanzenkohle .....	185
5.3.1. Empfehlung 1: Ein geeignetes Monitoring für Bodenmanagement schaffen.....	185
5.3.2. Empfehlung 2: Landwirte und Landwirtinnen zu NET-Bodenmanagementmassnahmen und Carbon Farming schulen.....	187
5.3.3. Empfehlung 3: Die Senkenleistung von Pflanzenkohle über einen Grundbucheintrag diskutieren .....	188
5.3.4. Empfehlung 4: Die Langzeitauswirkungen von Pflanzenkohle erforschen und deren Mengen- und Materialeinsatz diskutieren .....	188
5.3.5. Empfehlung 5: Verwertungspfade von Pflanzenkohle erforschen und regeln .....	190
5.4. Bioenergienutzung mit CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -Speicherung (BECCS).....	191
5.4.1. Empfehlung 1: Bedürfnisse bezüglich CO <sub>2</sub> -Transport und -Speicherung ernst nehmen.....	191
5.4.2. Empfehlung 2: Die Nutzung von Anbaubiomasse, insbesondere aus grossen Entfernnungen, unterbinden .....	192
5.4.3. Empfehlung 3: Keine ausschliesslichen BECCS-Anlagen fördern.....	193

5.4.4. Empfehlung 4: Für die CO <sub>2</sub> -Entnahme mittels BECCS sollen Anreize geschaffen werden.....	193
5.4.5. Empfehlung 5: Nutzung des CO <sub>2</sub> aus BECCS-Anlagen bei der beschleunigten Carbonatisierung von Beton fördern .....	194
5.4.6. Empfehlung 6: Planung von CO <sub>2</sub> -Speicherstätten und -Pipelines vorantreiben .....	194
5.5. Direkte CO <sub>2</sub> -Abscheidung aus der Luft und -Speicherung (DACCs) ...	195
5.5.1. Empfehlung 1: Technologieentwicklung und -demonstration im Inland, grossflächige Implementierung an geeigneteren Standorten im Ausland fördern .....	196
5.5.2. Empfehlung 2: International einheitliche Reporting- und Qualitätsstandards etablieren .....	197
5.5.3. Empfehlung 3: International einheitliche Anrechnungsmethoden etablieren.....	198
5.6. Carbonatisierung .....	199
5.6.1. Empfehlung 1: Der Bund soll eine zum Pariser Abkommen konforme Anrechnungsmethode für diese NET festlegen und deren internationale Harmonisierung vorantreiben .....	199
5.6.2. Empfehlung 2: Der Bund soll die Anrechenbarkeit für NE-Beiträge der Carbonatisierung von Abbruchbeton in Einklang mit den MRV-Richtlinien des Übereinkommens von Paris (Artikel 6) regeln .....	200
5.6.3. Empfehlung 3: Der Bund soll das langfristig realisierbare NE-Potenzial der Carbonatisierung von Abbruchbeton konkret ermitteln	201
5.6.4. Empfehlung 4: Die Bauwirtschaft (Abbruchunternehmen, Betonverarbeitung) soll eine planerische Integration der NET in die Logistik der Bauwirtschaft anstreben .....	202
5.6.5. Empfehlung 5: Normen zur Qualitätsbestimmung und -sicherung von Beton mit carbonatisierten Zuschlagstoffen entwickeln, um die Marktakzeptanz und Wettbewerbsfähigkeit dieser CCU-Baustoffe in einer Kreislaufwirtschaft zu verbessern.....	203
5.6.6. Empfehlung 6: Ausbringung von zerkleinertem Abbruchbeton in der Landschaft (zum Zwecke der natürlichen Verwitterung) soll nicht als NE-Option betrachtet werden .....	203

---

## **10 Chancen und Risiken von Methoden zur Entnahme und Speicherung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre**

---

5.6.7. Empfehlung 7: Natürliche Silicatgesteine in der Schweiz sollten nicht als Rohstoff für die beschleunigte Verwitterung verwendet werden.....	204
5.7. Übersicht und Fazit .....	205
<b>6. Schlussfolgerungen und Ausblick .....</b>	<b>209</b>
<b>7. Anhang .....</b>	<b>211</b>
<b>Literatur.....</b>	<b>215</b>
<b>Autorinnen und Autoren .....</b>	<b>235</b>
<b>Begleitgruppe .....</b>	<b>236</b>
<b>TA-SWISS .....</b>	<b>236</b>