

Inhaltsverzeichnis

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

1.	Einleitung	51
1.1.	Ausgangslage.....	51
1.2.	Methodisches Vorgehen.....	52
1.3.	Zielsetzung und Inhalt	53
2.	Vorgehen und Methodik.....	55
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
3.	Negativemissionstechnologien	73
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 ₂ -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 ₂ -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
4.	Meinungsvielfalt und Wirkungskategorien	127
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 ₂ -Abscheidung und -Speicherung (BECCS)	137
4.1.4.	Direkte CO ₂ -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 ₂ -Abscheidung und -Speicherung (BECCS)	152
4.2.4. Direkte CO ₂ -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 ₂ -Abscheidung und -Speicherung (BECCS)	159
4.3.5. Direkte CO ₂ -Abscheidung aus der Luft und -Speicherung (DACCS)	160
4.3.6. Carbonatisierung	160
4.4. Schlussfolgerungen des qualitativen Methodenteils	161
5. Empfehlungen	165
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 ₂ -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 ₂ -Abscheidung und -Speicherung (BECCS).....	191
5.4.1.	Empfehlung 1: Bedürfnisse bezüglich CO ₂ -Transport und -Speicherung ernst nehmen	191
5.4.2.	Empfehlung 2: Die Nutzung von Anbaubiomasse, insbesondere aus grossen Entfernungen, unterbinden	192
5.4.3.	Empfehlung 3: Keine ausschliesslichen BECCS-Anlagen fördern.....	193

5.4.4.	Empfehlung 4: Für die CO ₂ -Entnahme mittels BECCS sollen Anreize geschaffen werden.....	193
5.4.5.	Empfehlung 5: Nutzung des CO ₂ aus BECCS-Anlagen bei der beschleunigten Carbonatisierung von Beton fördern	194
5.4.6.	Empfehlung 6: Planung von CO ₂ -Speicherstätten und -Pipelines vorantreiben	194
5.5.	Direkte CO ₂ -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

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 Fazit205

6. Schlussfolgerungen und Ausblick209

7. Anhang211

Literatur215

Autorinnen und Autoren235

Begleitgruppe236

TA-SWISS236