



**University of
Zurich**^{UZH}

Entwicklungen und Perspektiven im marktbasierten Klimaschutz

GEO 511 Master's Thesis

Author

David Steinmetz

17-705-732

Supervised by

Dr. Manuel Wirth

Faculty representative

Prof. Dr. Christian Berndt

18.08.2022

Department of Geography, University of Zurich



**Universität
Zürich**^{UZH}

Entwicklungen und Perspektiven im marktbasierten Klimaschutz

Eine Analyse der Funktionsweisen, Herausforderungen und Perspektiven der CO₂-
Kompensation mit Fokus auf das Potential der Blockchain-Technologie zur
Verbesserung der aktuellen Praktiken

GEO 511 Masterarbeit

Eingereicht durch

David Steinmetz

17-705-732

Betreut durch

Dr. Manuel Wirth

Fakultätsvertretung

Prof. Dr. Christian Berndt

Abgabe am 18.08.2022

Geographisches Institut

Universität Zürich

Danksagung

Gerne möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich bei dieser Masterarbeit unterstützt haben.

Zuerst gebührt mein Dank Dr. Manuel Wirth für die wohlwollende Betreuung dieser Arbeit. Mit grossem Interesse und fachlicher Expertise hat er mich bei meiner Arbeit begleitet und darin bestärkt, dieses spannende Thema zu untersuchen. Zudem wurde ich mit hilfreichen Anregungen und konstruktiver Kritik verlässlich unterstützt.

Herzlichen Dank auch an die Teilnehmer*innen des wirtschaftsgeographischen Forschungskolloquiums im Herbstsemester 2021 für die wertvollen Anmerkungen und Rückmeldungen zum Konzept dieser Arbeit.

Ein besonderer Dank gilt den Interviewpartner*innen, die mir einzigartige Einblicke in den marktbasieren Klimaschutz und die Blockchain-Technologie gewährten und damit einen essenziellen Beitrag zu dieser Forschungsarbeit leisteten.

Für das Gegenlesen meiner Arbeit bin ich ausserdem meinem Vater, meiner Freundin und meinen Freunden sehr dankbar.

Zusammenfassung

Der Klimawandel ist das vielleicht drängendste Problem des 21. Jahrhunderts. Um langfristig die beim Pariser Klimaabkommen und in der Agenda 2030 beschlossenen Klimaziele zu erreichen, ist man zusätzlich zu staatlichen Klimaschutzmassnahmen auch auf den marktbasieren Klimaschutz angewiesen. Die CO₂-Kompensation als Instrument des marktbasieren Klimaschutzes soll dabei helfen, den Klimawandel so effizient wie möglich abzuschwächen. Dafür werden Klimaschutzprojekte finanziert, welche dauerhaft CO₂ aus der Atmosphäre binden oder den zukünftigen Ausstoss von CO₂ verhindern. Um die aktuellen Praktiken in der CO₂-Kompensation zu verbessern, soll laut einigen Expert*innen die polarisierende und innovative Blockchain-Technologie genutzt werden. Man verspricht sich von dieser dezentral organisierten Datenbank-Technologie eine Erhöhung der Effizienz, der Sicherheit, der Nachverfolgbarkeit und der Transparenz. Das Ziel dieser Forschungsarbeit ist einerseits, die Funktionsweisen, Herausforderungen und Perspektiven der CO₂-Kompensation zu untersuchen und andererseits, das Potential der Blockchain-Technologie im marktbasieren Klimaschutz abzuschätzen. Zudem analysiert diese Arbeit die Aufgaben und das Zusammenspiel der unterschiedlichen Akteur*innen in der CO₂-Kompensation, erfasst den Einfluss von marktbasieren Ansätzen im Klimaschutz und zeigt auf, in welchen Bereichen die Blockchain-Technologie angewandt werden könnte. Diese Arbeit beschäftigt sich aber auch kritisch mit dem marktbasieren Klimaschutz und der damit einhergehenden Kommodifizierung sowie Finanzialisierung der Natur, der Verlagerung der Probleme in den globalen Süden, der neoliberalen Tendenzen und der kontroversen Auswirkungen auf den effektiven Klimaschutz. In Bezug auf die Blockchain-Technologie werden neben dem Potential auch die Limitationen und Herausforderungen der Technologie diskutiert. Für die Datenerhebung wurden aufbauend auf der Literaturrecherche zwölf teilstrukturierte Leitfadenterviews mit Expert*innen aus dem Bereich der CO₂-Kompensation mit Expertise zur Blockchain-Technologie durchgeführt. Analysiert wurden die Interviews mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse in der Analysesoftware MAXQDA.

Bei der Datenanalyse hat sich gezeigt, dass der Marktmechanismus die Effizienz im Klimaschutz zu steigern vermag. Damit er aber wirksam genutzt werden kann, ist er auf die Rahmenbedingungen der Politik, insbesondere in Bezug auf das Pariser Klimaabkommen, angewiesen. Die Expert*innen haben in den Interviews darauf hingewiesen, dass in Zukunft alle Akteur*innen in den Klimaschutz miteinbezogen werden sollen und es eine massive Ausweitung der Klimaschutzmassnahmen benötigt, um die Klimaziele zu erreichen. Aus den Interviews wurde ersichtlich, dass im Bereich der CO₂-Kompensation ein komplexes Umfeld von Akteur*innen vorhanden ist, wobei diese voneinander abhängig sind, um eine hohe Integrität und Wirksamkeit zu gewährleisten. Während die in der Schweiz tätigen Unternehmen im Bereich der CO₂-Kompensation zwar Interesse an der Blockchain-Technologie zeigen, sind sie nichtsdestotrotz vorsichtig und warten mit einer Implementierung grösstenteils ab, bis weitere rechtliche und technische Fragen geklärt sind. Das grösste Potential für mögliche Blockchain-basierte Anwendungen in der CO₂-

Kompensation findet sich in den Bereichen «Architektur zur Umsetzung des Pariser Klimaabkommens», «tokenisierte CO₂-Kredite», «Handelsplattform für den freiwilligen Markt», sowie in der «Verbesserung von Überwachungsprozessen in Klimaschutzprojekten». In diesen Bereichen könnte die Blockchain-Technologie disruptive Prozesse starten und bestehende Praktiken nachhaltig verändern.

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG	I
ZUSAMMENFASSUNG	II
INHALTSVERZEICHNIS	IV
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VII
TABELLENVERZEICHNIS	VII
1 EINLEITUNG	1
1.1 KONTEXT	1
1.2 FORSCHUNGSVORHABEN	2
1.3 STRUKTUR	3
2 FORSCHUNGSSTAND	4
2.1 CO₂-KOMPENSATION	4
2.1.1 HINTERGRÜNDE	4
2.1.2 VERORTUNG IM KLIMASCHUTZ	5
2.1.3 INTEGRITÄT UND WIRKSAMKEIT	7
2.2 INTERNATIONALE KOHLENSTOFFMÄRKTE	9
2.2.1 VERPFLICHTUNGSMARKT	9
2.2.2 FREIWILLIGER MARKT	10
2.3 DAS PARISER KLIMAABKOMMEN	12
2.3.1 GRUNDLAGEN	12
2.3.2 MARKTMECHANISMEN IM PA	13
2.3.3 UMSETZUNG IM VCM	14
2.4 KRITIK AM MARKTMECHANISMUS	15
2.5 BLOCKCHAIN	16
2.5.1 DEFINITION UND FUNKTIONSWEISE	17
2.5.2 TOKENISIERUNG	18
2.5.3 SMART CONTRACTS	18
2.5.4 TRANSPARENZ	19
2.5.5 DEZENTRALISIERUNG	19
2.5.6 LIMITATIONEN	20
2.6 FORSCHUNGSFRAGE	23
3 KONTEXT SCHWEIZ	25
3.1 AKTUELLE AUSGANGSLAGE	25
3.2 SCHWEIZER KLIMAPOLITIK	26
3.3 SCHWEIZER EMISSIONSHANDELSSYSTEM	26

3.4	KOMPENSATIONSPFLICHT FÜR TREIBSTOFFIMPORTEUR*INNEN	27
3.5	PRIVATE AKTEUR*INNEN	28
3.6	CO₂-KOMPENSATION IN DER PRAXIS	29
4	THEORETISCHER ZUGANG	31
4.1	WIRTSCHAFTSGEOGRAFISCHE THEORIEN	31
4.2	BEZUG ZUM MARKTBASIERTEN KLIMASCHUTZ	33
5	METHODIK	36
5.1	DATENERHEBUNG	36
5.1.1	LITERATURRECHERCHE	36
5.1.2	EXPERTENINTERVIEWS	37
5.2	DATENANALYSE	39
6	ERGEBNISSE	42
6.1	FACETTEN DES KLIMASCHUTZES	42
6.1.1	STAATLICHE BEMÜHUNGEN UND MARKTWIRTSCHAFTLICHE EINFLÜSSE	42
6.1.2	BEITRAG DER PRIVATEN AKTEUR*INNEN	44
6.1.3	ROLLE DER KOMPENSATIONSORGANISATIONEN UND BERATUNGSUNTERNEHMEN	46
6.1.4	BEDEUTUNG DER STANDARDS	48
6.1.5	CO ₂ -KOMPENSATION IM INLAND VS. IM AUSLAND	49
6.1.6	UMSETZUNG DES PA	50
6.1.7	ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG	51
6.2	BLOCKCHAIN IM MARKTBASIERTEN KLIMASCHUTZ	54
6.2.1	ADOPTION, POTENTIAL UND LIMITATIONEN	54
6.2.2	BLOCKCHAIN-ARCHITEKTUR ZU UMSETZUNG DES PA	55
6.2.3	TOKENISIERTE CO ₂ -KREDITE	58
6.2.4	HANDELSPLATTFORM FÜR DEN VCM	60
6.2.5	VERBESSERTE MRV-PROZESSE	62
7	DISKUSSION	66
7.1	BEANTWORTUNG DER FORSCHUNGSFRAGE	66
7.2	THEORETISCHE VERORTUNG DER ARBEIT	71
7.3	VORSCHLÄGE FÜR WEITERGEHENDE FORSCHUNG	72
7.4	EMPFEHLUNGEN	73
7.5	LIMITATIONEN DER ARBEIT	75
7.6	FAZIT	76
8	LITERATURVERZEICHNIS	78
9	ANHANG	I
9.1	INTERVIEWLEITFADEN	I
9.2	CODE-MATRIX	IV
	PERSÖNLICHE ERKLÄRUNG	V

Abkürzungsverzeichnis

5G	Internet der fünften Generation
BAFU	Bundesamt für Umwelt
CCM	Compliance Carbon Market
CDM	Clean Development Mechanismus
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CSR	Corporate Social Responsibility
DLT	Distributed Ledger Technology
EHS	Emissionshandelssystem
EU	Europäische Union
EU-EHS	Europäisches Emissionshandelssystem
IoT	Internet of Things
ITMO	Internationally Transferred Mitigation Outcome
IWF	Internationaler Währungsfonds
KI	Künstliche Intelligenz
MRV	Monitoring Reporting Verification
NDC	Nationally Determined Contribution
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
PA	Paris Agreement
SDG	Sustainable Development Goal
t CO _{2e}	Tonnen CO ₂ -Äquivalent
THG	Treibhausgas
UN	United Nations
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VCM	Voluntary Carbon Market
WEF	World Economic Forum
WTO	World Trade Organization

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Globale THG-Emissionen aufgeteilt nach Sektor (Owid 2021: übersetzt von Dümmler & Rühli 2021: 29).....	4
Abbildung 2: Projizierte Klimaszenarien je nach THG-Emissionen und Klimaschutzmassnahmen (Dümmler & Rühli 2021: 35 basierend auf Daten von CAT 2020). ..	6
Abbildung 3: Aspekte für integrale und wirksame Klimaschutzprojekte, eigene Darstellung.	8
Abbildung 4: Gehandelte Menge CO ₂ e (Mt) für die wichtigsten Sektoren im globalen VCM im Jahr 2018, gemäss Daten von (Donofrio et al. 2019: 6), eigene Darstellung.....	12
Abbildung 5: Möglicher Projektzyklus eines Klimaschutzprojektes in der Schweiz (basierend auf Informationen aus BAFU 2021), eigene Darstellung.....	30
Abbildung 6: Preisentwicklung der Kosten für Emissionsrechte im Wert von 1 t CO ₂ e im EU-EHS (Trading economics 2022).....	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über Artikel 6 des PA mit Aussagen der wichtigen Artikel, eigene Darstellung gemäss Informationen aus (CTCN 2022 & Paris agreement 2015: 2-3).....	13
Tabelle 2: Übersicht über die Unterschiede zwischen Zertifikaten aus Auslandsreduktionen und NDC support units, eigene Darstellung.....	15
Tabelle 3: Übersicht über einige der wichtigsten Schweizer Unternehmen im Bereich der CO ₂ -Kompensation, eigene Darstellung.....	29
Tabelle 4: Informationen zu den Interviews, eigene Darstellung.....	39

1 Einleitung

1.1 Kontext

In den letzten Jahren ist das Bewusstsein für die Bedrohung durch den Klimawandel stark gestiegen, und eine Sensibilisierung für die Notwendigkeit des Klimaschutzes hat stattgefunden. Städte haben den Klimanotstand ausgerufen, Menschen demonstrieren für mehr Klimaschutz, sensible Ökosysteme stehen vor dem Kollaps und die ersten Klimaflüchtlinge suchen ein neues Zuhause. Aufgrund der Dringlichkeit für mehr Klimaschutz hat die Weltgemeinschaft am Weltklimagipfel 2015 das Pariser Klimaabkommen (PA) ratifiziert und sich im globalen Konsens zur «Begrenzung der Erderwärmung auf deutlich unter 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau» geeinigt (Paris agreement 2015: Artikel 2). Zusammen mit dem nachhaltigen Entwicklungsziel Nummer 13: «Massnahmen zum Klimaschutz» (SDG 13) der Vereinten Nationen (UN), welches die Abschwächung des Klimawandels und seiner Auswirkungen anstrebt, sind damit die Ecksteine für eine klimafreundliche Entwicklung in den kommenden Jahren gesetzt.

Es wird geschätzt, dass bis zum Jahr 2030 jährliche Investitionen von 6,9 Billionen US-Dollar nötig sind, um rasch wirkende und praktikable Klimaschutzmassnahmen umzusetzen (OECD 2017: 28). Ein Teil dieser finanziellen Mittel kommt von der CO₂-Kompensation als Instrument des marktbasierten Klimaschutzes. Mithilfe von Marktmechanismen sollen die CO₂-Kompensation, die Umsetzung von Klimaschutzprojekten und damit die Abschwächung des Klimawandels global zu den geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Kosten erreicht werden (Paul & Schellenberger 2015: 64). Der Kompensationsmechanismus findet sich im Verpflichtungsmarkt (CCM), im freiwilligen Markt (VCM) und neu auch unter dem PA. In der Schweiz gibt es unterschiedliche Anwendungen des marktbasierten Klimaschutzes, welche ihren Teil zum Erreichen der nationalen Klimaziele, des SDG 13 und der Klimaziele des PA beitragen sollen.

Obwohl der marktbasierte Klimaschutz ein interessantes Instrument darstellt, wird er aufgrund der damit einhergehenden Kommodifizierung und Finanzialisierung der Natur, der Verlagerung von Problemen in den globalen Süden, der neoliberalen Tendenzen und der kontroversen Auswirkungen auf den effektiven Klimaschutz kritisiert. Da der Klimawandel zu einem grossen Teil durch kapitalistische Produktions- und Ausbeutungspraktiken ausgelöst wurde, ist es unklar, ob er durch ähnlich funktionierende Marktmechanismen abgeschwächt werden kann. Offensichtlich ist hingegen, dass es für eine sofortige und nachhaltige Dekarbonisierung nicht nur an finanziellen Mitteln, sondern auch an Veränderungen der vorherrschenden sozialen, politischen sowie wirtschaftlichen Praktiken und Denkweisen mangelt (Bigger & Carton 2020: 650).

Aufgrund des steigenden Bewusstseins für den Klimawandel, der vorhandenen Kritikpunkte am marktbasierten Klimaschutz, der Implementierung des PA und der zunehmenden Digitalisierung könnten in den kommenden Jahren technologische Innovationen wie die

Blockchain-Technologie für Veränderungen im Klimaschutz sorgen. Bereits heute werden Anwendungen der Blockchain-Technologie unter anderem zur Effizienzsteigerung in der Entwicklungshilfe, zur verbesserten Nachverfolgbarkeit von Lieferketten, beim Aufbau einer resilienten dezentralen Energieversorgung, für eine transparentere Regierungsführung und für digitale «Patientendossiers» getestet (Casino et al. 2019). Inwiefern sich die Blockchain-Technologie aufgrund ihrer Eigenschaften zur Dekarbonisierung der Wirtschaft und zum Umsetzen des PA und der Netto-Null-Ziele eignet, muss sich noch zeigen. Während die Befürworter*innen behaupten, dass die Blockchain-Technologie Lösungen für die grössten Probleme der Kohlenstoffmärkte wie mangelnde Transparenz, fehlendes Vertrauen, hohe Transaktionskosten und nicht-verifizierbare Wirksamkeit bereithält (Born 2018: 11; Hammer & Vorbach 2010), warnen die Kritiker*innen vor einer Implementierung aufgrund der zahlreichen Limitationen.

Sowohl beim marktbasieren Klimaschutz als auch bei der Blockchain-Technologie handelt es sich um sehr komplexe, aber auch polarisierende Themen, welche uns auch in Zukunft beschäftigen werden. Gerade die Schweiz, welche bei der Implementierung des PA und bei der Regulierung der Blockchain-Technologie im internationalen Vergleich fortschrittlich ist, bietet sich als Standort für empirische Forschung an der Schnittstelle zwischen dem marktbasieren Klimaschutz und der Blockchain-Technologie an.

1.2 Forschungsvorhaben

Vor diesem Hintergrund diskutiert diese Forschungsarbeit, welchen Einfluss staatliche Regulierungen und marktwirtschaftliche Ansätze auf den Klimaschutz ausüben. Dafür werden die Rollen der verschiedenen Akteur*innen in der CO₂-Kompensation untersucht und die Funktionsweisen, Herausforderungen und Perspektiven der CO₂-Kompensation analysiert. In Bezug auf die Blockchain-Technologie werden die subjektiven Sichtweisen der Akteur*innen im Feld vorgestellt und der Stand der Implementierung, das Potential und die Limitationen besprochen. Zudem wird geklärt, in welchen Bereichen der CO₂-Kompensation die Blockchain-Technologie das grösste Potential hat, bestehende Praktiken zu verbessern. Die aktuellen Entwicklungen sollen in diesem Forschungsvorhaben erfasst, eingeordnet und in einem grösseren Kontext analysiert werden. Während der geografische Fokus auf der Schweiz liegt, sollen auch globale Dynamiken und Entwicklungen, vor allem im Hinblick auf das PA und auf Klimaschutzprojekte im Ausland, miteinbezogen werden. Diese Arbeit will dabei weder den Technologie-Hype reproduzieren noch technologische Innovationen voreingenommen kritisieren. Der präzisierter Forschungsgegenstand soll mithilfe der detaillierten Literaturrecherche und vor allem mit der qualitativen Methode der «Experteninterviews» mit einem teilstrukturierten Leitfaden beantwortet werden. Die Zielgruppe für die Interviews bieten Expert*innen aus dem marktbasieren Klimaschutz mit Expertise zur Blockchain-Technologie. Als Auswertungsstrategie für die Interviews dient die qualitative Inhaltsanalyse.

1.3 Struktur

Nach einer allgemeinen Einführung in die Arbeit (Kapitel 1) soll in Kapitel 2 der Forschungsstand beleuchtet werden. Dabei wird in Kapitel 2.1 die Funktionsweise der CO₂-Kompensation erklärt und ihre Rolle und ihr Potential im allgemeinen Klimaschutz diskutiert. Daraufhin werden in Kapitel 2.2 die Hintergründe und die Geschichte der internationalen Kohlenstoffmärkte erforscht. In Kapitel 2.3 wird das PA vorgestellt und seine tiefgreifenden Auswirkungen auf die Praktiken im Klimaschutz sowie seine schwierige Umsetzung im VCM werden besprochen. Eine kritische Analyse des Marktmechanismus, welcher bei der CO₂-Kompensation tief verankert ist, findet sich in Kapitel 2.4, während sich Kapitel 2.5 mit den spannendsten Eigenschaften, ersten Anwendungsbeispielen, aber auch mit den Limitationen der Blockchain-Technologie beschäftigt. In Kapitel 2.6 wird auf das Forschungsvorhaben in Bezug auf den Forschungsstand und auf die Forschungsfrage eingegangen. Das Kapitel 3 beschäftigt sich mit dem schweizerischen Kontext. Dabei wird die aktuelle Ausgangslage, die Klimapolitik und der Emissionshandel in der Schweiz beschrieben und es werden die wichtigsten Akteur*innen im marktbasieren Klimaschutz vorgestellt. Kapitel 4 liefert den theoretischen Zugang zur Forschungsarbeit und ordnet den marktbasieren Klimaschutz in die wirtschaftsgeografischen Theorien der Vermarktlichung, der Kommodifizierung, der Finanzialisierung und des Neoliberalismus ein. In Kapitel 5 wird das methodische Vorgehen behandelt, indem auf die beiden Datenerhebungsmethoden «Literaturrecherche» und «Experteninterviews» eingegangen und die Datenauswertung beschrieben wird. Im Anschluss finden sich in Kapitel 6 die Ergebnisse der Arbeit. Schliesslich werden in Kapitel 7 die Ergebnisse in Bezug auf die Forschungsfrage und die Unterfragen diskutiert und die Arbeit wird theoretisch verortet. Weiter sind in Kapitel 7 Vorschläge für weitergehende Forschung, Empfehlungen, Limitationen der Arbeit, sowie das Fazit zu finden.

2 Forschungsstand

2.1 CO₂-Kompensation

2.1.1 Hintergründe

Neben weiteren Treibhausgasen (THG) wie Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und synthetischen THG wird der Klimawandel zu ungefähr 75% durch den Ausstoss von Kohlenstoffdioxid (CO₂) angetrieben (Dümmler & Rühli 2021: 20). In der Atmosphäre absorbieren THG einen Teil der von der Erdoberfläche abgegebenen, langwelligen Wärmestrahlung, die ansonsten ins Weltall entweichen würde. Damit erwärmen sie das Klima zusätzlich zur direkten Sonneneinstrahlung, was als Treibhauseffekt bezeichnet wird (Dümmler & Rühli 2021: 20). Abbildung 1 kann entnommen werden, dass die grössten CO₂-Emissionen aus den Sektoren Industrie, Transport, Gebäude, Landwirtschaft und Landnutzungsänderungen stammen (Dümmler & Rühli 2021: 29). Es wird versucht, diese verbrauchs- oder produktionsbedingten CO₂-Emissionen unter anderem mithilfe der CO₂-Kompensation zu neutralisieren (Infras & Perspectives climate group 2020: 7). Dafür muss durch Klimaschutzmassnahmen eine zur ausgestossenen Menge äquivalente Menge CO₂ gebunden oder der künftige Ausstoss dieser Menge CO₂ verhindert werden (Chiapello & Engels 2021; Blasch 2014: 1).

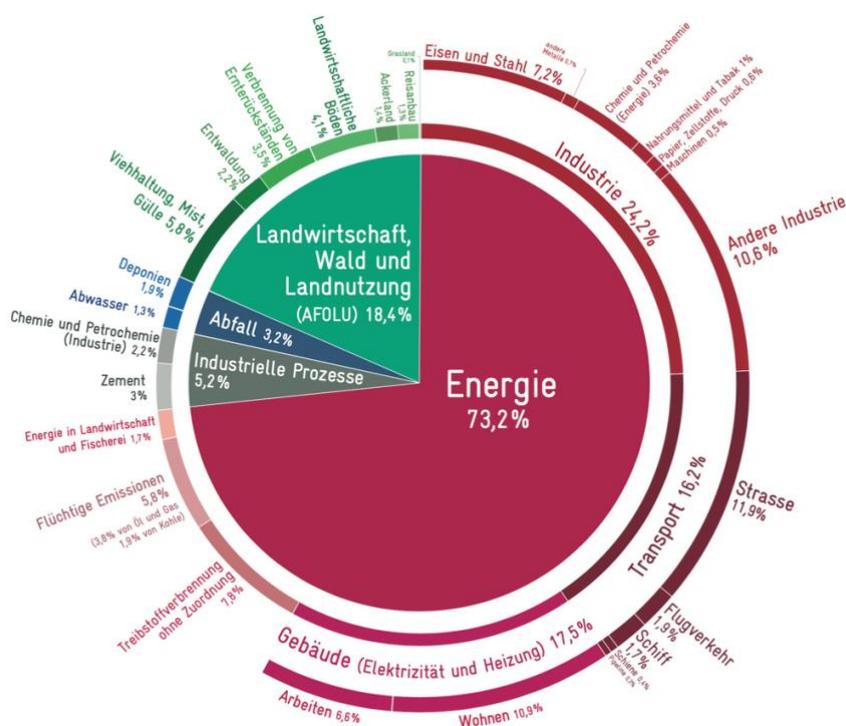


Abbildung 1: Globale THG-Emissionen aufgeteilt nach Sektor (Owid 2021: übersetzt von Dümmler & Rühli 2021: 29).

Bei der CO₂-Kompensation werden Klimaschutzprojekte finanziert, welche den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre senken und damit eine Verstärkung des Treibhauseffektes verhindern. Als Klimaschutzprojekte bezeichnet man alle Massnahmen, die eine Nettoemissionsreduktion

verursachen. Man unterscheidet dabei zwischen Massnahmen, welche dauerhaft CO₂ aus der Atmosphäre binden, und solchen, die den zukünftigen CO₂-Ausstoss verhindern (Infras & Perspectives climate group 2020; BAFU 2021). Zu Letzteren gehören Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz oder zur Umstellung auf erneuerbare Energien. Zudem wird zwischen naturbasierten und technischen Massnahmen differenziert. Naturbasierte Massnahmen bauen gezielt Biomasse zur Kohlenstoffspeicherung auf oder schützen gesunde Ökosysteme vor der Zerstörung. Bei technischen Massnahmen werden emissionsreiche durch klimaschonende Praktiken ersetzt, wie zum Beispiel bei der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energieträger. Als technische Massnahmen gelten auch Filterlösungen, welche CO₂ direkt aus der Luft extrahieren (Von Avenarius et al. 2018: 1; Blasch & Farsi 2012: 3). Da der Klimawandel ein nicht-lokalisiertes Problem darstellt und sich THG weltweit gleichmässig in der Atmosphäre verteilen, ist es rein für die Abschwächung des Klimawandels unerheblich, wo der Klimaschutz erfolgt (Blasch 2014: 1; Kollmuss et al. 2008).

In diesem Kontext ist das Prinzip der ökonomischen Effizienz wichtig. Es bezeichnet die Tatsache, dass die Grenzkosten für die CO₂-Vermeidung oder CO₂-Bindung an manchen Orten wesentlich tiefer sind als an anderen. Im globalen Norden sind die Grenzkosten aufgrund der hohen Energieeffizienz und der weiten Verbreitung sauberer Technologien sehr hoch. Im globalen Süden hingegen sind die Grenzkosten niedrig und es gibt sowohl grosse Effizienzsteigerungspotentiale, als auch günstige Klimaschutzprojekte (Infras & Perspectives climate group 2020: 61). Daher ist es wirtschaftlich am kosteneffizientesten, die CO₂-Kompensation dort durchzuführen, wo Klimaschutzmassnahmen am günstigsten umgesetzt werden können (Hermwille & Kreibich 2016: 4).

2.1.2 Verortung im Klimaschutz

Zentral beim Klimaschutz ist die Abschwächung des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre, dessen Auswirkungen auf das Klima für die Menschheit zunehmend gefährlich werden. Die 194 Vertragsparteien der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) haben daher beim PA nationale Versprechen gegeben, den weltweiten Temperaturanstieg auf «deutlich unter einer 2°C Erwärmung gegenüber dem vorindustriellen Niveau» begrenzen zu wollen (Hermwille & Kreibich 2016: 5). Zudem soll ab dem Jahr 2050 die THG-Neutralität erreicht werden, indem weniger anthropogene Emissionen in die Atmosphäre gelangen als durch Klimaschutzmassnahmen gleichzeitig aufgenommen werden können (Hermwille & Kreibich 2016: 9). Zur Erreichung dieser Ziele können verschiedene Instrumente wie umfangreiche Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz, regulatorische Vorschriften, Anreize zur Dekarbonisierung der Wirtschaft, sowie CO₂-Kompensationen genutzt werden (World Bank 2018: 4). Aus Abbildung 2 (Versprechen und Ziele) wird aber ersichtlich, dass die bisher getroffenen Massnahmen und gemachten Versprechen bei weitem nicht die benötigten Erfolge erzielen werden. Damit die ambitionierten Klimaziele (Abbildung 2: Konsistent mit 2°C-Ziel) dennoch erreicht werden könnten, müssten die CO₂-Emissionen zwischen 2010 und 2030 um 45% reduziert und bis 2050 auf Netto-Null gesenkt werden (Dorfleitner et al. 2021: 3).

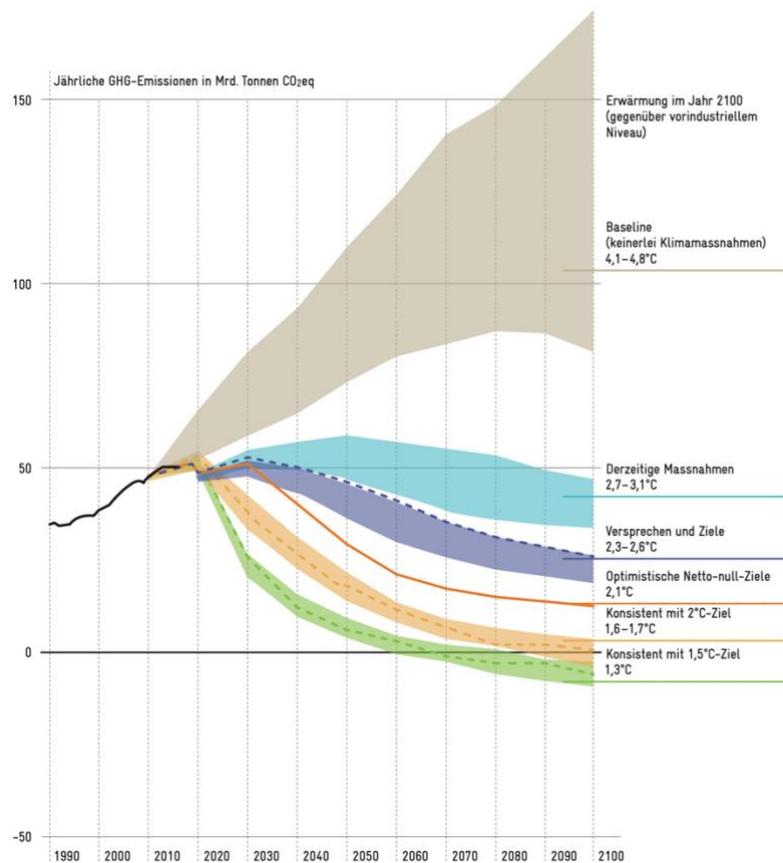


Abbildung 2: Projizierte Klimaszenarien je nach THG-Emissionen und Klimaschutzmassnahmen (Dümmler & Rühli 2021: 35 basierend auf Daten von CAT 2020).

Die derzeitigen Massnahmen (Abbildung 2: Derzeitige Massnahmen) sind unter anderem deshalb wenig erfolgsversprechend, weil Regierungen oft nicht in der Lage sind, Verbote für das Emittieren von CO₂ zu erlassen. Damit hinterlassen sie eine regulatorische Lücke bei der Abschwächung des Klimawandels (Collard et al. 2016: 474). Daher ist es wichtig, dass auch privaten Akteur*innen eine Möglichkeit geboten wird, ihre steigenden Klimaambitionen und selbstaufgelegten Emissionsreduktionsziele in die Tat umzusetzen (Hermwille & Kreibich 2016: 5; Hammer & Vorbach 2010: 71). Unternehmen, Organisationen, öffentliche Institutionen und Privatpersonen können durch Verhaltensänderungen, technischen Anpassungen und Investitionen in kohlenstoffarme Technologien Verantwortung übernehmen und ihren CO₂-Ausstoss reduzieren (Wolters et al. 2018: 1-4). Zudem können sie ihre nicht-vermeidbaren Restemissionen durch den Kauf von CO₂-Krediten¹ aus Klimaschutzprojekten kompensieren und damit ihren eigenen CO₂-Fussabdruck senken (Schletz et al. 2020: 1 & Von Avenarius et al. 2018: 1). Damit unterstützen private Akteur*innen die staatlichen Anstrengungen dabei, die benötigten finanziellen Ressourcen für den Klimaschutz aufzubringen (Chiapello & Engels 2021: 521).

¹ Der Begriff «CO₂-Kredit» wird in dieser Arbeit als Oberbegriff für handelbare CO₂-Zertifikate oder Emissionsrechte verwendet, welche in Klimaschutzprojekten generiert werden.

2.1.3 Integrität und Wirksamkeit

Das Potential der CO₂-Kompensation wird momentan aufgrund verschiedener Faktoren noch nicht vollständig ausgeschöpft. Zum einen handelt es sich dabei um eine neue Massnahme zur Abschwächung des Klimawandels, welche noch nicht breit eingesetzt wird (Wolters et al. 2018: 2). Zum anderen herrscht ihr gegenüber in der Bevölkerung eine gewisse Skepsis, da sie manchmal als undurchsichtig und ineffizient wahrgenommen wird (Sipthorpe et al. 2022: 2). Im Durchschnitt wird für weniger als 10% der Flugreisen die freiwillige CO₂-Kompensation gezahlt und nur ein kleiner Prozentsatz der Unternehmen kompensiert heute die eigenen CO₂-Emissionen (Blasch & Farsi 2012: 9).

Damit das Potential der CO₂-Kompensation besser ausgeschöpft werden kann, muss sie transparenter und übersichtlicher werden. Dafür sollen Klimaschutzprojekte über die gesamte Laufzeit von unabhängigen Gutachter*innen überwacht werden, welche über die für eine objektive und genaue Bewertung erforderliche technische Expertise und Ausrüstung verfügen (Lohmann 2016 & Strasdas et al. 2010: 15). Damit die Integrität und Wirksamkeit in Klimaschutzprojekten gewährleistet werden können, müssen einige Aspekte beachtet werden. Erstens sollte sich die Quantifizierung der effektiv erreichten Emissionsreduktion streng an wissenschaftliche Richtlinien und Kriterien halten (Wolters et al. 2018: 6). Zweitens ist die robuste Prüfung der Zusätzlichkeit grundlegend wichtig. Dabei wird analysiert, ob eine Klimaschutzmassnahme auch ohne die finanziellen Mittel aus der CO₂-Kompensation implementiert worden wäre (Strasdas et al. 2010: 11). Ist dies nicht der Fall, dürfen daraus keine CO₂-Kredite verkauft werden, da die Massnahme keinen zusätzlichen Klimanutzen mit sich bringt (Gold Standard 2022 & Strasdas et al. 2010: 15). Drittens muss die Doppelzählung verhindert werden, welche das Problem beschreibt, dass ein CO₂-Kredit manchmal für mehrere CO₂-Neutralitätsansprüche gleichzeitig genutzt wird. CO₂-Kredite, welche ihren Nutzen durch eine Stilllegung bereits erfüllt haben, dürfen nicht nochmals weiterverkauft werden. Dies würde zu einem Netto-Anstieg der Emissionen führen und die Integrität der CO₂-Kompensation untergraben (Kreibich & Hermwille 2021: 944). Viertens müssen Leakage-Effekte beachtet werden, welche die Gefahr bezeichnen, dass das Vermeiden von Emissionen an einem Ort zu additionalen Emissionen anderenorts führen kann (Gold Standard 2022).

Neben den Aspekten zum Klimanutzen sind der Nachhaltigkeitsnutzen, die Permanenz und die ökologischen Auswirkungen zu beachten, damit Klimaschutzmassnahmen keine negativen Folgen für Gesellschaft, Klima und Natur nach sich ziehen (Vigil 2018; Infrac & Perspectives climate group 2020: 11; Strasdas et al. 2010: 7). Obwohl oft behauptet wird, dass die CO₂-Kompensation mit einer sozioökonomischen und nachhaltigen Entwicklung kompatibel sei, ist dies in der Realität nicht immer der Fall (Vigil 2018). Bei der Implementierung von Klimaschutzprojekten kommt es immer wieder zur Enteignung und Vertreibung sozioökonomisch gefährdeter Bevölkerungsgruppen (Vigil 2018). Daher ist eine ganzheitliche Betrachtung der Klimaschutzprojekte mit Fokus auf Wirksamkeit sowie auf nachhaltige Entwicklung grundlegend (Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 10). Abbildung 3 fasst die

wichtigsten Aspekte zusammen, die bei der Umsetzung eines Klimaschutzprojekts beachtet werden müssen.



Abbildung 3: Aspekte für integrale und wirksame Klimaschutzprojekte, eigene Darstellung.

Für die Prüfung der Integrität und Wirksamkeit von Klimaschutzprojekten haben sich verschiedene Qualitätsstandards mit unterschiedlichen Qualitätsanforderungen etabliert (Paul & Schellenberger 2015: 67; Wolters et al. 2018: 5). Diese Standards arbeiten mit unabhängigen Zertifizierungsstellen zusammen, welche die Validierung der Projekte und die Verifizierung der CO₂-Kredite übernehmen. Das zentrale Kriterium für den Erfolg eines Standards ist seine Vertrauenswürdigkeit und Glaubwürdigkeit (Hammer & Vorbach 2010: 72). Die Projektdokumentation, die Auflistung der angewandten Qualitätsrichtlinien und die Unsicherheiten in der Quantifizierung der effektiven Emissionsreduktion sollten öffentlich zugänglich gemacht werden (Hammer & Vorbach 2010: 72). Eine Klimaschutzmassnahme wird nur dann finanziell unterstützt, wenn sie als transparent, nachvollziehbar und vertrauenswürdig erachtet wird (Wolters et al. 2018). Eine hohe Projektqualität und Vertrauenswürdigkeit des Standards korreliert meistens mit einem hohen Preis für die CO₂-Kredite, da damit auch bei der Projektentwicklung und -umsetzung höhere Kosten anfallen (Blasch 2014: 4). Die Allianz für Entwicklung und Klima (2020: 14) nennt bei der Preisbildung von CO₂-Krediten die folgenden Einflussfaktoren:

- Mengen, die von einem Projekt abgenommen werden
- Ausstellungsdatum (sog. Vintage)
- Laufzeit von entsprechenden Abnahmeverträgen mit den Projektentwickler*innen
- Projektart und Ort des Projekts
- Projektstandard/vorhandener Zusatzstandard
- Grösse des Projekts
- Zusätzliche Nachhaltigkeitskriterien eines Projekts
- Angebot (teilweise begrenzt bei spezifischer Technologie und Standard) und Nachfrage
- Zukünftige Entwicklungen im verpflichtenden Emissionshandel und weitere Regularien (Bsp. Artikel 6 des PA)

2.2 Internationale Kohlenstoffmärkte

Internationale Kohlenstoffmärkte bieten sowohl emissionsintensiven Unternehmen als auch Organisationen, Institutionen, kleineren Unternehmen und Privatpersonen eine Möglichkeit, ihre CO₂-Emissionen mithilfe der CO₂-Kompensation zu kompensieren. Während energieintensive Unternehmen die CO₂-Kompensation im CCM vornehmen müssen, können private Akteur*innen dafür den VCM nutzen. Die CO₂-Kredite tragen im CCM und im VCM unterschiedliche Bezeichnungen. Während im CCM Emissionsrechte gehandelt werden, kaufen die Akteur*innen im VCM CO₂-Zertifikate (Bigger & Carton 2020: 646). Da es für diese CO₂-Kredite früher keinen Markt gab und sie nicht an der Börse gehandelt werden konnten, entstanden neue ausserbörsliche Kohlenstoffmärkte.

2.2.1 Verpflichtungsmarkt

Im Jahr 1997 haben sich die Vertragsparteien der UNFCCC mit dem Kyoto-Protokoll zu einer Senkung der THG-Emissionen verpflichtet (UNFCCC 1998). Daraufhin wurden die Vertragsparteien in zwei Gruppen eingeteilt. Während sich die Industrieländer (Annex-1-Länder) zu Emissionsreduktionen verpflichteten, mussten Schwellen- und Entwicklungsländer (Annex-2-Länder) keine quantitativen Klimaziele formulieren (Lang et al. 2019: 415). Zum ersten Mal gab es einen rechtsverbindlichen Vertrag, der die Industrieländer und ihre grossen industriellen THG-Emittent*innen in die Pflicht nahm, Emissionsreduktionen durchzuführen (Blasch 2014: 3; Paul & Schellenberger 2015: 64). Den Annex-1-Ländern wurden unterschiedliche wirtschaftspolitische Mechanismen (CDM, Joint Implementation, Emission Trading & Burden Sharing) zur Senkung ihrer Emissionen zur Verfügung gestellt (Lohmann 2016: 485; Dümmler & Rühli 2021: 116).

Es entstand der CCM, wo Emissionsrechte nach dem Cap and Trade-Mechanismus gehandelt werden konnten (Richardson & Xu 2020: 105). Dieser Marktansatz sollte einen Anreiz zur Emissionsreduktion setzen, indem «eine Obergrenze für die Gesamtmenge an verfügbaren Emissionsrechten für eine beschränkte Gruppe von Teilnehmenden festgelegt wurde» (Paul & Schellenberger 2015: 64). Diese Emissionsrechte wurden zu Beginn kostenlos an die emissionsintensivsten industriellen Emittent*innen wie Kraftwerke und Schwerindustrie verteilt, im Verhältnis zu ihren bisherigen Emissionen (Zhao & Chang 2020: 2). Dies verhinderte eine Abwanderung der Unternehmen in Länder mit weniger strikten THG-Regulierungen und eine damit einhergehende Verlagerung der Produktion ins Ausland (Leakage), führte aber zu einer Überallokation kostenloser Emissionsrechte (Chiapello & Engels 2021: 526). Damit subventionierten die Emissionsrechte umweltschädliche Unternehmen und boten nur einen schwachen Anreiz zur Emissionsreduktion (Chiapello & Engels 2021: 526; Green 2017: 486). Aus diesem Grund werden die Emissionsrechte heutzutage nicht mehr kostenlos verteilt, sondern unter den Interessenten versteigert (Dümmler & Rühli 2021: 124). Zudem wird die Zahl der Emissionsrechte mit der Zeit immer weiter gesenkt, damit effektiv Emissionsreduktionen stattfinden (Green 2017: 486).

Als Alternative zur eigenen Emissionsreduktion wurde unter anderem der flexible Clean Development Mechanismus (CDM) ins Leben gerufen. Er ermöglichte es Annex-1-Ländern, einen Anteil der Emissionsreduktionen mit dem Kauf von Emissionsrechten aus Klimaschutzprojekten in Annex-2-Ländern zu erreichen (Lang et al. 2019: 416). Damit konnten die Annex-1-Länder den CDM nutzen, um weiterhin Emissionen zu verursachen, anstatt sie effektiv zu vermeiden. Die Annex-2-Länder haben auch von den Klimaschutzprojekten des CDM profitiert, da sie Emissionsrechte verkaufen konnten, ohne selbst Beiträge zum Klimaschutz leisten zu müssen (Kreibich & Hermwille 2021: 944). Heute weiss man, dass die Annex-2-Länder die meisten von Annex-1-Ländern finanzierten Klimaschutzprojekte auch ohne deren finanzielle Hilfe implementiert hätten. Weltweit wurden unter dem CDM fast 7700 Klimaschutzprojekte implementiert und insgesamt 1,65 Milliarden Tonnen CO₂ eingespart (Hermwille & Kreibich 2016: 8). Annex-2-Länder wie China und Indien konnten sich dabei viel Wissen zu Klimaschutzmassnahmen aneignen und Kapazitäten aufbauen, was ihnen heute bei der Umsetzung ihrer eigenen Klimaziele hilft (Infras & Perspectives climate group 2020: 62; Hermville & Kreibich 2016: 13).

Die Europäische Union (EU) begann 2005 grosse industrielle Emittent*innen zu verpflichten am Europäischen Emissionshandelssystem (EU-EHS) teilzunehmen (Hammer & Vorbach 2010: 71; Paul & Schellenberger 2015: 64). 11'000 Industrieanlagen und Kraftwerke, die für ungefähr 50% der Emissionen der EU verantwortlich sind, werden heute durch das EU-EHS abgedeckt (Richardson & Xu 2020: 105; BAFU 2020: 1). Unternehmen, die ihre Emissionsquote überschreiten, müssen im EU-EHS neue Emissionsrechte nachkaufen oder werden, wenn sie dies nicht tun, von der Behörde mit einer Geldbusse abgestraft (MacKenzie 2012: 55). Je nach Bedürfnis können Emissionsrechte gehandelt werden (Green 2017: 486). Unternehmen, für welche interne Emissionsreduktionen nicht wirtschaftlich sind, kaufen sich zusätzliche Emissionsrechte, während Unternehmen, die kostengünstig grosse Emissionsreduktionen vornehmen können, ihre nicht benötigten Rechte weiterverkaufen (MacKenzie 2012: 56). Damit wird ein Anreiz zur kosteneffizienten Emissionsreduktion geschaffen, welcher es dem EU-EHS ermöglichte, die Emissionen von 2005 bis 2020 um 21% zu reduzieren (European Commission 2016; Richardson & Xu 2020: 105). Trotzdem hatten die verschiedenen Emissionshandelssysteme (EHS) in den Jahren nach der Implementierung mit Strukturproblemen und betrügerischen Praktiken zu kämpfen. Aufgrund mangelnder Regulierung und veralteter IT-Infrastruktur kam es zu Fällen von Marktmanipulation, Betrug und Geldwäscherei.

2.2.2 Freiwilliger Markt

Die freiwillige CO₂-Kompensation hat ihren Ursprung Ende der 1980er Jahre. Damals wollte man damit Fördermittel für Naturschutz- und Aufforstungsprojekte generieren (Lang et al. 2019: 416). Das amerikanische Stromunternehmen AES kompensierte als erstes Unternehmen freiwillig seine CO₂-Emissionen, indem es Bauern in Guatemala dafür bezahlte, 50 Millionen Pinien- und Eukalyptusbäume zu pflanzen (Blasch 2014: 2). Nach dem Inkrafttreten des Kyotoprotokolls entwickelte sich neben dem CCM auch der VCM (Paul & Schellenberger 2015:

64). Der VCM hat von der Ausbreitung des CCM profitiert und sich zu einem grossen Teil aus dem CDM entwickelt (Blasch 2014). Er hat teilweise Funktionsweisen und Methoden des CDMs übernommen und arbeitet mit den gleichen Akteur*innen auf Projektebene, wengleich die Anforderungen und Methoden vor allem zu Beginn weniger strikt waren als im CCM (Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 18). Viele Klimaschutzprojekte, die Emissionsrechte für den CDM bereitstellten, wechselten zum VCM, wo bessere Preise bezahlt wurden (Lang et al. 2019: 415). Der Erlös aus dem Verkauf von CO₂-Zertifikaten im VCM wird genutzt, um Klimaschutzmassnahmen ausserhalb der nationalen Zielvorgaben zu realisieren (Paul & Schellenberger 2015: 64). Im VCM finden sich im Vergleich zum CCM auch kleinere Klimaschutzprojekte, welche sich die hohen Zertifizierungsgebühren der EHS nicht leisten können. Oft handelt es sich dabei um flexible, neuartige und regulatorisch wenig eingeschränkte Pilotprojekte, welche die Innovation im Bereich der Klimaschutzprojekte vorantreiben. Durch methodische und regulatorische Freiheiten können private Investoren innovative Klimaschutzprojekte entwickeln und die daraus entstehenden Zertifikate über den VCM verkaufen, was eine schnelle Finanzierung von Klimaschutzprojekten ermöglicht (Lang et al. 2019: 420). Damit können sie die staatlich geführte Klimapolitik mit Projekten, Knowhow und Erfahrungen unterstützen (Lang et al. 2019: 420).

Im Gegensatz zum CCM gibt es im unregulierten VCM kein zentrales Anerkennungsverfahren und keinen einheitlichen, verbindlichen Standard (Wolters et al. 2018: 4). Wer ein Klimaschutzprojekt aufbaut, kann CO₂-Zertifikate verkaufen und es existiert eine Vielzahl an Prüfverfahren und Standards (Strasdas et al. 2010: 5; Blasch 2014: 4). Zwischen den Kompensationsanbietern gibt es grundlegende Unterschiede bezüglich der Qualität der CO₂-Zertifikate und der Transparenz, im Hinblick auf die Informationen, die den Kund*innen zugänglich gemacht werden (Strasdas et al. 2010: 17). Dies erleichtert neuen Anbietern den Markteintritt, macht den VCM aber auch unübersichtlich, intransparent und birgt die Gefahr, dass qualitativ minderwertige CO₂-Zertifikate in den Umlauf geraten (Blasch 2014: 4; Strasdas et al. 2010: 4; Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 18). Gerade in diesem unregulierten Markt ist es daher wichtig, eine Nachvollziehbarkeit bei der Projektvalidierung sowie eine wissenschaftliche Quantifizierung und Verifizierung der Emissionsreduktionen bereitzustellen (Strasdas et al. 2010: 6). Nur wenn die Integrität und Wirksamkeit der Klimaschutzprojekte gegeben ist, kann sich der VCM etablieren und weiterentwickeln.

Aus Abbildung 4 geht hervor, dass im Jahr 2018 CO₂-Zertifikate aus naturbasierten Projekten im Forst- und Landnutzungsbereich (LULUCF) mit 51 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent (Mt CO_{2e}) mehr als die Hälfte aller gehandelten CO₂-Zertifikate im VCM ausmachten. Darauf folgten mit 24 Mt CO_{2e} Zertifikate aus Projekten, welche die Umstellung auf erneuerbare Energien förderten. Für einen kleineren Anteil am Gesamtvolumen der gehandelten Zertifikate sorgten Projekte, die den Ausstoss von THG durch Energieeffizienzsteigerung (9Mt), effizientere Abfallentsorgung (5Mt) sowie verbesserte chemische und industrielle Prozesse (3Mt) vermieden (Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 25). Damit leistet der VCM einen wichtigen Beitrag bei der Finanzierung von Klimaschutzprojekten, ist aber im Vergleich zum Volumen des CCM noch klein (Gold Standard 2017: 5)

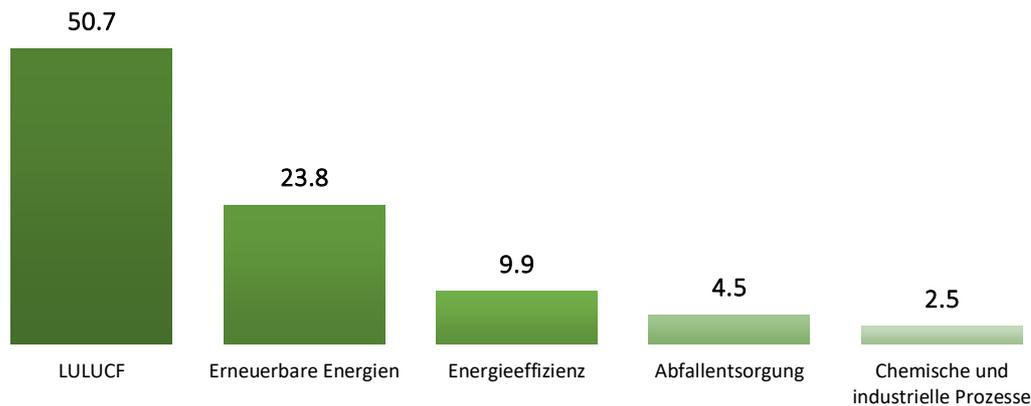


Abbildung 4: Gehandelte Menge CO₂e (Mt) für die wichtigsten Sektoren im globalen VCM im Jahr 2018, gemäss Daten von (Donofrio et al. 2019: 6), eigene Darstellung.

2.3 Das Pariser Klimaabkommen

2.3.1 Grundlagen

Das PA, das Nachfolgeregime des Kyoto-Protokolls, markiert eine bedeutsame Wende im Umgang mit dem Klimawandel. Im Gegensatz zum Kyoto-Klimaabkommen wird beim PA nicht mehr zwischen Annex-1- und Annex-2-Ländern unterschieden, womit es zum ersten Mal ein globales Abkommen mit universellen Zielen zur Reduktion der THG-Emissionen gibt (Infras & Perspectives climate group 2020: 65; Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 6). Im PA werden von den Mitgliedsländern keine verbindlichen Emissionsreduktionen verlangt. Jedes Land soll stattdessen sogenannte national definierte Beiträge (NDCs) formulieren, welche die jeweiligen Klimaschutzziele und -richtlinien beschreiben (Von Avenarius et al. 2018: 2; Lang et al. 2019: 415). Es besteht die Hoffnung, dass die hohe politische Verbindlichkeit, Reputationsbedenken und Netzwerkeffekte die Länder dazu verleiten, sich zu ehrgeizigeren NDCs zu verpflichten (Reinsberg 2020: 10; Hermwille & Kreibich 2016: 10). Wichtig ist dabei, dass sich die Klimaambitionen der Länder mit der Zeit schrittweise erhöhen, damit die Erderwärmung langfristig und nachhaltig gestoppt werden kann (Infras & Perspectives climate group 2020: 65). Um den Fortschritt bei der Erreichung der Ziele zu überprüfen, sollte die Wirkung der NDCs regelmässig bilanziert werden (Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 29).

Beim PA geht es aber nicht nur um die Abschwächung des Klimawandels, sondern auch um die Anpassung an den Klimawandel, sowie die Finanzierung von erneuerbaren Energien und Klimaschutzprojekten. Die Industrieländer haben sich mit dem PA dazu verpflichtet, eine Führungsrolle bei der Abschwächung des Klimawandels zu übernehmen und Entwicklungsländern finanziell und durch Bereitstellung von Technologien beim Klimaschutz zu unterstützen (Dorfleitner et al. 2021: 3; Hermwille & Kreibich 2016: 15).

2.3.2 Marktmechanismen im PA

Neben der staatlichen Regulierung und Bepreisung von CO₂-Emissionen, sollten unter dem PA auch Marktmechanismen gestärkt werden (Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 29). Im Artikel 6 des PA (Tabelle 1) werden dafür die Rahmenbedingungen der internationalen Zusammenarbeit zum Erreichen der Klimaziele definiert.

Tabelle 1: Übersicht über Artikel 6 des PA mit Aussagen der wichtigen Artikel, eigene Darstellung gemäss Informationen aus (CTCN 2022 & Paris agreement 2015: 2-3).

Artikel im Klimaabkommen	Aussage des Artikels
Artikel 6	<ul style="list-style-type: none"> • empfiehlt, dass Länder zusammenarbeiten, um ihre NDCs zu erreichen • mobilisiert neue Finanzierungsquellen für die Abschwächung des Klimawandels und reduziert die Kosten dafür
Artikel 6.2	<ul style="list-style-type: none"> • bietet einen Rahmen für die internationale Zusammenarbeit zwischen den Parteien • ermöglicht mit ITMOs und Verknüpfung verschiedener EHS den effizienten Austausch von CO₂-Krediten • verhindert Doppelzählung
Artikel 6.4	<ul style="list-style-type: none"> • richtet einen zentralen Mechanismus zur Gutschrift von Emissionsreduktionen ein, die in den Vertragsparteien generiert und von einer Aufsichtsbehörde verwaltet werden • vereinfacht es privaten Akteur*innen eine aktive Rolle beim Klimaschutz zu spielen
Artikel 6.8	<ul style="list-style-type: none"> • hebt die Rolle nicht marktbasierter Ansätze bei der Zusammenarbeit zwischen Parteien hervor

Die Artikel 6.2 und 6.4, welche die Marktmechanismen des PA definieren, erlauben es Mitgliedsparteien mit hohen CO₂-Vermeidungskosten, bilateral übertragbare Minderungsergebnisse (ITMOs) bei anderen Mitgliedsparteien zu kaufen, um ihre eigenen NDCs kosteneffizient zu erreichen (Infras & Perspectives climate group 2020: 65; Schletz et al. 2020: 1; CLI 2018). ITMOs werden zum Erreichen der NDCs des Käuferlandes gezahlt (CLI 2019) und eine Doppelzählung wird aufgrund der entsprechenden Anpassung der Emissionsbilanz des Gastlandes (Corresponding Adjustments) vermieden (Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 30). In Bezug auf das PA haben die Länder Interesse daran, sowohl Klimaschutzmassnahmen im Inland als auch ITMOs zum Erreichen der eigenen NDCs zu nutzen (Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 15). Ärmeren Länder sollen mit dem Verkauf von ITMOs finanzielle Anreize zur Dekarbonisierung der Wirtschaft geboten werden.

2.3.3 Umsetzung im VCM

Ab dem Jahr 2021 agiert der VCM offiziell nicht mehr unter den vom CDM übernommenen Methoden, sondern unter den Rechtsgrundlagen des PA (Gold Standard 2022). Damit verändert sich einerseits die Arbeitsweise und Funktion des VCM. Andererseits verliert der CDM immer mehr an Bedeutung (Kreibich & Hermwille 2021: 942; Infrass & Perspectives climate group 2020: 65). Die Staaten haben unter dem PA neu die zentrale Lenkungswirkung im globalen, klimapolitischen Kontext, was zu einer Unsicherheit über die Durchführbarkeit und Legitimität des VCM führt (Hermwille & Kreibich 2016; Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 29). Dies könnte dafür sorgen, dass der CDM und staatliche Klimaschutzmassnahmen zunehmen, während der VCM an Wichtigkeit verliert (Gold Standard 2022). Wenn die NDCs die «höchstmöglichen nationalen Ambitionen zum Klimaschutz widerspiegeln, leisten Klimaschutzprojekte im VCM keinen zusätzlichen Beitrag» mehr (Kreibich & Hermwille 2021: 944). Die Glaubwürdigkeit und das Vertrauen in CO₂-Zertifikate aus dem VCM wird aufgrund dieser Problematik auf die Probe gestellt (Kreibich & Hermwille 2021: 940).

Gleichzeitig aber sind Unternehmen und private Akteur*innen, die sich zu Neutralität verpflichtet haben, noch immer auf CO₂-Zertifikate angewiesen und es besteht eine grosse Nachfrage (Kapitel 2.1.2). Um seine Integrität aufrechtzuerhalten, muss sich der VCM deshalb an die neuen Regelungen unter dem PA anpassen. CO₂-Zertifikate können nicht mehr wie unter dem CDM frei gehandelt werden, weil damit eine Doppelzählung der CO₂-Kredite vorliegen würde (Gold Standard 2017: 8). Die Emissionsreduktion würde nämlich einerseits vom Nachfrageland und andererseits vom Gastland zum Erreichen der NDCs beansprucht werden (Lang et al. 2019: 419; Schletz et al. 2020: 3). Diese Doppelinanspruchnahmen sollen im PA bestmöglich durch transparente Standards, unabhängige Prüfer und einheitliche Emissionsregister verhindert werden (Kreibich & Hermwille 2021: 944).

Die Aufgabe des VCM und der Standards besteht in den kommenden Jahren darin, legitime CO₂-Zertifikate zu schaffen, die mit den NDCs der Gastländer verrechnet werden können und die Ziele des PA nicht untergraben (Kreibich & Hermwille 2021: 939-944). Kompensationsorganisationen und Standardanbieter wollen durch innovative Ansätze einen reibungslosen Übergang zum neuen Regime unter den PA-Richtlinien ermöglichen, damit die Finanzierung von Klimaschutzprojekten nicht ausfällt und Projekte wie geplant umgesetzt werden können. Dafür sollen nicht-handelbare CO₂-Kredite mit dem Namen «NDC Support Units» geschaffen werden (Tabelle 2). Projektbetreiber*innen verkaufen dann anstelle des CO₂-Zertifikats die NDC Support Units, welche den Gastländern beim Erreichen ihrer Klimaziele finanziell helfen (Gold Standard 2017: 11). Da sie damit aber ihren Nutzen vollbringen, können sie nicht mehr zum Erreichen der eigenen NDCs verwendet werden. Der Kauf der NDC Support Units hat die gleichen positiven Auswirkungen auf das Klima wie der Kauf eines CO₂-Zertifikats. Der einzige Unterschied besteht darin, wie und wo der Beitrag zum Klimaschutz vermerkt wird und wer die Anerkennung dafür erhält.

Tabelle 2: Übersicht über die Unterschiede zwischen Zertifikaten aus Auslandsreduktionen und NDC support units, eigene Darstellung.

Zertifikate aus Auslandsreduktion	NDC support units
Autorisiert für ITMOs und VCM	Nicht-autorisiert für ITMOs und VCM
Ausgleichsanspruch	Wirkungsanspruch
Nicht von Gastland als NDC beansprucht	Von Gastland als NDC beansprucht
Entsprechende Anpassungen an NDC-Bilanzierung	Keine entsprechende Anpassung an NDC-Bilanzierung

2.4 Kritik am Marktmechanismus

Der Marktmechanismus, wie man ihn bei den Emissionsrechten im CCM, bei den CO₂-Zertifikaten im VCM und bei den ITMOs unter dem PA findet, soll zur Dekarbonisierung der Wirtschaft zu den geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Kosten beitragen (Collard et al. 2016: 475; Von Avenarius et al. 2018: 2). Die heutige Umweltpolitik nutzt den Marktmechanismus neben regulatorischen Massnahmen und Anreizsystemen als flexibles Instrument zur Abschwächung des Klimawandels (World Bank 2018: 11; Collard et al. 2016: 474; Lohmann 2016: 485). Nach dem Prinzip der ökonomischen Effizienz soll der Markt entscheiden, wo und mit welchen Massnahmen die CO₂-Kompensation stattfinden soll (Bigger & Carton 2020: 650). Inwiefern der Marktmechanismus effektiv helfen kann, den Klimawandel abzuschwächen, ist eine wichtige aber schwierig zu beantwortende Frage. Bryant (2019: 3) erklärt, dass bei der Messung der Wirksamkeit von marktbasierendem Klimaschutz dessen Auswirkungen auf Aspekte wie die Verbrennung fossiler Brennstoffe, die Investitionen in erneuerbare Energien und die Einkommensverteilung analysieren werden müssen. Webber und Kennedy (2018: 77) kommen zum Schluss, dass Märkte (vor allem Finanzmärkte) in dieser Hinsicht keine nennenswerten Verbesserungen angestossen haben. Der Grund dafür ist, dass der marktbasierende Klimaschutz als wirtschaftspolitische Reaktion auf den Klimawandel selbst vom Finanzkapital abhängig ist und auf globalisierten Märkten sowie marktorientierten Regierungen beruht (Webber & Kennedy 2018: 79, Bryant 2019: 3). Da der Klimawandel durch kapitalistische Produktions- und Ausbeutungspraktiken ausgelöst worden ist, ist es fraglich, ob er durch ähnlich funktionierende Mechanismen abgeschwächt werden kann. Insgesamt ist der effektive Beitrag des marktbasierenden Klimaschutzes mit grossen Unsicherheiten verbunden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass ein Grossteil der gehandelten Emissionen nur verlagert und nicht neutralisiert worden ist (Bryant 2019).

Laut Sullivan (2012) wird der Markt genutzt, um nicht-nachhaltige Praktiken an einem Ort durch die Finanzierung von klimafreundlichen Projekten an einem anderen Ort auszugleichen. Mit dem Marktmechanismus kann dafür die räumliche Distanz zwischen Käufer*innen und Verkäufer*innen von CO₂-Krediten überwunden werden. Bigger und Carton (2020: 650) argumentieren, dass der Marktmechanismus den CO₂-Emittent*innen eine flexible Lösung

bietet, den gewohnten Zustand aufrechtzuerhalten, ohne das eigene Verhalten zu hinterfragen und interne Emissionsreduktionen vorzunehmen (Bumpus 2011: 612).

«Die technopolitischen Strukturen, die den katastrophalen Fluss von prähistorischem Kohlenstoff aus dem Boden in die Atmosphäre und Landoberfläche fördern, bleiben erhalten.» (Lohmann 2016: 485)

Während im globalen Norden der Status quo also aufrechterhalten wird, werden die Probleme des Klimawandels in den globalen Süden verlagert, wo die Klimaschutzprojekte am kosteneffizientesten umgesetzt werden können. Infrass & Perspectives climate group (2020: 61) erklären, dass das Versprechen von effizientem Klimaschutz durch den Marktmechanismus dafür sorgt, dass die Suche nach echten Lösungen aufgeschoben und die Geschwindigkeit der Dekarbonisierung im globalen Norden verlangsamt wird. Dies bedeutet laut Collard et al. (2016: 475), dass der marktbasierter Klimaschutz nicht in der Lage ist, die THG-Emissionen an der Quelle zu begrenzen. Darüber hinaus profitiert der globale Norden mit seinem unverhältnismässig grossen CO₂-Fussabdruck von der Umwelttragfähigkeit der Erde und verschlimmert den Zustand des Klimas weiter (Collard et al. 2016: 486). Lohmann (2016: 486) führt aus, dass der Marktmechanismus die Klimakrise im schlimmsten Fall verschärfen könnte, indem er unter anderem die weitere Nutzung fossiler Brennstoffe aufgrund der getätigten CO₂-Kompensation rechtfertigt. Vigil (2018) ergänzt, dass wenn «die Auswirkungen der ergriffenen Massnahmen nicht verstanden werden, die Schäden, die repariert werden sollten, reproduziert werden».

Nichtsdestotrotz wird auch argumentiert, dass der marktbasierter Klimaschutz in Betracht gezogen werden soll, wenn die Emissionen vorgängig firmenintern durch umfassende Emissionsreduktionen und Verhaltensänderungen minimiert worden sind (Infrass & Perspectives climate group 2020, 7; Strasdas et al. 2010: 6). Ein Unternehmen kann seinen CO₂-Fussabdruck in der Realität ohne die CO₂-Kompensation nicht komplett auf Netto-Null reduzieren (Dümmler & Rühli 2021: 94 - 95). Unvermeidbare Restemissionen, welche aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht weiter reduziert werden können, sollten dann laut Kreibich und Hermwille (2021: 950) mit der CO₂-Kompensation neutralisiert werden.

2.5 Blockchain

Aufgrund des steigenden Bewusstseins für den Klimawandel, der Kritikpunkte am marktbasierter Klimaschutz, der Implementierung des PA und der voranschreitenden Digitalisierung, könnten in den kommenden Jahren technologische Innovationen für Veränderungen im Klimaschutz sorgen. Gemeinsam mit weiteren an Einfluss gewinnenden Technologien der Digitalen Transformation wie dem Internet of Things (IoT), dem Internet der fünften Generation (5G) und der künstlichen Intelligenz (KI), könnten vor allem Distributed-Ledger-Technologien wie die Blockchain-Technologie den marktbasierter Klimaschutz nachhaltig verändern (Weingärtner 2019; Born 2018: 2). Das rasante Aufkommen der Blockchain-Technologie in den unterschiedlichsten Bereichen hat dafür gesorgt, dass in den

letzten Jahren verschiedene Institutionen wie die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), die UN, die Weltbank, die EU, der internationale Währungsfonds (IWF), die Welthandelsorganisation (WTO) und das Weltwirtschaftsforum (WEF) Stellung zum Thema Blockchain bezogen haben (OECD 2019; SAF & UNEP 2022; World Bank 2018; EU 2019; IWF 2021; Ganne 2018; WEF 2018).

Während einige Wissenschaftler*innen (Sipthorpe et al. 2022; Dorfleitner et al. 2021; Born 2018) die fortschreitende Aufnahme der Blockchain-Technologie im Markt analysiert haben, untersuchten andere Forscher*innen (Zhao & Chan 2020; CLI 2019; Schletz et al. 2020) eine mögliche Blockchain-Architektur für die Kohlenstoffmärkte. Im Bereich des marktbasierten Klimaschutzes haben sich mittlerweile diverse Unternehmen auf Blockchain-basierte Anwendungen spezialisiert (climatrade.com, carbonx.ca, veridium.io, nori.com, poseidon.eco, carbonzeroproject.com). Daneben gibt es Zusammenschlüsse und Initiativen, welche im Hinblick auf das PA die Blockchain-Technologie für den Klimaschutz verfügbar machen wollen (Ixo Foundation, Cleantech21 Foundation, Climate Ledger Initiative, Climate KIC, Climate Chain Coalition und Blockchain for climate foundation). Darüber hinaus sind Blockchain-basierte Plattformen in Entwicklung, welche globale Handelsplätze für CO₂-Kredite schaffen wollen (Climate Warehouse, Dao Ipci, Meta registry IHS market, Air carbon exchange, Open climate platform, Bitmo platform, KlimaDAO, Toucan).

2.5.1 Definition und Funktionsweise

Bei Distributed-Ledger-Technologien (DLTs) handelt es sich um dezentral organisierte Datenbank-Technologien, die es geografisch verteilten Kassenbüchern ermöglichen, digitale Daten zu teilen, zu synchronisieren und zu verwalten (Galen et al. 2018: 6). DLTs sind über mehrere Knoten oder Computergeräte verteilt und jeder Knoten repliziert und speichert eine identische Kopie aller erfolgten Transaktionen (Born 2018: 12). Somit hat jeder Knotenpunkt zu jeder Zeit Zugriff auf den gesamten Transaktionsverlauf (Schletz et al. 2020: 3). Bei der Blockchain-Technologie handelt es sich um eine Anwendung der DLT, welche die Datensätze aller neuen, authentifizierten Transaktionen in Blöcken sammelt, chronologisch ordnet und mit den vorherigen Blöcken kryptografisch verkettet (Zhao & Chan 2020: 1; UNDP 2018: 5). Durch diese verkettete Struktur wird die Transaktionshistorie unveränderlich, da die Änderung eines Blocks die Änderung aller nachfolgenden Blöcke erfordert (Schletz et al. 2020: 3). Diese Eigenschaft macht die Blockchain-Technologie kryptographisch sicher und widerstandsfähig gegenüber technischen Ausfällen (UNDP 2018: 2). Daneben sorgen auch die Konsensmechanismen bei verschiedenen Arten von Transaktionen mit digitalen Vermögenswerten für Transparenz, Sicherheit und Vertrauen (SAF & UNEP 2022: 13). Detaillierte Informationen zu den Konsensmechanismen und zu den verschiedenen Blockchain-Typen finden sich bei Zheng et al. (2018), während Nakamoto (2008) die Funktionsweise der ersten Kryptowährung «Bitcoin» erklärt. Die Blockchain-Technologie kann genutzt werden, um digitale Vermögenswerte, Informationen und Daten direkt zwischen Personen zu übertragen, ohne dass für die Validierung der Transaktionen zentrale Autoritäten wie Banken und Regierungen nötig sind (Tapscott & Tapscott 2016; Chapron 2017: 403).

Dieser Ansatz senkt die Transaktionskosten und Betrugs- und Korruptionsrisiken und steigert die allgemeine Effizienz (CLI 2019: 69). Nachfolgend werden die spannendsten Eigenschaften sowie die wichtigsten Limitationen der Blockchain-Technologie vorgestellt.

2.5.2 Tokenisierung

Als Tokenisierung bezeichnet man den Prozess, bei welchem für austauschbare Wertgegenstände digitale Zwillinge erstellt werden. Beispiele für Wertgegenstände welche digital dargestellt werden können sind Zeit, Eigentum, Verträge, Fachwissen, Waren, Dienstleistungen, Gutscheine, Treuepunkte, Mitgliedschaften, Finanzinstrumente, Staatsanleihen und eben CO₂-Kredite. Die dabei entstehenden Token können in einer Blockchain gespeichert und zwischen Personen gehandelt werden. Sie sind laut Uzsoki & Guerdat (2019: 11) die wohl spannendste Innovation der Blockchain-Technologie. Mithilfe der Tokenisierung werden beispielsweise die Eintrittsbarrieren für Anleger*innen im Finanzmarkt gesenkt, da durch die Fraktionierung von tokenisierten Aktien die erforderliche Mindestinvestitionsgrößen verringert werden. Aufgrund der digitalisierten und standardisierten Form kann man von überall auf der Welt jederzeit Token kaufen oder handeln, sofern man Internetzugang hat. Die Tokenisierung ermöglicht eine Automatisierung von Transaktionen und damit eine Verringerung der Bürokratie und der Transaktionskosten (Uzsoki & Guerdat 2019: 29). Man kann den Token Bedingungen bei der Nutzung zuweisen, um den Einsatzbereich einzuschränken (Uzsoki & Guerdat 2019: 11). Zusätzlich können Token entlang der Wertschöpfungskette mit Merkmalen versehen werden, welche als Metadaten in der Blockchain erfasst werden (Uzsoki & Guerdat 2019: 16). Mithilfe der Tokenisierung könnte der freie Zugang zu Transaktionsinformationen ein demokratisiertes, integratives und partizipatives Umfeld schaffen, in welchem Token transparent gehandelt werden können (Uzsoki & Guerdat 2019: 16).

2.5.3 Smart Contracts

Als Smart Contracts bezeichnet man digitale Verträge, die in der Blockchain gespeichert werden. Die Vertragsbedingungen werden in einem Smart Contract kodiert und die Verträge werden von den Vertragsparteien digital signiert. Wenn ein vordefiniertes Ereignis eintritt oder alle Vertragsparteien zustimmen, wird der Vertrag automatisch ausgelöst und die Transaktion von immateriellen Vermögenswerten, Daten oder Informationen wird ausgeführt (Zhao & Chan 2020: 1). Durch diese Programmierbarkeit können Smart Contracts automatisch und konsequent Vorschriften und Methoden durchsetzen, um Transparenz und Rechenschaftspflicht zu gewährleisten (Schletz et al. 2020: 4). Alle Vertragsparteien haben dabei jederzeit Zugriff auf den Vertrag und den Transaktionsverlauf (Franke et al. 2020: 5). Die automatisierte Ausstellung, Übertragung, Validierung und Verifizierung von immateriellen Vermögenswerten spart Administrations- und Verwaltungskosten und fördert die sichere Zusammenarbeit zwischen nicht vertrauenswürdigen Akteur*innen weltweit (Zhao & Chang 2020: 4; CLI 2019: 38). Ausserdem ermöglichen Smart Contracts leistungsabhängige Zahlungen. In Bezug auf den marktbasieren Klimaschutz senken Smart Contracts die

Eintrittsbarrieren und ermöglichen auch kleineren Unternehmen und weniger entwickelten Regionen den Zugang zu CO₂-Krediten (Richardson & Xu 2020: 108). Automatisierte Transaktionen über Smart Contracts können zwischen unterschiedlichen Registerinfrastrukturen und somit zwischen verschiedenen EHS stattfinden, was die Interoperabilität erhöht (World Bank 2018: 17). Smart Contracts sind zudem manipulationssicher, was die Integrität und das Vertrauen in Blockchain-basierte Ansätze im marktbasieren Klimaschutz erhöht (Richardson & Xu 2020: 108; World Bank 2018: 17).

2.5.4 Transparenz

Das PA hat besonders hohe Ansprüche an die Transparenz und Qualität der geleisteten Anstrengungen (Reinsberg 2020). Aus konventionellen Transaktionsprotokollen, wie dem EU-EHS-Transaktionsprotokoll, lassen sich aber relativ wenige wichtige Daten herausfiltern (Richardson & Xu 2020: 108). Um Korruption, Doppelzählung und Betrug bei der Kohlenstoffbilanzierung im marktbasieren Klimaschutz zu verhindern, ist die Verfügbarkeit von Daten zur Herkunft von CO₂-Krediten aber unabdingbar (Zhao & Chang 2020: 2). Die Blockchain-Technologie besitzt einige Eigenschaften, die in diesem undurchsichtigen Umfeld in der Lage sind, Transparenz zu schaffen (OECD 2019: 10). Wenn Daten einmal in die Blockchain eingespeichert sind, ist eine Datenmanipulation nahezu unmöglich (Galen et al. 2018: 8). Transaktionsverläufe sind im Nachhinein unveränderlich und für alle Beteiligten einsehbar, was ein Datenmonopol für wenige mächtige Personen verhindert (Hernandez 2017: 1). Ohne die Privatsphäre der Akteur*innen oder die Vertraulichkeit der Daten einzuschränken, kann dank dieser detaillierten Verfügbarkeit der Transaktionsdaten Transparenz in die Herkunft und Transaktionshistorie eines digitalen Wertgegenstandes gebracht werden (Chapron 2017: 404). Damit ist die Blockchain-Technologie eine kostengünstige Lösung für die Probleme von konventionellen Datentransaktionen (Zhao & Chang 2020: 4; Reinsberg 2020: 10). Die Eigenschaften der Blockchain könnten die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen verbessern, indem sie eine unabhängige und glaubwürdige Überprüfung der Klimabemühungen ermöglichen (CTCN 2022). Investor*innen, Verbraucher*innen, Aufsichtsbehörden und staatliche Akteur*innen hätten damit einen realistischeren Überblick über die tatsächliche Klimaverträglichkeit der Unternehmen (Herweijer et al. 2018). Dadurch würde das Vertrauen in diese Unternehmen steigen, was Anreize für ein klimaverträgliches Verhalten schafft (Le Sève et al. 2018: 8).

2.5.5 Dezentralisierung

Zentral organisierte Datensammlungen sind aufgrund der immensen Datenverfügbarkeit sehr wertvoll und gleichzeitig verletzlich (Born 2018: 30; UNDP 2018: 5). Sie sind anfällig für Betrugsfälle, Lobbyismus sowie Korruption und häufig das Ziel von Hackerangriffen (Zhao & Chang 2020: 4). Trotzdem ist die zentrale Organisation bei der Transaktion von CO₂-Krediten momentan noch notwendig und weit verbreitet, um das Problem der Doppelzählung in den EHS zu überwachen (Reinsberg 2020: 10). Beglinger (2018: 3) argumentiert, dass dezentrale Systeme einige Vorteile gegenüber zentralen Systemen haben. Dezentrale Blockchain-

Anwendungen sind widerstandsfähiger gegen versehentliche Ausfälle und bleiben aufgrund ihres Aufbaus auch zuverlässig, wenn einige Knotenpunkte des Netzwerks offline sind (Born 2018: 30). Ausserdem weisen sie normalerweise eine höhere Fehlertoleranz und Angriffsresistenz auf und verhindern Machtmissbrauch durch die Unveränderlichkeit besser als zentrale Systeme. Eine einzelne Person oder eine Gruppe von Personen können aufgrund der Konsensmechanismen keinen Einfluss auf die Blockchain nehmen, da sie dafür alle Knoten der Blockchain kontrollieren müssten. Dezentrale Blockchain-Anwendungen entsprechen den Anforderungen der EHS, wo kostengünstige Transaktionen von kleinen Geldmengen an Bedeutung gewinnen (Dorfleitner et al. 2021: 3). Sie fördern die Innovation durch ihre Offenheit und können weltweit und grenzüberschreitend flexibel eingesetzt werden (Born 2018: 8, 40). Dadurch werden neue Märkte und Netzwerke geschaffen, die es den Technologien der digitalen Revolution wie dem IoT und der KI erlauben, ihr Potential zu entfalten (Born 2018: 30).

2.5.6 Limitationen

Trotz der vielversprechenden Eigenschaften der Blockchain (Kapitel 2.5.1 – 2.5.5) finden sich einige Herausforderungen und Limitationen im Umgang mit der Technologie.

Technische Herausforderungen:

Die Blockchain und die auf ihr programmierten Projekte sind technisch anspruchsvoll und teuer (Richardson & Xu 2020: 106). Noch stecken die meisten Projekte in der Konzept- oder Pilotphase und nur sehr wenige Menschen können in den Blockchain-Programmiersprachen brauchbare Anwendungen programmieren (UNEP 2020). Daher braucht es kontrollierte Umgebungen, in denen Blockchain-Anwendungen getestet werden können (SAF & UNEP 2022: 8). Um wachsen zu können, müssten Blockchains ein hohes Transaktionsvolumen vorweisen, was sie momentan aufgrund der hohen Latenzzeit nicht können (Zhao & Chang 2020: 6). Die zeitintensive und herausfordernde dezentrale Speicherung der Daten macht die Technologie langsam und behindert die Skalierbarkeit (UNEP 2020). Neben der Skalierbarkeit sind die Dezentralisierung und die Sicherheitsbedenken die grössten technischen Herausforderungen dieser Technologie. Grundsätzlich kann eine Blockchain nur zwei dieser drei Eigenschaften innehaben. Wenn eine Blockchain stark dezentralisiert und sehr sicher ist, leidet die Skalierbarkeit darunter. Wenn sie dezentral ein hohes Transaktionsvolumen in einer kurzen Zeit verarbeiten können soll, ist sie wiederum nicht sehr sicher. Wenn der Blockchain eine gewisse Zentralisierung erlaubt wird, können leistungsstarke, energieeffiziente und sichere Blockchains entwickelt werden (SAF & UNEP 2022: 14). Dieser Ansatz widerspricht aber der Philosophie der «dezentralen und unabhängigen Blockchain ohne zentrale Autorität» (Chapron 2017: 403). Bei einer zentralisierten Blockchain validieren einige ausgewählte Knotenpunkte alle Transaktionen, was zu einer Machtkonzentration bei wenigen Personen führt und sie gewohnten zentralen Datenspeichern sehr ähnlich macht (Manski 2017: 511; SAF & UNEP 2022: 14). Entwickler*innen müssen bei der Entwicklung von Anwendungen und

bei der Wahl des Blockchain-Typs diese Trade-offs beachten, die Blockchain dem Verwendungszweck anpassen und sie auf die verfolgten Ziele abstimmen (Ganne 2018).

Sicherheitsbedenken:

Mit der Automatisierung transformiert die Blockchain-Technologie das Geschäftsmodell von Personen-basierten zu Algorithmen-basierten Modellen. Da die Technologie noch sehr jung und die Verschlüsselung der Transaktionen noch unvollkommen ist, setzt dies Unternehmen neuen Risiken bezüglich Geschäftskontinuität, Datenvertraulichkeit und Cybersicherheit aus (Zhao & Chang 2020: 1-6). Bei der Arbeit mit der Blockchain-Technologie gilt zu beachten, dass die Daten nicht automatisch korrekt sind, wenn sie in der Blockchain gespeichert werden. Falsche Informationen, welche in die Blockchain eingespeichert werden, können im Nachhinein nicht mehr verändert oder gelöscht werden. Damit verbessert die Blockchain-Technologie die Verlässlichkeit der Eingabedaten nicht und sie ist nur so genau wie die eingegebenen Daten es sind. Qualitäts- und Gültigkeitsprüfungen sind daher wichtig, weil Informationen auf der Blockchain nur durch Hinzufügen eines neuen Blocks korrigiert werden können (OECD 2019: 17). Da die Automatisierung der Blockchain auf unveränderlichen Protokollen und Smart Contracts basiert, dürfen auch bei der Erstellung dieser Protokolle keine Fehler passieren (Zhao & Chang 2020: 6). Bei der Erstellung von Validierungsknoten muss aufgepasst werden, wer befähigt wird, Transaktionen zu validieren. Bei der Offenlegung von Transaktionsdaten ist es wichtig, dass die Privatsphäre weiterhin bestehen bleibt und keine sensiblen Daten öffentlich preisgegeben werden (Zhao & Chang 2020: 6).

Energieverbrauch:

Die Blockchain-Technologie ist momentan noch weitaus weniger effizient als zentralisierte Datenbanken (Born 2018: 17). Die Validierung einer Transaktion ist in manchen Blockchains, wie beim Bitcoin, sehr rechenintensiv (Chapron 2017: 405). Der sogenannte Proof of Work-Mechanismus (Mining-Mechanismus), wie man ihn beispielsweise bei Bitcoin verwendet, erzeugt einen hohen Energieverbrauch, dessen Kosten in Form von Nutzungskosten und Transaktionsgebühren auf die Nutzer*innen verteilt werden. Bei diesem Mechanismus werden die Transaktionen mithilfe reiner Rechnerstärke validiert, was für eine hohe Sicherheit sorgt. Keine Hacker*innen könnten die Rechenleistung aufbringen, um die Blockchain erfolgreich anzugreifen (Chapron 2017: 405). Um den Energieverbrauch zu senken, kann der Proof of Work-Mechanismus durch andere Mechanismen, wie den Proof of Stake-Mechanismus oder den Proof of Authority-Mechanismus abgelöst werden, welche einen deutlich geringeren Energieverbrauch vorweisen. Beim Proof of Stake ersetzen Validierer*innen die Rechenstärke, um einen Konsens zu erzielen. Beim Proof of Authority wird die Autorisierung der Transaktionen vertrauenswürdigen Personen überlassen (Zheng et al. 2018; OECD 2019). Alternativ werden vermehrt erneuerbare Energien für den Mining Prozess verwendet, was aber die Problematik des hohen Stromverbrauches nicht löst (UNEP 2020). Daneben existieren auch private, zentralisiertere Blockchains, welche nur einen Bruchteil des Stromes einer dezentralen Blockchain verbraucht (UNEP 2020).

Rechtliche Limitationen:

Die Blockchain-Technologie will mit ihrem disruptiven Charakter das gewohnte Geldsystem revolutionieren, indem es neue Gedanken anstösst und Gewohntes hinterfragt (Chapron 2017: 403). Der rechtliche Status der Blockchain-Technologie ist aber momentan unklar und in jedem Land unterschiedlich geregelt. Es gibt noch keine einheitlichen Richtlinien und Vorschriften für Blockchains bezüglich des Schutzes der Privatsphäre, der Steuervorschrift, der Geldwäscherei und der Informationsberichterstattung (UNEP 2020; SAF & UNEP 2022: 37). Dies schränkt einerseits die Fähigkeit der Regierungen ein, mit unsachgemässer Verwendung der Blockchain-Technologie wie Betrug oder Steuerhinterziehung umzugehen (Zhao & Chang 2020: 6). Andererseits behindert ein Mangel an politischen Rahmenbedingungen die Einführung der Blockchain-Technologie. Unternehmer*innen und Start-ups sind oft mit der Ungewissheit konfrontiert, ob sie auf ein rechtliches Problem stossen. Daher arbeiten verschiedene Regierungen momentan an Gesetzgebungen, welche die Rechtsgültigkeit von Blockchain-Signaturen, Smart Contracts und tokenisierten CO₂-Krediten bestimmen und mit der Blockchain-Technologie verbundene Risiken adressieren (Ganne 2018, 99). Zudem müssen in Zukunft Richtlinien bezüglich Datenstruktur, Datenschutz und Interoperabilität bestimmt werden, damit sich die Umsetzung von Blockchain-basierten Anwendungen beschleunigt (SAF & UNEP 2022: 7).

Adoptionsbarrieren:

In der Bevölkerung gibt es nur ein begrenztes Wissen darüber, was die Blockchain-Technologie ist und welche Probleme sie lösen kann. Für viele, die schon von der Blockchain-Technologie gehört haben, stellt sie eine abstrakte und komplizierte Technologie mit unklaren Vorteilen dar (Chapron 2017: 404). Ausserdem hat das öffentliche Vertrauen in die Technologie aufgrund der ausführlichen Berichterstattung über den hohen Energieverbrauch und über kriminelle Machenschaften gelitten. Viele Menschen kennen nur die Kryptowährung Bitcoin und wissen nicht, dass es unterdessen sehr energieeffiziente Alternativen gibt. Zudem ist die Kriminalität nicht nennenswert höher ist als in anderen vergleichbaren Branchen. Zudem sind viele Unternehmen noch unerfahren, was diese Technologie angeht, und brauchen politische Rahmenbedingungen, damit sie sich dafür öffnen können (SAF & UNEP 2022: 36). Um weiträumig adaptiert zu werden, muss die Blockchain benutzerfreundlicher gestaltet und den Menschen verständlicher gemacht werden. Eine Adoptionsbarriere im internationalen Umfeld ist, dass sich bei der Implementierung einer Blockchain alle Parteien über alle Elemente des Codes und der Smart Contracts einig sein müssen. Bei jeder späteren Änderung müssen wieder alle Parteien ihre Zustimmung geben. Dies erfordert eine gute Governance, viel Kommunikation mit den Geschäftspartner*innen und ausreichend Zeit. Zudem benötigt man für die Nutzung der Blockchain-Technologie eine schnelle und zuverlässige Internetverbindung (Le Sève et al. 2018: 8), ein mobiles Gerät sowie digitales Know-how (Galen et al. 2018: 13; UNDP 2018: 33).

2.6 Forschungsfrage

Die Kapitel 2.1 – 2.5 zeigen auf, dass man zum Erreichen der Klimaziele neben staatlichen Regulierungen zusätzlich auf marktwirtschaftliche Instrumente wie die CO₂-Kompensation angewiesen ist. Sowohl im CCM als auch im VCM und bei den ITMOs findet sich der Kompensationsmechanismus, mit dem der Klimaschutz zu den geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Kosten erreicht werden soll. Dieser Marktmechanismus wird aber in der Literatur oft kritisiert, da er bisher nur begrenzt dazu beigetragen hat, den Ausstoss von THG am Ursprungsort zu begrenzen.

Insgesamt können die Ziele zur Abschwächung des Klimawandels nur erreicht werden, wenn in den kommenden Jahren viel mehr Geld für Klimaschutzmassnahmen bereitgestellt wird und sich auch die Verhaltensweisen anpassen. Mit dem PA verändert sich zudem der Umgang mit dem Klimawandel, und die Staaten versuchen durch die NDCs wieder mehr Verantwortung zu übernehmen. Mit dieser Ausgangslage ergeben sich neue Herausforderungen, Konflikte und Diskussionspunkte für alle Akteur*innen im marktbasierten Klimaschutz. Technische Innovationen wie die Blockchain-Technologie könnten künftig einen Beitrag dazu leisten, diese Herausforderungen anzugehen. Von der Blockchain-Technologie verspricht man sich, dass sie die Dekarbonisierung der Wirtschaft beschleunigt und das Umsetzen des PA und der Netto-Null Ziele vereinfacht (Beglinger 2018: 1). Es wird behauptet, dass die Blockchain-Technologie Lösungen für die grössten Probleme der Kohlenstoffmärkte wie mangelnde Transparenz, fehlendes Vertrauen, hohe Transaktionskosten und nicht-verifizierbare Wirksamkeit bereithält (Born 2018: 11; Hammer & Vorbach 2010). Mit der Blockchain-Technologie könnte die Finanzierung von Klimaschutzprojekten effizienter und wirksamer gestaltet werden. Trotz der fortschreitenden Implementierung der Blockchain-Technologie hat die Literaturrecherche auch die zahlreichen Herausforderungen und Limitationen der Blockchain-Technologie offenbart, welche bei einer möglichen Implementierung der Technologie immer mitbetrachtet werden müssen (Kapitel 2.5.6).

Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass die Entwicklung an der Schnittstelle zwischen dem marktbasierten Klimaschutz und der Blockchain-Technologie rasant voranschreitet, aber noch wenig empirische Forschung betrieben worden ist; speziell im schweizerischen Kontext. Das Forschungsvorhaben dieser Arbeit beinhaltet unter anderem, die Rollen der verschiedenen Akteur*innen im marktbasierten Klimaschutz zu untersuchen, die Verantwortung für den Klimaschutz zu verorten und bezüglich der aktuellen Herausforderungen und Entwicklungen im marktbasierten Klimaschutz herauszufinden, wie sich die unterschiedlichen Akteur*innen in der Schweiz positionieren. In Bezug auf die Blockchain-Technologie wird analysiert, wie die Interview-Partner*innen das Aufkommen der Blockchain-Technologie bewerten und in welchen Bereichen der CO₂-Kompensation sie das grösste Anwendungspotential der Blockchain-Technologie sehen. Vor dem Hintergrund der zu erwartenden Veränderungen beleuchtet diese Arbeit vor allem die subjektiven Sichtweisen der involvierten Personen und die Perspektiven an der Schnittstelle zwischen CO₂-Kompensation und Blockchain-Technologie.

Die übergeordnete Forschungsfrage lautet folgendermassen:

«Was sind die Funktionsweisen, Herausforderungen und Perspektiven der CO₂-Kompensation und inwiefern kann die Blockchain-Technologie zur Verbesserung der aktuellen Praktiken genutzt werden?»

Die Unterfragen sind die folgenden:

- Wie gestaltet sich das Zusammenspiel der unterschiedlichen Akteur*innen in der CO₂-Kompensation und was sind ihre jeweiligen Aufgaben?
- Welche aktuellen Diskussionen, Herausforderungen und Konfliktpunkte finden sich in der CO₂-Kompensation und welche zukünftige Entwicklung wird im marktbasieren Klimaschutz erwartet?
- Inwiefern eignet sich die Blockchain-Technologie für eine Implementierung im marktbasieren Klimaschutz?
- In welchen Bereichen der CO₂-Kompensation hat die Blockchain-Technologie das grösste Potential, die aktuelle Praktiken zu verbessern?

3 Kontext Schweiz

Im Folgenden wird auf die Ausgangslage in der Schweiz in Bezug auf die CO₂-Kompensation eingegangen. Dabei wird die Klimapolitik angesprochen und es werden die Instrumente des marktbasiereten Klimaschutzes vorgestellt, welche mit der CO₂-Kompensation zu tun haben. Zudem wird eine Übersicht über einige Akteur*innen in der Schweiz sowie über einen möglichen Projektzyklus eines Schweizer Klimaschutzprojekts gegeben.

3.1 Aktuelle Ausgangslage

Aufgrund der hohen Kaufkraft wären Schweizer Unternehmen mittelfristig in der Lage, die für eine CO₂-Neutralität benötigte Menge an ausländischen CO₂-Krediten aufzukaufen (Infras & Perspectives climate group 2020: 11). Ein ausdrücklich erwünschtes Ziel der Schweizer Klimapolitik ist es aber, die nicht vermeidbaren inländischen CO₂-Emissionen grösstenteils auch in der Schweiz zu kompensieren (OcCC 2012). Um dieses Ziel zu erreichen, werden innovative Klimaschutzprojekte in den Bereichen Forstwirtschaft, Moor-Wiedervernässung, Landwirtschaft, Biomasseverwertung und direkte CO₂-Bindung vom Staat finanziert (Infras & Perspectives climate group 2020: 16). Da der Bund und die Kantone aber nur begrenzte finanzielle Mittel dafür aufwenden können, ergänzt die CO₂-Kompensation diese Finanzierungsquellen. Um CO₂-Kredite aus Klimaschutzprojekten verkaufen zu können, muss die CO₂-Kompensation jeweils mindestens 10% der Projektkosten beisteuern, während der restliche Betrag von Stiftungs- oder öffentlichen Geldern gedeckt wird (Gubler 2020: 22).

Allgemein gesehen sind Klimaschutzprojekte in der Schweiz im Vergleich zum Ausland oft sehr kleinräumig und damit bürokratisch aufwendig und teuer. Während es CO₂-Kredite aus dem Ausland bereits ab 10 CHF pro tCO₂e zu kaufen gibt, kostet die im Inland kompensierte tCO₂e aktuell ungefähr 90 CHF (Gubler 2020: 22). Klimaschutzprojekte «in den Bereichen Kernenergie, Wald, Einlagerung von CO₂, Treibstoffwechsel, Brennstoffwechsel und indirekte Emissionsreduktionen durch Forschung und Entwicklung sowie durch Information und Beratung» sind in der Schweiz vorläufig nicht vorgesehen (BAFU 2021: 17). Dies ist der Fall, weil solche Projekte einerseits noch zu wenig erforscht und ausgereift sind. Andererseits können sie aufgrund von Kosteneinsparungen auch ohne die finanzielle Unterstützung aus der CO₂-Kompensation umgesetzt werden. Damit ist bei diesen Projekten der Aspekt der Zusätzlichkeit (Kapitel 2.1.3) nicht mehr gegeben.

In der Schweiz werden zusätzliche Emissionsreduktionen oder Effizienzsteigerungen immer teurer. Zudem sind grossflächige Klimaschutzprojekte aufgrund der dichten Besiedelung nicht umsetzbar. Dies verursacht eine Knappheit an qualitativ hochwertigen und bezahlbaren inländischen CO₂-Krediten (Infras & Perspectives climate group 2020: 77). In Zukunft wird die Schweiz daher weiterhin auf internationale EHS und ausländische CO₂-Kredite angewiesen sein, um die geplanten Klimaschutzziele erreichen zu können. Die Gefahr, dass inländische CO₂-Kredite ins Ausland verkauft werden, besteht nicht, da sie aufgrund des hohen Preises für ausländische Akteur*innen nicht interessant sind.

3.2 Schweizer Klimapolitik

Die gesetzliche Grundlage der schweizerischen Klimapolitik bildet das 2013 revidierte CO₂-Gesetz, welches zur Verankerung und Umsetzung der Ziele des Kyoto-Protokolls im Jahr 2000 in Kraft trat (Dümmler & Rühli 2021: 133). In der Volksabstimmung im Juni 2021 wurde die Vorlage mit dem totalrevidierten CO₂-Gesetz allerdings abgelehnt, was eine gewisse Unsicherheit für die zukünftige Schweizer Klimapolitik schafft. Mit der Unterschrift des PA 2015, hat sich die Schweiz dazu verpflichtet, ihre THG-Emissionen bis 2030 gegenüber 1990 zu halbieren (Dümmler & Rühli 2021: 134). Diese Reduktion entspricht den internationalen Anstrengungen, die Klimaerwärmung auf deutlich unter 2°C gegenüber vorindustrieller Zeit zu begrenzen (Hermwille & Kreibich 2016: 1). Aufgrund der aktuellen Lage hat der Bundesrat 2019 zusätzlich entschieden, dass die Schweiz bis 2050 die CO₂-Neutralität erreichen soll (Dümmler & Rühli 2021: 133). Ab dem Sommer 2022 sollen in der Schweiz die grössten Unternehmen mit der Klimarisikooffenlegungspflicht dazu verpflichtet werden, eine CO₂-Bilanz zu erstellen und über ihre eigenen Emissionen Bericht zu erstatten. Damit hat die Schweiz äusserst ambitionierte Klimaziele, klare Aufgaben und verfolgt eine aktive Politik zur Reduktion der THG-Emissionen (BAFU 2021, 8). Nichtsdestotrotz gibt es noch erhebliche Differenzen zwischen den gesetzten Zielen und den effektiv umgesetzten Klimaschutzmassnahmen und die Schweiz muss die Anstrengungen zur Erreichung der Ziele in den nächsten Jahren verstärken. Um die internationalen Klimaverpflichtungen bis 2030 einzuhalten und die Netto-Null Ziele bis 2050 zu erreichen, nutzt die Schweizer Klimapolitik verschiedene Instrumente. Dazu gehören das Schweizer Emissionshandelssystem (CH-EHS), das Gebäudeprogramm, die CO₂-Lenkungsabgabe auf Brennstoffe und die Kompensationspflicht für Treibstoffimporteure*innen. Während bei der Lenkungsabgabe eine Verhaltensänderung das Ziel ist, geht es beim CH-EHS um eine möglichst effiziente Emissionsreduktion.

3.3 Schweizer Emissionshandelssystem

Das CH-EHS, welches die Emissionsreduktion durch den Handel von Emissionsrechten anstrebt, wurde 2008 eingeführt. Seit 2013 müssen die grössten Schweizer THG-Emittent*innen (Unternehmen mit einem Energieverbrauch über 20MV und einem Gesamtausstoss von rund 5 Millionen Tonnen CO₂) verpflichtend daran teilnehmen. Im CH-EHS werden rund 33% der Schweizer CO₂-Emissionen aus Brennstoffen und 10% der Schweizer THG-Emissionen erfasst (BAFU 2020: 1). Die Emissionsrechte dafür wurden grösstenteils kostenlos an die teilnehmenden Unternehmen verteilt, was den Anreiz für eine firmeninterne Emissionsreduktion schmälerte und für eine folglich eher tiefe Klimawirkung des CH-EHS sorgte (ähnlich wie im EU-EHS, Kapitel 2.1.1). Um die klimapolitischen Ziele zu erreichen und firmeninterne Emissionsreduktionen zu fördern, wäre es denkbar, das CH-EHS weiter auszubauen und neue Akteure*innen miteinzubinden. Da man bei der Teilnahme am CH-EHS aber von der CO₂-Abgabe befreit wird, und anstatt dessen eine den Emissionen äquivalente Anzahl an Emissionsrechten halten muss, würden dadurch die Einnahmen der CO₂-Abgabe

sinken. 2020 wurde das CH-EHS den Verpflichtungen des PA angepasst und mit dem EU-EHS verknüpft (Dümmler & Rühli 2021: 144). Dies soll eine Reduktion von THG-Emissionen dort ermöglichen, wo die Emissionsreduktion am kostengünstigsten erreicht werden kann. Schweizer Unternehmen erhielten durch diese Verknüpfung den Zugang zum deutlich grösseren EHS der EU, was auch Wettbewerbsverzerrungen zwischen Schweizer und europäischen Firmen verringerte und eine höhere Flexibilität bei der Erfüllung der Emissionsreduktion ermöglichte (BAFU 2020: 1, 2).

3.4 Kompensationspflicht für Treibstoffimporteur*innen

Im Bereich der Mobilität sind die Importeur*innen von fossilen Treibstoffen heute dazu verpflichtet, 10% ihrer Emissionen mit der Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation (Klik) zu kompensieren (Infras & Perspectives climate group 2020: 79, 80). Klik ist dabei Käufer von CO₂-Krediten aus vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) geprüften Klimaschutzprojekten, wobei die Kaufmenge und Projektart in der Verordnung des CO₂-Gesetzes definiert ist (BAFU 2021: 6). CO₂-Kredite aus naturbasierten Projekten werden beispielsweise komplett ausgeschlossen. In manchen Fällen entwickelt Klik Projekte auch selbst, unterstützt die Konzeptentwicklung oder gibt Projekte in Auftrag. Die verifizierten Bescheinigungen werden vom Bund autorisiert oder ausgestellt und in der Datenbank des BAFU registriert und stillgelegt.

Momentan sind erst wenige vom Artikel 6 des PA anerkannte CO₂-Kredite aus Emissionsreduktionen im Ausland verfügbar. Um Erfahrungen mit Auslandsreduktionen zu sammeln, erwirbt der Bund seit 2021 ITMOs, um die Kompensation der Treibstoffe zum Teil kosteneffizient im Ausland zu erreichen. Das BAFU schafft mit bilateralen Abkommen die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen, um ITMOs zur Erreichung der NDCs kaufen zu können (Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 32). Bis heute wurden Verträge mit den Ländern Peru, Ghana, Senegal, Vanuatu und Georgien geschlossen, die eine ähnliche Auffassung von Klimaschutz wie die Schweiz haben (SRF 2022). Die internationale Zusammenarbeit beim Klimaschutz ist wichtig, um die eigenen Klimaziele zu erreichen und um anderen Ländern zu helfen, ihre Möglichkeiten zum Klimaschutz auszuschöpfen (Paris agreement 2015: 2). Ein Teil der in diesen Projekten generierten CO₂-Kredite bleibt immer im Gastland, damit es für sie einen zusätzlichen Anreiz gibt, ITMOs bereitzustellen. Klik kann sich also nur einen Teil der Klimawirkung anrechnen lassen, was die Wirkung der ITMOs verstärkt. Nach dem Unterzeichnen eines Abkommens können private Akteur*innen Klimaschutzprojekte entwickeln und die daraus entstehenden CO₂-Kredite an die Schweiz verkaufen (Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 32). Diese ITMOs dürfen dann, egal ob sie für den Staat oder für den VCM gekauft wurden, nur im Käuferland und nicht im Gastland als NDCs angerechnet werden, damit keine Doppelzählung entsteht (SRF 2022).

Alle Projekte müssen hohen Massstäben der Integrität und Wirksamkeit genügen, sowie Menschenrechte achten und nachhaltige Entwicklung fördern (Infras & Perspectives climate group 2020: 66). Weil die Anforderungen gegenüber dem VCM viel höher sind, werden vermutlich insgesamt auch weniger CO₂-Kredite akkreditiert als im VCM. Bisher ist die Schweiz

die einzige Industrienation, welche diese PA-kompatiblen, bilateralen Verträge anstösst (SRF 2022). Damit nimmt sie weltweit eine Vorreiterrolle ein und ebnet den Weg, damit andere Länder ihrem Beispiel folgen können. Es besteht laut Dümmler & Rühli (2021: 179) die Möglichkeit, dass mehrere Länder zusammen ein System für ITMOs aufbauen, das nach einheitlichen Regeln arbeitet. Es wird allerdings noch einige Jahre dauern, bis alle Länder die «institutionellen Hürden überwunden haben, welche durch die neue und dezentralisiertere Architektur des PA entstehen» (Infras & Perspectives climate group 2020: 11). Im Umgang mit den ITMOs sollte die Schweiz darauf achten, dass die damit einhergehenden Kostenvorteile nicht eine Verlangsamung der Dekarbonisierung in der Schweiz verursachen (Infras & Perspectives climate group 2020: 76).

3.5 Private Akteur*innen

Neben den verpflichteten Unternehmen beteiligen sich auch immer mehr kleinere Unternehmen, öffentliche Institutionen, Organisationen und Privatpersonen am freiwilligen Klimaschutz (Kapitel 2.1.2). Die Verringerung des CO₂-Fussabdrucks kann durch die Reduktion der eigenen Emissionen, den Kauf von CO₂-neutralen Produkten und Dienstleistungen oder durch die Kompensation von nicht-vermeidbaren Emissionen geschehen (Strasdas et al. 2010: 51). Für die CO₂-Kompensation können private Akteur*innen entweder CO₂-Zertifikate bei Kompensationsorganisationen und Projektbetreibern kaufen oder eigene Projekte entwickeln und betreiben. Mit dem zweiten Ansatz können Zwischenhändler*innen umgangen werden, womit Kosten eingespart und Transparenz geschaffen werden kann (Strasdas et al. 2010: 51). Private Akteur*innen kompensieren ihre Emissionen zumeist aufgrund der moralischen Motivation, etwas Gutes für das Klima machen zu wollen (Blasch & Farsi 2012: 7). Wichtige Motive für diese Handlung sind laut Blasch & Farsi (2012: 6) auch soziale Normen und das Bedürfnis nach gesellschaftlicher Anerkennung. Dabei halten sich Privatpersonen meistens an das Verhalten von Kolleg*innen und der Familie, um soziale Anerkennung zu erlangen (Blasch & Farsi 2012: 6). Schliesslich sind auch «internalisierte Normen wie Schuldgefühle, ein schlechtes Gewissen und der Wunsch nach einem positiven Selbstbild Gründe für den Kauf einer freiwilligen CO₂-Kompensation» (Blasch & Farsi 2012: 7).

Die Zahlungsbereitschaft scheint in vielen Fällen stark kontextabhängig zu sein (Blasch & Farsi 2012: 24). Private Akteur*innen zeigen Präferenzen was die Wahl des Klimaschutzprojekts angeht und scheinen einen grossen Wert auf die Zertifizierung mit Standards zu legen (Blasch & Farsi 2012: 8, 25). Zudem gibt es bei den Schweizer Akteur*innen eine grosse Nachfrage nach inländischen Zertifikaten. Jedoch ist es für sie schwierig, inländische CO₂-Kredite zu kaufen, weil Klik und Förderprogramme des Bundes einen Grossteil der vorhandenen, inländischen CO₂-Kredite aufkaufen. Da die Schweizer Emissionen aufgrund der Lieferketten und des hohen Importvolumens teilweise sowieso im Ausland anfallen, ist aber auch der Kauf ausländischer CO₂-Kredite eine legitime Alternative.

3.6 CO₂-Kompensation in der Praxis

Die Schweizer Akteur*innen im Bereich der CO₂-Kompensation erfüllen unterschiedliche Aufgaben. Sie stellen eine Plattform für CO₂-Kompensationen bereit, bieten Beratung zum Klimaschutz und zur Emissionsreduktion an, validieren und verifizieren als externe Prüfstellen die Projekt- und Monitoringberichte oder entwickeln eigene Klimaschutzprojekte. Eine Übersicht über die wichtigsten Schweizer Akteur*innen und deren Tätigkeitsbereiche (grün eingefärbt) findet sich in Tabelle 3. Diese Tabelle hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit und beruht auf Daten des BAFU (2022) und Informationen der aufgelisteten Unternehmen.

Tabelle 3: Übersicht über einige der wichtigsten Schweizer Unternehmen im Bereich der CO₂-Kompensation, eigene Darstellung.

Unternehmen	CO ₂ -Kompensation	Beratung zu Klimaschutz	Prüfstelle	Projektentwicklung
My climate				
South Pole AG				
Carbon-connect AG				
Swiss climate AG				
First climate AG				
EBP Schweiz AG				
pwc				
INFRAS AG				
Brugger & Partner AG				
econcept AG				
ClimatePartner				

Jedes Klimaschutzprojekt in der Schweiz durchläuft einen gewissen Projektzyklus (Abbildung 5). Nachdem ein Projekt entworfen wurde, muss es auf seine Integrität und Wirksamkeit geprüft werden (Kapitel 2.1.3). Für diese Qualitätsprüfung gibt es in der Schweiz offizielle Prüfstellen, welche die beim BAFU eingereichten Projekte zertifizieren. Als Zertifizierung bezeichnet man dabei den Prozess der Validierung und Verifizierung der Klimaschutzprojekte (Gubler 2020). Bei der Validierung handelt es sich um eine vorausschauende Bestätigung, dass ein Projekt den Vorschriften eines gewissen Standards entspricht. Die Prüfstelle kontrolliert dabei die Projektbeschreibung auf Vollständigkeit und Konsistenz. Zusätzlich werden die Methoden beurteilt und es wird analysiert, ob das Projekt den Anforderungen an Zusätzlichkeit entspricht. Dafür wird ein Validierungsbericht verfasst und das BAFU entscheidet, ob das Projekt den Ansprüchen genügt und implementiert werden darf (BAFU 2021). Sobald ein Projekt umgesetzt worden ist, verifiziert eine andere Prüfstelle, ob das

Projekt entsprechend der Projektbeschreibung umgesetzt worden ist, ob die Vorschriften des Standards erfüllt werden und ob der Monitoringbericht der Wahrheit entspricht (Bumpus 2011: 622). Dafür werden die für das Monitoring erhobenen Daten, die Prozesse zur Datenerhebung und die Berechnungen für den Nachweis der Emissionsreduktion überprüft. Es wird ein Verifizierungsbericht verfasst, welcher sich «nachvollziehbar zu den, für das Monitoring verwendeten Technologien, Anlagen, Ausrüstungen und Geräten, äussert» (BAFU 2021: 31). Für verifizierte CO₂-Kredite stellt das BAFU Bescheinigungen im Emissionshandelsregister aus, welche beispielsweise von Klic gekauft werden können. Wichtig ist, dass für die Validierung und Verifizierung nicht dieselbe externe Prüfstelle beauftragt wird (BAFU 2021). Der Ablauf der Umsetzung eines Klimaschutzprojektes ist mitunter vom späteren Verwendungszweck abhängig und kann sich im VCM auch stark von dem vorgestellten Projektzyklus unterscheiden. Je nach Projekt ist eine Kompensationsorganisation in die Projektentwicklung miteinbezogen oder fungiert als Anlaufstelle bei Fragen.



Abbildung 5: Möglicher Projektzyklus eines Klimaschutzprojektes in der Schweiz (basierend auf Informationen aus BAFU 2021), eigene Darstellung.

4 Theoretischer Zugang

Den theoretischen Zugang für diese Forschungsarbeit bilden die wirtschaftsgeografischen Theorien der Vermarktlichung, der Kommodifizierung sowie Finanzialisierung der Natur und des Neoliberalismus. Diese in der akademischen Literatur weit verbreiteten Theorien, sollen helfen, die Thematik dieser Arbeit besser einzuordnen und dem Forschungsgegenstand einen analytischen Rahmen zu geben. Die Theorien werden verwendet, um die aktuellen Entwicklungen im marktbasieren Klimaschutz zu erklären und in einem breiteren Kontext zu verorten. Während im ersten Teil dieses Kapitels die Theorien besprochen werden, beschäftigt sich der zweite Teil mit dem direkten Bezug zwischen dem Forschungsgegenstand und den Theorien.

4.1 Wirtschaftsgeografische Theorien

Beim Markt handelt es sich um einen «Ort, an dem Angebot und Nachfrage bezüglich bestimmter Güter aufeinandertreffen und der Preis für diese Güter ermittelt wird» (BpB 2022). Beim vollkommenen Markt «kommt es auf dem Markt zu einem Gleichgewicht, da von Anbietern und Nachfragern ständige Anpassungen ihrer Vorstellungen von Preis und Menge vorgenommen werden» (BpB 2022). Damit ein Markt aufgebaut werden kann, welcher den kalkulierten und monetarisierten Austausch von Gütern ermöglicht, benötigt es laut Berndt und Boeckler (2012: 205) den «Prozess der Gestaltung, Implementierung, Aufrechterhaltung und Reproduktion spezifischer soziotechnischer Vereinbarungen». Das Arrangement von Menschen, nicht-menschlichen sowie soziotechnischen Akteur*innen produziert damit den Markt und sorgt dafür, dass er soziale Wirklichkeit wird (Berndt & Boeckler 2012: 204). Çalışkan und Callon (2010) führen dafür den Begriff «*marketisation*» ein, welcher auch mit «Vermarktlichung» übersetzt werden kann. Dieser Begriff umfasst die gesamte Forschung welche «Form, Konstitution und Dynamik eines soziotechnischen Marktarrangements beschreibt, analysiert und verständlicher macht» (Çalışkan und Callon 2010: 3). Berndt und Boeckler (2012: 205) erklären, dass «die technische Gestaltung der Märkte das Herzstück des Marketisierungsprozesses bildet, da anhand der Ausgestaltung der notwendigen Vermessungs- und Kalkulationsinstrumente für ehemals nicht wirtschaftliche Bereiche neu ein Markt geschaffen wird».

Damit im Markt Waren gehandelt werden können, muss laut Berndt und Boeckler (2012: 205) ein Gut zuerst zu einer Ware gemacht werden. Diesen Prozess, welcher eng mit der «*marketisation*» verbunden ist, bezeichnet man als Kommodifizierung. Die Kommodifizierung «lässt sich als ein performativer» Prozess betrachten, bei dem bestimmte Vorstellungen und Muster, wie eine Ware und ihr Markt beschaffen sind, in der ökonomischen Praxis realisiert und räumlich materialisiert werden» (Ermann 2020: 4). Logiken der Vermarktlichung haben sich laut Corson et al. (2013) erst in den letzten zwei Jahrzehnten auf die Natur ausgeweitet und eine kapitalistische Aneignung des ökologischen Gemeinguts durch Marktlösungen kann beobachtet werden (McMichael 2009; Lohmann 2016).

Der Begriff «*commodification of nature*» wurde von Castree (2003) eingeführt und beschreibt das Umfunktionieren der Natur und natürlicher Ressourcen in handelbare Naturwerte. Bei der Kommodifizierung der Natur und ihrer Ökosystemdienstleistungen werden die Qualitäten von Ökosystemen quantifiziert und damit sichtbar und vergleichbar gemacht (Collard et al. 2016: 477; Sullivan 2012). Indem man der Natur und den Prozessen, die sich in ihr abspielen, einen Wert zuschreibt, definiert man sie rechtlich sowie technisch und verbindet sie mit dem kapitalistischen System (Chiapello & Engels 2021: 522). Die Naturwerte werden marktförmig gemacht und können von den Marktteilnehmenden als Waren in spezialisierten Märkten gehandelt werden (Paul & Schellenberger 2015: 57; MacKenzie 2012: 58; Webber & Kennedy 2018: 77). Damit wird die kommodifizierte Natur für eine moderne liberale Regierungsführung handhabbar gemacht und in finanzielle Entscheidungsprozesse miteinbezogen.

Neben der Vermarktlichung und Kommodifizierung findet auch eine Finanzialisierung der Natur statt, die Kemp-Benedict und Kartha (2019: 69) als «Schaffung umweltbasierter Waren und handelbarer finanzieller Vermögenswerte» bezeichnen (Kemp-Benedict & Kartha 2019: 69). In diesem Prozess werden, wie oben erwähnt, «Teile der Natur zu Produkten der Finanzwelt, indem man ihnen eine finanzielle Wertform zuschreibt» (Kemp-Benedict & Kartha 2019: 69). Damit werden Anreize geschaffen, die Natur Phänomene wie der Gewinnmaximierung auszusetzen. Indem man die Natur zur Effizienzsteigerung den Schwankungen und Unsicherheiten des Marktes unterwirft, werden Anlage- und Spekulationsmöglichkeiten geschaffen (Collard et al. 2016: 469; Corson et al. 2013). Diese Ausweitung des Finanzwesens auf die Natur und auf naturbasierte Produkte kann laut Leyshon und Thrift (2007) als neoliberale Praktik angesehen werden, da mithilfe von Finanzkapital neue Produkte geschaffen und damit Gewinne erzielt werden.

Beim Neoliberalismus handelt es sich um eine makroökonomische Doktrin, welche die Deregulierung der staatlichen Kontrolle über die Industrie, die Aufwertung der privaten Unternehmen, die Senkung von Unternehmenssteuern, die Privatisierung öffentlicher Dienstleistungen, die Intensivierung des Wettbewerbs, das Misstrauen gegenüber dem Staat, die Abschaffung von Zöllen, den Abbau von Sozialprogrammen und die Deregulierung von Währungen beinhaltet (Ferguson 2010: 170; Peck et al. 2009: 50). Die neoliberale Ideologie beruht laut Peck et al. (2009: 50) auf «der Ansicht, dass offene, wettbewerbsgesteuerte und unregulierte Märkte, welche frei von staatlichen Interventionen und Einflüssen von Sozialverbänden selbständig ein unverzerrtes Marktgleichgewicht herstellen können, die beste Voraussetzung für sozioökonomische Entwicklung darstellen». Während der Liberalismus versucht, ein Gleichgewicht zwischen Staat und Markt zu finden, werden im neoliberalen Staat sogar Kernfunktionen des Staates an private Anbieter ausgelagert (Ferguson 2010: 172). Zudem sollte der Staat selbst möglichst wie ein Unternehmen geführt werden und neue, marktbasierende Regierungstechniken eigenständig entwickeln (Ferguson 2010: 170 - 172). Der Neoliberalismus steht für eine Politik, welche die Kapitalbesitzer enorm bereichert hat. Gleichzeitig hat er aber «zum Abbau wohlfahrtsstaatlicher Leistungen, zu zunehmender Ungleichheit, zu sozialer Unsicherheit und damit allgemein zu einer Verschlechterung der Lebensqualität der Arbeiterklasse und der Armen geführt» (Ferguson

2010: 170). Laut Peck et al. (2009: 51) unterscheidet sich die Ideologie des Neoliberalismus von seiner alltäglichen Manifestierung und den gesellschaftlichen Auswirkungen. Viele Aspekte der neoliberalen Ideologie sind in der Praxis nicht umsetzbar oder ziehen dramatische, negative Konsequenzen nach sich (Peck et al. 2009: 51).

Ein Beispiel für das Scheitern der neoliberalen politischen Praxis aufgrund unregulierter Marktmechanismen ist der Klimawandel. Beim Klimawandel handelt es sich nämlich neben einer sozialen, ökologischen und politischen Krise vor allem auch um ein Marktversagen (Bryant 2019: 3). Die sozialen Grenzkosten (Kosten, die der CO₂-Ausstoss verursacht) liegen über den privaten Grenzkosten (Kosten, die man für CO₂-Ausstoss bezahlen muss), womit ein negativer externer Effekt entsteht (Dümmler & Rühli 2021: 83). Im selbstregulierenden Markt ist der wahre Preis der Umweltverschmutzung nicht erfasst worden und diejenigen, die Emissionen erzeugen, kommen nicht für die damit verbundenen zusätzlichen Kosten auf (Hermwille & Kreibich 2016: 2). Damit dieses Marktversagen angegangen werden kann, müssen die externen Kosten des CO₂-Ausstosses internalisiert werden, indem Aktivitäten, die mit dem Ausstoss von CO₂ einhergehen, durch staatliche Regulierung bepreist werden (Hermwille & Kreibich 2016: 2; Bryant 2019: 9). Durch die Bepreisungen werden die Preise von klimaschädlichen Aktivitäten und Produkten erhöht und die Konsumenten können dann mit ihren Konsumententscheidungen die weitere Nachfrage nach diesen Produkten zu ihrem wahren Preis bestimmen (Dümmler & Rühli 2021: 81). Dümmler und Rühli (2021: 103) erwarten, dass durch eine adäquate Bepreisung des CO₂-Ausstosses ein Grossteil der Unternehmen ihr Verhalten anpassen und interne Emissionsreduktionen umsetzen muss.

Ferguson (2010: 171) weist darauf hin, dass der Neoliberalismus viel komplizierter ist als seine Definition vermuten lässt und er nicht als Ursache aller Probleme angesehen werden soll. Es wird argumentiert, dass nicht alle Marktmechanismen automatisch zu einer neoliberalen Vermarktlichung oder Kommodifizierung führen. Ferguson (2010: 183) führt aus, dass einige Regierungstechniken des Neoliberalismus sogar für eine sinnvolle Klimapolitik genutzt werden können.

4.2 Bezug zum marktbasierten Klimaschutz

Es gibt im marktbasierten Klimaschutz zwei Instrumente, um eine Bepreisung des CO₂-Ausstosses zu organisieren und damit externe Kosten zu internalisieren. Um eine Lenkungswirkung und Verhaltensänderung zu erreichen, wird die CO₂-Steuer als Lenkungsabgabe verwendet. Um stattdessen eine Marktwahrheit zu erreichen, gibt es die Marktmechanismen, welche die CO₂-Kompensation durch den Kauf von CO₂-Krediten ermöglichen (Hermwille & Kreibich 2016: 2). Bei beiden Instrumenten handelt es sich um staatliche Eingriffe in den freien Markt um das Marktversagen beim Klimawandel abzuschwächen und über Marktmechanismen Gelder für die Finanzierung von Klimaschutzmassnahmen zu mobilisieren (Allianz für Entwicklung und Klima 2020, 6). Speziell bei der CO₂-Kompensation finden sich die oben genannten wirtschaftsgeografischen Theorien wieder.

Bei der CO₂-Kompensation durch naturbasierte Klimaschutzmassnahmen wird eine Wirtschaft aufgebaut, die das Klima miteinbezieht und Ökosystemdienstleistungen ins Zentrum stellt (Lohmann 2016: 480). Um dem Klimawandel zu begegnen, werden immer wieder neue marktfähige CO₂-Kredite entwickelt, welche auf der Kommodifizierung der Natur beruhen. Diese immateriellen Naturwerte entstehen, wenn die Ökosystemdienstleistung «CO₂-Speicherung» kommodifiziert und damit wirtschaftlich nutzbar gemacht wird (Bumpus 2011: 612). Wie Berndt und Boeckler (2012: 205) beschreiben, ist «das exakte Funktionieren der zugrundeliegenden technischen Hilfsmittel, Modellen und zahlenbasierten Kalkulationsinstrumenten» eine wichtige Voraussetzung bei der Vermarktlichung. Im marktbasieren Klimaschutz werden die komplexen physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse des CO₂ abstraktiviert und möglichst genau gemessen. In einem soziotechnischen Prozess werden sie dann auf identische, einheitliche und austauschbare Naturwerte reduziert, wobei ein CO₂-Kredit beispielsweise einer Emissionsreduktion von 1 t CO₂e entspricht (MacKenzie 2012: 53; Bumpus 2011: 612 & 616).

Sowohl bei der Bilanzierung der NDCs als auch im CCM und VCM ist man auf eine solche Standardisierung der CO₂-Kredite angewiesen. Es findet eine zunehmende Intensivierung der Vermessung statt, um CO₂-Flüsse so genau wie möglich zu bestimmen. Mit dem Aufkommen der Blockchain-Technologie könnten sich diese Praktiken nochmals verstärken, da eine solche Datenbank-Technologie optimal arbeiten kann, wenn sie es mit homogenen Datensätzen zu tun hat. Eine zunehmende Automatisierung und Effizienzsteigerung ist nur möglich, wenn die verwendeten Datensätze eine einheitliche Struktur aufweisen. Vor allem mit der Tokenisierung von CO₂-Krediten findet eine neue Form der Abstraktiverung statt, welche den einfachen Kauf und Handel von Token ermöglicht und die Bürokratie und die Transaktionskosten verringert.

Damit wird klar, inwieweit die Befürworter des marktbasieren Ansatzes alle Facetten der natürlichen Welt, die aus Kohlenstoff besteht, als handelbare finanzielle Repräsentationen umgestalten wollen (Bigger & Carton 2020: 655). Da es aber beinahe unmöglich ist, die Komplexität des CO₂-Flusses genau zu erfassen (Kemp-Benedict & Kartha 2019: 74), sind diese marktformigen CO₂-Kredite immer mit grosser Unsicherheit behaftet und nur eingeschränkt für den Handel im freien Markt geeignet.

Der marktbasierte Klimaschutz kann auch als neoliberale Praktik angesehen werden. Collard et al. (2016: 470) erklären, dass es ein Merkmal der neoliberalen Ära ist, regulatorische Voraussetzungen für die weitere Ausbeutung natürlicher Ressourcen zu schaffen. Die verschiedenen Ökosystemdienstleistungen werden in einem neoliberalen Ansatz in austauschbare Einheiten unterteilt, was deren Aggregation, Austausch und wirtschaftliche Zirkulation ermöglicht (Lohmann 2016: 487). Die neoliberalistische Argumentation besagt, dass der Markt die Abschwächung des Klimawandel mit dem marktbasieren Klimaschutz effizienter und günstiger erreichen kann, als staatliche Massnahmen es können. Da liberale Regierungen den Klimaschutz gerne ins Ausland verlagern, werden staatliche Regulierungen in gewissen Fällen durch Marktösungen verdrängt. Finanzkapital soll mithilfe des

Marktmechanismus dorthin gelenkt werden, wo die Grenzkosten am niedrigsten sind (Sipthorpe 2022: 1). Damit dieser Ansatz umgesetzt werden kann, wird oft von den Ländern im globalen Süden erwartet, dass sie sich im Namen der Effizienz dem globalen Norden und seinen Investitionen in Klimaschutzprojekte öffnen. Dieser Prozess zentralisiert die Macht über diese Projekte in den Händen weniger, während der Zugang zu diesen globalen Gemeingütern der lokalen Bevölkerung vorenthalten wird (McMichael 2009). Oft geht die Kommodifizierung der Natur für Marktzwecke mit der Enteignung und Vertreibung von sozioökonomisch gefährdeten Bevölkerungsgruppen einher (Vigil 2018), wobei sie durch das Narrativ des Klimaschutzes und der Nachhaltigkeit legitimiert wird (Fairhead et al. 2012).

5 Methodik

Um die Forschungsfrage und die Unterfragen (Kapitel 2.6) dieser Arbeit zu beantworten, wurden zwei unterschiedliche Methoden gewählt. Zum einen fand eine ausführliche Literaturrecherche zu Beginn der Arbeit statt. Sie sollte über den aktuellen Forschungsstand in der CO₂-Kompensation und Blockchain-Technologie informieren und die Chancen und Limitationen der Blockchain im Bereich der CO₂-Kompensation beleuchten. Die Literaturrecherche diente dazu zu verstehen, ob sich diese beiden Forschungsthemen verknüpfen lassen, inwiefern es bereits Blockchain-Anwendungen im Kohlenstoffmarkt gibt und in welchen Bereichen der CO₂-Kompensation das Potential für eine Anwendung der Blockchain-Technologie am grössten ist. Zum anderen wurden zur Erhebung qualitativer Daten Interviews mit unterschiedlichen Expert*innen aus dem Feld der CO₂-Kompensation durchgeführt, um differenzierte und aktuelle Einblicke in das Forschungsthema zu erhalten. Dabei wurde versucht, Menschen mit spezifischem Blockchain-Wissen ausfindig zu machen. Mithilfe dieser Interviews sollte gezeigt werden, welche Diskussionen und Herausforderungen die CO₂-Kompensation heute prägen, inwiefern die Blockchain-Technologie im Klimaschutz bereits verwendet wird, wo die Implementierung Sinn macht und wo es Alternativen gibt. Nach dem Prinzip der hermeneutischen Spirale wurde das Wissen während der Datenerhebung ständig verfeinert (Reuber & Gebhardt 2011: 98).

5.1 Datenerhebung

5.1.1 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche zu Beginn der Arbeit war wichtig, um einen Überblick über die beiden komplexen Forschungsthemen zu erlangen, die Funktionsweisen zu verstehen und den Forschungsstand herauszufiltern. Sie half sowohl bei der Entwicklung eines theoretischen Rahmens und einer fundierten Forschungsfrage als auch bei der Ausarbeitung des Forschungsstandes und bei der Gestaltung des Interviewleitfadens. Bei der Literaturrecherche wurden wissenschaftliche Artikel, Berichte von internationalen Organisationen, Zeitungsartikel und Webinare verwendet. Die meisten Suchergebnisse wurden über Google Scholar oder auf den Websites der verschiedenen internationalen Organisationen, des BAFU, der Kompensationsorganisationen und der Standards gefunden. Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass die Blockchain-Technologie momentan in diversen Bereichen auf ihre Anwendbarkeit getestet wird und die CO₂-Kompensation als mögliches Anwendungsgebiet auch dazu gehört. Auch die Wichtigkeit des PA für den Klimaschutz wurde in der Literaturrecherche ersichtlich. Da sich sowohl der marktbasierter Klimaschutz als auch die Blockchain-Technologie ständig weiterentwickeln, wurde wenn möglich auf aktuelle Literatur zurückgegriffen. Die Literaturrecherche deckte das gesamte Spektrum von äusserst kritischer bis zu äusserst positiver Haltung gegenüber dem marktbasierter Klimaschutz und der Blockchain-Technologie ab.

5.1.2 Experteninterviews

Um das Ziel dieser Arbeit zu erreichen, wurden neben der Literaturrecherche Interviews mit den verschiedenen Expert*innen im Forschungsfeld durchgeführt. Die theoretisch informierte, empirische Forschung ergänzte und vervollständigte dabei das mit der Literaturrecherche gesammelte Wissen. Bei den Interviewpartner*innen handelte es sich um Personen mit Expertise aus Kompensationsorganisationen, Beratungsunternehmen, Blockchain-Unternehmen und aus der Projektentwicklung.

Als Interviewform für die qualitative Datenerhebung wurde das «Experteninterview» gewählt. Bogner und Menz (2002: 7) erklären, dass die meisten empirischen Untersuchungen an einem gewissen «Punkt des Forschungsprozesses auf das Wissen spezifischer, für das Fach- und Themengebiet als relevant erachteter Akteure zurückgreifen». Die Vorteile dieses Interviewtyps sind, der vereinfachte Zugang zu Wissen (Helfferrich 2014: 561), die dichte Datengewinnung (Bogner & Menz 2002: 7), und die zumeist vorhandene sprachliche und soziale Kompetenz der Expert*innen (Bogner & Menz 2002: 7). Die Expert*innen können bei der Orientierung in einem unübersichtlichen Forschungsfeld helfen und zur Schärfung des Problembewusstseins beitragen (Bogner & Menz 2002: 37). Dabei muss für jedes Handlungsfeld und jede Forschungsfrage im Einzelnen entschieden werden, wer als Expert*in für ein Interview in Frage kommt (Helfferrich 2014: 561). «Experteninterviews» sind durch die spezifische Zielgruppe definiert (im Gegensatz zu Leitfadeninterviews, welche über die Methode «Leitfaden» definiert sind) und es steht vor allem das Wissen und die Position der Interviewpartner*innen im Fokus (Helfferrich 2014: 560). Expert*innen werden dahingehend auch «aufgrund ihres speziellen Status und nicht als Privatpersonen befragt» (Helfferrich 2011: 163). Van Audenhove und Donders (2019: 181) beschreiben drei Prozesse, welche zu einer Expertise führen können. Sie kann erstens das «Ergebnis von Erfahrungen, Bildung oder Wissenschaft», zweitens das «Ergebnis der Verantwortung oder Macht» und drittens das «Ergebnis einer bestimmten Position, die eine Person in bestimmten Prozessen oder in einer Gruppe einnimmt» sein. Dieses Wissen in einem bestimmten Tätigkeitsbereich wird von Bogner & Menz (2002: 43, 44) in drei Dimensionen unterteilt. Das technische Wissen beschreibt dabei den theoretischen Wissensvorsprung, das Prozesswissen das durch praktische Erfahrungen erworbene Wissen und das Deutungswissen die subjektive Relevanz und Wahrnehmung der Expert*in (Bogner & Menz 2002: 43, 44).

Für die «Experteninterviews» dieser Arbeit wurden im ersten Schritt die passenden Organisationen und Unternehmen und erst im zweiten Schritt die richtigen Expert*innen innerhalb dieser Unternehmen ausfindig gemacht. Für ersteres wurden Auflistungen bestehender Arbeiten (Gubler 2020) und staatlicher Websites (BAFU 2022) verwendet, während für zweiteres vor allem auf biografische Informationen auf LinkedIn, sowie auf wissenschaftliche Beiträge der Expert*innen (Interview 10) zurückgegriffen wurde. Expert*innen wurden auch durch die Schneeball-Methode nach Van Audenhove & Donders (2019: 189) identifiziert (Interview 11), wobei der interviewte Experte nach weiteren Expert*innen im Forschungsbereich gefragt wird.

Wie von Helfferich (2011: 164) und Van Audenhove & Donders (2019) vorgeschlagen, wurde für die qualitative Datenerhebung ein teilstrukturierter Leitfaden (Kapitel 9.1) verwendet. Aufgrund der biografischen Informationen und unterschiedlichen Hintergründe wurde der Leitfaden vorab auf jedes Gespräch angepasst, damit von den jeweiligen Expert*innen optimal profitiert werden konnte. Neu gewonnene Erkenntnisse wurden dann, gemäss der hermeneutischen Spirale, in die Leitfäden noch bevorstehender Interviews eingearbeitet (Reuber & Gebhardt 2011: 98). Der Leitfaden (Kapitel 9.1) enthält neben den explizit vorformulierten Fragen und Erzähl-Aufforderungen auch Stichworte für frei formulierbare Fragen. Der teilstrukturierte Leitfaden schränkt die maximale Offenheit nach dem Prinzip «So offen wie möglich, so strukturierend wie nötig aus Gründen des Forschungsinteresses oder der Forschungspragmatik ein» (Helfferich 2014: 560). Eine gewisse Offenheit ist laut Helfferich (2014: 562) nötig, damit die Interviewpartner*innen «den Raum haben, das zu sagen, was sie sagen möchten». Den Interviewenden hilft die Offenheit, damit sie das Interview steuern, Fragen neu ordnen und zusätzliche Fragen hinzufügen können (Helfferich 2014: 562). Trotzdem war auch eine gewisse Strukturierung notwendig, damit Informationen zu den verschiedenen Themenblöcken abgefragt werden konnten. Helfferich (2011: 164, 180) erklärt, dass ein guter Leitfaden nicht überladen, übersichtlich, thematisch begrenzt und dem Status der Expert*innen gerecht sein soll. Ein Leitfaden ist wichtig, damit sich der Interviewende beim Interview kompetent und sicher fühlt.

Der Leitfaden wurde nach dem Vorgehen der SPSS-Formel von Helfferich (2011: 182ff.) erstellt:

1. Das Sammeln von Fragen («S»): Zusammentragen von Fragen, die möglichst viele Teilaspekte des Forschungsinteresses abdecken
2. Das Prüfen der Fragen («P»): Kritische Analyse und Überprüfung der Fragen
3. Das Sortieren («S»): Sortieren und bündeln der verbleibenden Fragen nach zeitlicher Abfolge und inhaltlicher Zusammengehörigkeit
4. Das Subsumieren («S»): Unterfragen den Hauptfragen unterordnen

Da das Forschungsinteresse bei dieser Arbeit sehr informationsbezogen war, erfolgte eine geglättete, teilweise zusammenfassende Transkription. Gebhardt et al. (2012: 165) erklären, dass diese Transkriptionsmethode für geografische Arbeiten, wo der Sachinhalt der Interviews im Mittelpunkt steht, gut geeignet ist. Die Lesbarkeit der Transkripte wird verbessert, indem «der Dialekt bereinigt, Satzbaufehler aufgehoben» und «die Besonderheiten des Sprechens, wie Interjunktionen» vernachlässigt wird (Gebhardt et al. 2012: 165).

Es wurde zwölf Interviews mit einer Dauer von durchschnittlich 45 Minuten durchgeführt (Tabelle 4). Neun Interviews wurden direkt in Hochdeutsch durchgeführt, während drei in Englisch durchgeführt und später ins Hochdeutsche übersetzt worden sind. Aufgrund der Covid-19 Situation und der räumlichen Distanz zu den Expert*innen haben alle Interviews online über Zoom stattgefunden. Die Interviews wurden mit zwei Aufnahmegeräten gleichzeitig aufgezeichnet, um den eventuellen Ausfall eines Gerätes kompensieren zu

können. Nach Ende des Interviews wurden die Sprachaufnahmen direkt auf dem Onedrive der Universität gespeichert, um möglichen Datenverlust zu verhindern.

Tabelle 4: Informationen zu den Interviews, eigene Darstellung.

Interview	Datum	Dauer	Bereich	Speziell
Interview 1	20.01.2022	33min	Kompensationsorganisation	
Interview 2	21.01.2022	35min	Kompensationsorganisation	Spezifisches Blockchain-Wissen
Interview 3	26.01.2022	42min	Beratungsunternehmen	
Interview 4	27.01.2022	37min	Kompensationsorganisation	
Interview 5	28.01.2022	24min	Kompensationsorganisation	Spezifisches Blockchain-Wissen
Interview 6	03.02.2022	33min	Kompensationsorganisation	
Interview 7	04.02.2022	45min	Beratungsunternehmen	
Interview 8	22.02.2022	46min	Beratungsunternehmen	
Interview 9	23.02.2022	55min	Kompensationsorganisation	
Interview 10	03.03.2022	50min	Beratungsunternehmen	Spezifisches Blockchain-Wissen
Interview 11	09.03.2022	60min	Ehemals beim BAFU, mittlerweile selbständig	Spezifisches Blockchain-Wissen
Interview 12	23.03.2022	40min	Mitarbeiter*in eines Standards	

5.2 Datenanalyse

Für die systematische Datenanalyse wurde in dieser Arbeit mit der Kategorisierung von Textpassagen ein qualitativ-interpretativer Ansatz gewählt (Puppis 2019: 369). Innerhalb der unterschiedlichen qualitativ-interpretativen Datenanalyseverfahren wurde die inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse nach den Vorgaben von Mayring (2010) und Kuckartz (2018: 97ff.) gewählt. Bei der qualitativen Inhaltsanalyse geht es darum, «am Material ausgewählte inhaltliche Aspekte zu identifizieren, zu konzeptualisieren und das Material im Hinblick auf solche Aspekte systematisch zu beschreiben – beispielsweise im Hinblick darauf, was zu bestimmten Themen im Rahmen einer Interviewstudie ausgesagt wird» (Schreier 2014: 5). Diese Aspekte bildeten zusammen mit den relevantesten Aspekten aus der Literaturrecherche die Struktur eines Kategoriensystems, welches die übergeordnet wichtigen Themenbereiche zur Beantwortung der Forschungsfragen in Kategorien ordnete (Schreier 2014: 5). Es gibt die Möglichkeit, die Kategorien eher theoriegeleitet (deduktiv), oder

datengeleitet (induktiv) zu entwickeln (Schreier 2014: 6). Für diese Arbeit wurde eine Kombination der beiden Ansätze verwendet, und einige Kategorien wurden basierend auf der Literaturrecherche gebildet. Nach der Kategorienbildung begann die Kodierung des gesamten Textmaterials. Dabei wurden die relevanten Teile des Textmaterials den gebildeten Kategorien zugeordnet, um das erhobene Textmaterial damit in den Ergebnissen zusammenfassend beschreiben zu können (Puppis 2019: 379; Schreier 2014: 20). Für die Ergebnisse der Forschung wurden demnach nur «Textstellen verwendet, die sich auf die Kategorien beziehen» (Mayring & Fenzl 2014: 544). Dadurch wurde die Datenmenge und Komplexität reduziert, was unvermeidlich mit dem Verlust von Information einhergeht, aber grundlegend wichtig ist, um sich auf die Aspekte, welche die Forschungsfrage beantworten, zu konzentrieren (Puppis 2019: 370). Das Vorgehen war durch die Kategorisierung, anders als bei anderen Analysemethoden, «streng regelgeleitet und damit stark intersubjektiv überprüfbar» (Mayring & Fenzl 2014: 543).

Kategorien dieser Forschungsarbeit:

- Facetten des Klimaschutzes
 - Rolle der Standards
 - Rolle der Kompensationsorganisationen
 - Rolle der privaten Akteur*innen
 - Rolle des Staates
 - Umsetzung des PA
 - Situation heute
 - Marktmechanismen
 - Zukünftige Entwicklung
- Blockchain
 - Potential
 - Stand der Implementierung
 - Alternativen
 - Mögliche Anwendungsbereiche
 - Architektur für PA
 - Tokenisierte CO₂-Kredite
 - Handelsplatz für VCM
 - Digital MRV

Für die Datenanalyse wurde die QDA-Software MAXQDA verwendet (Code-Matrix in Kapitel 9.2). Wie von Kuckartz (2018: 163) beschrieben, wird die computergestützte Analyse heutzutage nahezu standardmässig verwendet, um qualitative Daten zu analysieren. Nicht nur die Transkription der Audioaufzeichnungen, sondern auch die Kodierung erfolgte im Programm MAXQDA. Den Ablauf der computergestützten inhaltlich-strukturierenden Inhaltsanalyse teilt Kuckartz (2018: 181, 182) in folgende Phasen ein:

1. Initiierende Textarbeit, Markieren wichtiger Textstellen, Schreiben von Kommentaren
2. Entwickeln von Ober- und Subkategorien
3. Erster Codierungsprozess: Codieren des Materials mit den Hauptkategorien
4. Zusammenstellen aller mit der gleichen Kategorie codierten Textstellen
5. Induktives Bestimmen von Subkategorien am Material
6. Zweiter Codierungsprozess: Codieren mit den ausdifferenzierten Kategorien
7.
 - a. Einfache kategorienbasierte Auswertung
 - b. Komplexe qualitative und quantitative Zusammenhangsanalysen, Visualisierungen

Die Datenanalyse dieser Arbeit wurde grösstenteils entsprechend diesem Ablauf vorgenommen. Es sollte herausgefunden werden, wie sich die einzelnen Akteur*innen positionieren, wie sie gegenüber technischen Innovationen wie der Blockchain-Technologie eingestellt sind und wo sie die Chancen und Grenzen der Blockchain-Technologie sehen. Die Aussagen der Expert*innen wurden für diese Arbeit komplett anonymisiert, damit keine Geschäftsgeheimnisse verraten werden.

6 Ergebnisse

Nachfolgend finden sich die Ergebnisse aus der Literaturrecherche und den Interviews. Während in Kapitel 6.1 die verschiedenen Facetten des marktbasierten Klimaschutzes betrachtet werden, untersucht Kapitel 6.2 das Potential der Blockchain-Technologie darin. Da die Expertise der Interview-Partner*innen bezüglich der CO₂-Kompensation sehr umfangreich war, wird in Kapitel 6.1 auf wenig Material aus der Literaturrecherche zurückgegriffen. Anders ist dies in Kapitel 6.2, wo die Ergebnisse aus den Interviews zu grossen Teilen durch Erkenntnisse aus der Literaturrecherche ergänzt werden.

6.1 Facetten des Klimaschutzes

In Kapitel 6.1.1 wird in Anlehnung an Kapitel 2.4 und Kapitel 4 diskutiert, welche Entwicklungen bei der Abschwächung des Klimawandels durch staatliche Regulierungen und welche durch marktwirtschaftliche Einflüsse stattfinden. In den Kapiteln 6.1.2 - 6.1.4 werden die Rollen und Aufgabenbereiche der verschiedenen Akteur*innen in der CO₂-Kompensation untersucht. Zuletzt werden mit den Kapiteln 6.1.5 - 6.1.7 aktuelle Herausforderungen, Diskussionspunkte, Entwicklungen und Perspektiven im marktbasierten Klimaschutz aufgezeigt.

6.1.1 Staatliche Bemühungen und marktwirtschaftliche Einflüsse

Die Interviewpartner*innen haben unterschiedliche Ansichten bezüglich der Frage, wessen Aufgabe der Klimaschutz ist. Da es sich bei den meisten Interview-Partner*innen um Mitarbeitende von Kompensationsorganisationen oder Beratungsunternehmen handelt, bewerten sie den Marktmechanismus eher positiv und erachten die CO₂-Kompensation als sinnvoll. Die teilweise auftretenden neoliberalen Argumentationen widerspiegeln ein Stück weit ihre marktwirtschaftlich geprägten Ansichten.

Interviewpartner*in 1 (10)² zieht Initiativen aus der Privatwirtschaft den staatlichen Interventionen vor. Diese Haltung findet sich beispielsweise in Nordamerika, wo der Klimaschutz mehrheitlich als Aufgabe der privaten Akteur*innen angesehen wird. Die meisten anderen Interviewpartner*innen denken, dass der Klimaschutz mehrheitlich durch staatliche Interventionen stattfinden soll. Damit widerspiegeln sie eher die Haltung Europas, wo dem Staat beim Klimaschutz eine gewichtige Rolle beigemessen wird. Es wird argumentiert, dass die Privatwirtschaft ohne staatliche Regeln nur einen unbedeutenden Beitrag zum Klimaschutz leisten kann.

² Die Zahl in der Klammer (oder bei Zitaten nach dem Doppelpunkt in der Klammer) steht für die Paragraphennummer im Interview-Transkript, wo die genannte Information zu finden ist.

«Der freiwillige Markt ist nicht wirklich dazu geeignet, die bestehenden Probleme zu lösen.»
(Interview 9: 6)

Da sich die Staaten gemäss dem PA dazu verpflichtet haben, den CO₂-Ausstoss zu reduzieren, werden sie in Zukunft unweigerlich eine zentrale Rolle in der Abschwächung des Klimawandels spielen. Die Interviewpartner*innen sind sich grösstenteils einig, dass die Verantwortung des Staates darin besteht, sinnvolle Rahmenbedingungen und gleiche Grundbedingungen für alle zu schaffen. Zusätzlich soll der Staat eine Dekarbonisierung aller staatlichen Einrichtungen und eine CO₂-Kompensation aller nicht-vermeidbaren Emissionen anstreben und damit eine Vorbildfunktion übernehmen. Auf der Gesetzgeberseite kann der Staat den Klimaschutz durch klare Gesetzesvorlagen, Bepreisungsmechanismen, Anreiz- oder Bestrafungsmechanismen, Vorschriften und Verbote vorantreiben (Interviewpartner*innen 1: 10; 4:10; 7: 8; 8: 6; 10: 6; 12: 4).

«Wirtschaftakteure arbeiten unter bekannten und gleichgeltenden Regeln besser als ohne Regeln.» (Interview 8: 6)

Interviewpartner*in 9 (6) betont, dass es ausserdem die Aufgabe des Staates ist, die Investitionssicherheit in Bezug auf Klimaschutzmassnahmen zu gewährleisten. Interviewpartner*in 12 (4) ergänzt, dass der Staat auch bei der Förderung von Innovationen eine wichtige Rolle spielt. Zudem soll der Staat regulieren und überwachen, ob, wie und mit welcher Geschwindigkeit sich Unternehmen oder Sektoren dekarbonisieren (Interviewpartner*innen 2: 10; 12: 4).

Der Staat muss sich laut Interviewpartner*innen 1 (10), 2 (10) und 12 (4) an globalen Bemühungen wie dem PA beteiligen und ambitionierte Massnahmen zur Erreichung dieser Ziele entwickeln. Dies, vor allem angesichts der Tatsache, dass das PA nicht bindend ist und die NDCs von den Staaten selbst bestimmt werden (Interviewpartner*in 12: 4). Die Aufgabe des Staates sollte hier sein, klimafreundliche Projekte zu subventionieren (Interviewpartner*in 10: 6), klimaschädliche Aktivitäten zu verbieten oder zu regulieren (Interviewpartner*in 8: 6) und den CCM auszubauen (Interviewpartner*in 6: 14). In diesem Kontext sollte der Staat zusätzlich mit bilateralen Verträgen die richtigen Voraussetzungen schaffen, damit die NDCs auch international mithilfe der ITMOs erreicht werden können. Interviewpartner*in 11 (13) kritisiert aber, dass der Staat oft sehr langsam und bürokratisch agiert.

«Obwohl Vorschriften des Staates effizienter sind als Marktlösungen, tut sich der Staat oft sehr schwer damit, entsprechende Gesetze zu erlassen.» (Interview 10: 6)

Daher ergibt sich ein Raum für private Akteur*innen, die staatlichen Bemühungen mithilfe von freiwilligen Bestrebungen und Marktmechanismen zu ergänzen (Interviewpartner*in 4: 10). Die Vorteile des marktbasierter Ansatzes sind seine Zugänglichkeit, seine Reproduzierbarkeit und seine Konsistenz (Interviewpartner*in 12: 6). Märkte ermöglichen es auch kleineren Akteur*innen, sich am Klimaschutz zu beteiligen, ohne selbst ein Klimaschutzprojekt

entwickeln zu müssen (Interviewpartner*in 12: 6). Da ein schlechter Marktmechanismus aber klimaschädlicher ist als gar kein Marktmechanismus (Interviewpartner*in 12: 6), hat der Staat auch bei marktbasierenden Ansätzen die Aufgabe, den Überblick zu behalten, Nachfrage und Angebot im Gleichgewicht zu halten, regulatorische Unsicherheiten zu beseitigen und dafür zu sorgen, dass der Markt funktioniert (Interviewpartner*in 11: 9). Wolters et al. (2018: 2) betonen, dass der Staat die Bedingungen schaffen soll, dass sich die privaten Akteur*innen so gut wie möglich miteinbringen können.

«Private Akteure können und sollen im vom Staat vorgegebenen Rahmen ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten.» (Interview 9: 6).

Interviewpartner*in 11 (9) erwähnt als Beispiel für einen Eingriff des Staates in den Markt, dass es beim Handel von CO₂-Krediten möglicherweise nötig ist, dass der Staat die billigsten CO₂- Kredite aufkauft und damit einen Mindestpreis für die CO₂-Kompensation festlegt.

6.1.2 Beitrag der privaten Akteur*innen

Während die privaten Akteur*innen bereits einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten (Interviewpartner*in 10: 6), müssen sie in Zukunft noch mehr in die Pflicht genommen werden (Interviewpartner*innen 8: 6; 2: 10). Sie müssen ihr wirtschaftliches Handeln und Tun anpassen (Interviewpartner*in 8: 6), Verantwortung übernehmen (Interviewpartner*in 7: 8), Forschung und Entwicklung mitfinanzieren (Interviewpartner*in 12: 6), Emissionen reduzieren, Netto-Null Ziele festlegen (Interviewpartner*in 4: 10) und Restemissionen mit hochwertigen CO₂-Zertifikaten kompensieren (Interviewpartner*innen 11: 9; 7: 10).

Um diese Aktivitäten zu fördern, braucht es, laut Interviewpartner*in 2 (10), den Druck der Öffentlichkeit. Diese kann mit dem Kaufverhalten, in Aktionärsversammlungen oder mit Demonstrationen dafür sorgen, dass Unternehmen in dem Tempo dekarbonisieren, das für die Erreichung der Klimaziele notwendig ist. Unternehmen richten sich in ihrem Handeln zumeist an die Bedürfnisse und Präferenzen von Investoren, Verbrauchern, Regierungen und Aufsichtsbehörden. Daher widerspiegeln klimabezogene Engagements der Unternehmen, wie der Kauf von CO₂-Zertifikaten, das Umweltbewusstsein der Gesellschaft (Blasch 2014: 2).

Private Akteur*innen können die staatlichen Klimaschutzmassnahmen unterstützen, indem sie nachhaltige Innovationen fördern (Interviewpartner*in 10: 6), Wertschöpfungsketten dekarbonisieren (Interviewpartner*in 8: 6), auf die Klimakrise aufmerksam machen (Interviewpartner*in 3: 6), selbstauferlegte Emissionsreduktionsziele verfolgen (Herweijer et al. 2018) und sich für starke politische Rahmenbedingungen einsetzen (Gold Standard 2022). Unternehmen sollten ambitionierte Klima-Strategien, welche mit den Zielen des PA übereinstimmen, formulieren, um die Umweltverträglichkeit des Unternehmens unter Beweis zu stellen (Gold Standard 2022; Herweijer et al. 2018). Mithilfe der Corporate Social

Responsibility³ (CSR) können sie sich beispielsweise für eine nachhaltige Entwicklung einsetzen (Interviewpartner*in 8: 8). Gerade international tätige Unternehmen können hier aufgrund ihres globalen Auftritts und ihrer damit einhergehenden Sichtbarkeit und Vorbildfunktion eine besondere Rolle einnehmen (Interviewpartner*in 3: 6).

Die privaten Akteur*innen sollten sich bei einer allfälligen CO₂-Kompensation um eine hohe Qualität, Integrität und Wirksamkeit der gekauften CO₂-Zertifikate kümmern (Kapitel 2.1.3). Interviewpartner*in 10 (14) argumentiert, dass die Qualität der Zertifikate im VCM nämlich oft wirklich schlecht ist.

Interviewpartner*in 7 (8) denkt, dass es sich bei der CO₂-Kompensation oft um Greenwashing handelt, da die Unternehmen von der CO₂-Kompensation als soziales Statement profitieren. Sie wird als Marketinginstrument genutzt, um die Bedürfnisse der Kunden nach klimafreundlichen Produkten zu stillen. Dies wird aber nicht als schlimm bewertet, da es übergeordnet einfach darum geht, einen Teil der Einnahmen eines Unternehmens in den Klimaschutz umzuleiten, egal unter welchen Umständen. Auch Interviewpartner*in 4 (10) pflichtet bei, dass es momentan mit dem Klimaschutz schnell gehen muss und auf allen Ebenen so viel wie möglich gemacht werden soll. Interviewpartner*in 11 (21) ergänzt, dass es auch heute noch viele billige und einfache Möglichkeiten gibt, um Emissionsreduktionen vorzunehmen, wobei oft nur die Finanzierung fehlt.

Interviewpartner*in 9 (8) weist darauf hin, dass es die primäre Aufgabe eines Unternehmens ist, Wert zu schaffen, und nicht, das Klima zu schützen. Für Unternehmen bedeuten Klimaschutzmassnahmen höhere Zusatzkosten, die bei der Dekarbonisierung der Infrastruktur und beim Kauf von CO₂-Zertifikaten anfallen (Interviewpartner*in 10: 6). Der Druck durch Konkurrenz und Aktionäre sowie die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens bestimmen mitunter, inwiefern ein Unternehmen bereit ist, diese Zusatzkosten aufzubringen.

«Als Zementhersteller kann man nicht viel machen, sonst wird man einfach teurer und dann wird der Zement importiert und nicht mehr in der Schweiz hergestellt.» (Interview 10: 12)

Grundsätzlich ist es aber sehr wohl möglich, durch firmeninterne Emissionsreduktionen neben dem Klimanutzen auch noch effektiv Geld einzusparen, beispielsweise bei den Energiekosten (Interviewpartner*in 1: 12). Daneben ist es laut Interviewpartner*in 12 (4) zentral, dass Unternehmen ihre Steuern zahlen, damit dem Staat dieses Geld für die Finanzierung von Klimaschutzmassnahmen zur Verfügung steht.

³ Die Corporate Social Responsibility umschreibt die freiwillige gesellschaftliche Unternehmensverantwortung, zu einer nachhaltigen Entwicklung beizutragen.

6.1.3 Rolle der Kompensationsorganisationen und Beratungsunternehmen

Bei Kompensationsorganisationen und Beratungsunternehmen handelt es sich um die Bindeglieder zwischen ambitionierten privaten Akteur*innen und den effektiven Klimaschutzmassnahmen (Interviewpartner*in 1: 4). Dabei gehen die Kompetenzen über die Beratung zum CO₂-Management und die Bereitstellung der CO₂-Kompensation hinaus. Kompensationsorganisationen und Beratungsunternehmen informieren Unternehmen, Gemeinden und Städte zu den Themen Energie und Nachhaltigkeit, sensibilisieren die Menschen für den Klimaschutz (Interviewpartner*in 4: 6), helfen bei der Erstellung von Nachhaltigkeitsberichten und Wesentlichkeitsanalysen (Interviewpartner*in 6: 4), ermitteln die CSR-Situation der Kunden (Interviewpartner*in 8: 8) und beraten bei der Festlegung von Netto-Null Zielen (Interviewpartner*in 2: 6). In manchen Fällen helfen sie den Projektentwickler*innen auch bei der Zertifizierung der Projekte, der Quantifizierung der Emissionsvermeidung, dem Erstellen von Machbarkeitsstudien, dem Projektdesign, der Projektdokumentation und der Projektentwicklung (Interviewpartner*in 2: 6).

Bei allen befragten Expert*innen wird nach dem Ansatz **«Vermeiden, Reduzieren, Kompensieren»** gehandelt. Das Ziel ist es, Emissionen zuerst zu vermeiden, dann in der gesamten Wertschöpfungskette im Einklang mit der Wissenschaft zu reduzieren und zuletzt nicht-vermeidbare Restemissionen verantwortungsvoll zu kompensieren.

«Das Problem beim Kauf von CO₂-Zertifikaten ist, dass man mit dieser Auslagerung der Verantwortung in der eigenen Wertschöpfungskette keine Verbesserungen erzielt. Wenn ein Unternehmen eine CO₂-Neutralität verkündet, bedeutet das eigentlich auch, dass sämtliche Zulieferer und die gesamte Logistik auch Netto-Null-Emissionen erzeugen.» (Interview 8: 10)

Um die Klimaneutralität in einem Unternehmen zu erreichen, wird immer ähnlich vorgegangen. Zuerst findet eine CO₂-Bilanzierung, also eine Messung des CO₂-Ausstosses eines Unternehmens (im besten Fall in allen Produktionsprozessen der gesamten Wertschöpfungskette) statt (Interviewpartner*in 4: 4). In der vorgelagerten Wertschöpfung finden sich laut Interviewpartner*in 8 (8) oft die grössten, aber auch komplexesten Potentiale zur Emissionsvermeidung. Diese CO₂-Bilanzierung ist unabdingbar, da viele Unternehmen nicht wissen, wo sie in Bezug auf die Klimaverträglichkeit stehen und wo sich potenzielle Klimarisiken und Emissionsschwerpunkte befinden (Interviewpartner*in 6: 10).

«Die Unternehmen haben oftmals ein verzerrtes Bild von ihrer CO₂-Bilanz und dort helfen wir ihnen zu evaluieren, wo sie ansetzen müssen mit ihren Massnahmen. Wir beraten sie auch in der Entwicklung dieser Massnahmen und so erreichen wir über einen längeren Zeitraum eine Reduktion ihrer CO₂-Emissionen.» (Interview 6: 10)

Interviewpartner*in 8 (10) hat das Gefühl, dass sich manche Unternehmen auch vorschnell zu Netto-Null-Zielen entschliessen, und dann erst bei der CO₂-Bilanzierung merken, welche umfangreichen Massnahmen nötig sind, um diese Ziele zu erreichen. In der Praxis zeigt sich, dass die Dekarbonisierung in einem Unternehmen ein langer, schwieriger und teurer Prozess

ist (Interviewpartner*in 9: 8). Unternehmen müssen bei der Transformation dafür unter anderem gewisse Materialien oder Maschinen substituieren, die Logistik anpassen und Abhängigkeiten fossiler Energieträger überarbeiten (Interviewpartner*in 8: 10).

«Selbst wenn man genau weiss, wo Emissionen anfallen, kann es schwierig sein, sie effektiv zu vermeiden. Zudem ist es nicht immer einfach zu definieren, was eine vermeidbare und was eine nicht-vermeidbare CO₂-Emission ist.» (Interview 1: 12)

Bei der Beratung und Umsetzung von Klimaschutzmassnahmen arbeiten die verschiedenen Akteur*innen immer mehr mit den Science based targets. Diese Initiative hat eine neue Diskussionsgrundlage geschaffen und enthält wissenschaftlich fundierte Methoden zur firmeninternen Emissionsreduktion bei der Netto-Null Zielsetzung (Interviewpartner*in 8: 8). Sie besagt, dass in einem Unternehmen zumindest die Emissionen aus Scope 1 (Betriebliche Anlagen, Geschäftsfahrzeuge, Prozesse) und Scope 2 (eingekaufter Strom, Dampf, Wärme und Kälte für Eigenverbrauch) und wenn möglich auch aus Scope 3 (vor- und nachgelagerte Tätigkeiten) reduziert werden müssen, bevor eine Kompensation der Restemissionen in Betracht gezogen werden kann (Interviewpartner*in 3: 8). Der Begriff «Insetting» beschreibt in diesem Kontext die Emissionsverminderung entlang der Lieferkette eines Produktes, wobei es zur Senkung des CO₂-Fussabdruckes dieses Produktes kommt.

Interviewpartner*in 6 (16) erläutert, dass von den Kompensationsorganisationen eine komplette CO₂-Kompensation aller firmeninternen CO₂-Emissionen zum Erreichen der Klimaneutralität oft nicht akzeptiert wird. Eine Kompensation wird in einem umfassenden CO₂-Management nur als Zusatz zu firmeninternen Emissionsreduktionen ins Auge gefasst (Interviewpartner*in 6: 16). Interviewpartner*in 2 (8) betont, dass eine CO₂-Kompensation manchmal auch gemacht wird, wenn es sich bei der Dekarbonisierung des Unternehmens um einen längeren Prozess handelt. In diesem Fall können Unternehmen vorübergehend auf CO₂-Zertifikate zurückgreifen, um die Klimaneutralität trotz der noch nicht abgeschlossenen firmeninternen Transformation zu Netto-Null zu erreichen (Interviewpartner*in 2: 8).

In vielen Situationen bleibt schlussendlich nur der Weg über die CO₂-Kompensation, wo durch den Kauf von Zertifikaten eine äquivalente Emissionsvermeidung oder Speicherung von CO₂ in Klimaschutzprojekten stattfindet (Interviewpartner*in 6: 10).

«Manche Praktiken oder Standortfaktoren wie eine alte Ölheizung lassen sich einfach nicht ändern.» (Interview 1: 12).

Kompensationsorganisationen kaufen dafür CO₂-Zertifikate im internationalen Kohlenstoffmarkt oder direkt von vertrauenswürdigen Projektentwickler*innen (Blasch 2014: 1). Wenn es sich um gute Projekte mit hochwertigen Zertifikaten handelt, ist dies laut Interviewpartner*in 1 (12) auch ein valider Teil der Lösung. Interviewpartner*in 2 (12) stimmt mit Interviewpartner*in 1 (12) überein und argumentiert, dass es dem Planeten eigentlich egal ist, wie wir die Wirtschaft dekarbonisieren, solange es getan wird und es schlussendlich einfach eine Frage des Nettoausgleiches ist.

Kompensationsorganisationen und Beratungsunternehmen passen die Kompensationslösungen in der Regel den Bedürfnissen der Kunden an (Interviewpartner*in 6: 12). Die Interview-Partner*innen argumentieren, dass man sich weder beim Projektland noch beim Projekttyp zu sehr einschränken soll. Zudem verkaufen die meisten Kompensationsorganisationen CO₂-Kredite, sowohl für die freiwillige als auch für die verpflichtende CO₂-Kompensation. In manchen Fällen können Grosskunden auch eigene Projekte mitentwickeln, wo sie spezielle Anforderungen oder Lösungsvorschläge miteinbringen können (Interviewpartner*in 4: 4). Wichtig ist laut den Interviewpartner*innen, dass nur Projekte gefördert werden, die den Aspekt der Zusätzlichkeit beachten (Interviewpartner*in 10:8), Doppelzählung verhindern (Interviewpartner*in 3: 8) und die nachhaltige Entwicklung fördern (Interviewpartner*in 4: 12).

«Wenn ich Projekte auswähle, ist der Fokus auch darauf, die lokale Bevölkerung miteinzubeziehen und ihnen mit dem Klimaschutzprojekt ein gutes Einkommen zu ermöglichen.» (Interview 1: 18)

Einige Interviewpartner*innen kritisieren aber den starken Fokus auf die nachhaltige Entwicklung, da dabei der effektive Klimanutzen in den Hintergrund gedrängt wird. Kompensationsorganisationen nutzen das Thema der nachhaltigen Entwicklung laut Interviewpartner*in 8 (16), um schöne Geschichten über ihre Klimaschutzprojekte zu erzählen, wobei dann die Nachhaltigkeit einen viel grösseren Raum einnimmt als die schwierig zu bewerkstellende Emissionsreduktion. Es wird erklärt, dass energieeffiziente Kocher beispielsweise medial sehr wirksam, in Bezug auf ihren Beitrag zum Klimaschutz im Vergleich zu grossen CO₂-Emittent*innen aber irrelevant sind. Interviewpartner*in 8 (16) erklärt zudem, dass es unmöglich ist zu quantifizieren, wie viele tCO₂e ein Kocher genau einspart, da dies davon abhängt, wie oft und wie lange er verwendet wird.

6.1.4 Bedeutung der Standards

Um die Integrität und Wirksamkeit zu gewährleisten, kann bei der CO₂-Kompensation mit Standards gearbeitet werden, welche bei den von ihnen zertifizierten Projekten einen hohen Klimanutzen garantieren (Interviewpartner*in 4: 6). Die Interviewpartner*innen sehen die Funktion der Standards darin, einen gewissen Qualitätsrahmen zu setzen (Interviewpartner*in 8: 16), Richtlinien und Kriterien vorzugeben (Interviewpartner*in 2: 20), Vergleichbarkeit zwischen Projekten gleichen Typs zu schaffen (Interviewpartner*in 11: 17), das Chaos durch einheitliche Datenspeicher zu reduzieren (Interviewpartner*in 11: 7) und die verwendete Methodik für Mess- und Berechnungsverfahren auf dem neusten Stand zu halten (Interviewpartner*in 4: 22). Standards verwenden die individuell für verschiedene Projekttypen entwickelte Methodik, um Klimaschutzprojekte zu verifizieren und die daraus entstehenden CO₂-Kredite zu validieren (Interviewpartner*in 7: 14).

«Die Methodik definiert, inwiefern das verifizierte Projekt zu den SDGs beiträgt, wie hoch die effektive Emissionsreduktion ist und ob das Projekt wie geplant umgesetzt worden ist.» (Interview 6: 26).

In jährlichen Monitorings wird die Wirkung der Projekte überwacht, quantifiziert und darüber Bericht erstattet (Interviewpartner*in 4: 22). Die Standards erlauben es den Nachfragern laut Interviewpartner*in 11 (17), die volle Verantwortung für die Qualität der CO₂-Kompensation abzuschieben. Während sich einige Kompensationsorganisationen komplett auf die Standards verlassen (Interviewpartner*in 8: 16), sind Standards für andere nebensächlich, da sie die eigenen Projekte persönlich betreuen (Interviewpartner*in 1: 20).

Interviewpartner*in 9 (16) befürchtet, dass die Standards nach der gebräuchlichen Methodik im VCM das Klimaschutzpotential für Klimaschutzprojekte meistens überschätzen. Damit wird die Integrität dieser CO₂-Kredite untergraben. Einige Interviewpartner*innen (2: 16; 3: 12; 9: 12; 10: 12) plädieren daher dafür, dass der VCM durch eine multilaterale Organisation wie beispielsweise die UNFCCC stärker reguliert und kontrolliert werden soll, damit die Glaubwürdigkeit des VCM gegeben ist, die CO₂-Kompensationen kompatibel mit den Zielen des PA stattfindet.

«Die Frage ist, wie wir die Überprüfung der Projekte gestalten müssen, damit diese nicht die Integrität der Science based targets oder des PA untergraben.» (Interview 12: 2)

In Bezug auf das PA ist es möglich, dass Standards ihren hoheitlichen Anspruch in Bezug auf die Verifizierung der CO₂-Kredite verlieren, weil unter Artikel 6 eine Verstaatlichung des Klimaschutzes stattfindet und die Staaten die Authentifizierung der CO₂-Kredite selbst übernehmen. Ausserdem müssen die existierenden CO₂-Kredite noch an die Bedingungen des PA angepasst werden (Interviewpartner*in 9: 16).

6.1.5 CO₂-Kompensation im Inland vs. im Ausland

Bei der Frage, ob sich die Projekte für die CO₂-Kompensation im In- oder Ausland befinden sollen, gibt es bei den Interviewpartner*innen unterschiedliche Ansichten. Argumente für Klimaschutzprojekte im Inland sind, dass es in der Schweiz noch ungenutztes Klimaschutzpotential gibt (Interviewpartner*in 3: 18), die reiche Schweiz sich inländische Kompensationen leisten kann (Interviewpartner*in 11: 23) und die Schweiz eine Vorreiterrolle und Vorbildfunktion übernehmen soll (Interviewpartner*in 3: 18). Ausserdem sollte beachtet werden, dass die Finanzierung von Klimaschutzprojekten Arbeitsplätze schafft, Innovation beschleunigt, nachhaltige Entwicklung bringt und das Testen von neuen Technologien erlaubt (Interviewpartner*innen 8: 12; 4: 14). Diese Förderung der Wirtschaft sollte aus ökonomischer Sicht nicht leichtfertig ins Ausland verlagert werden.

Die Interviewpartner*innen (1; 6; 11) argumentieren aber auch, dass der Klimaschutz in der Schweiz (oder allgemein im globalen Norden) zu teuer und damit ineffizient ist. Interviewpartner*in 10 (10) führt aus, dass die meisten inländischen Projekte auch ohne die

Finanzierung von Kompensationsorganisationen umgesetzt werden würden, was den Aspekt der Zusätzlichkeit in Frage stellt. Auch sind die inländischen Klimaschutzprojekte oft kleinräumig organisiert und bringen nur eine geringe Emissionsreduktion (Interviewpartner*in 8: 12). Interviewpartner*in 1 (34) empfindet, dass hierzulande Geld falsch eingesetzt wird und man mit dem gleichen Geld im Ausland viel mehr bewegen könnte.

«Positiv an Auslandsreduktionen ist auch, dass sie neben dem Klimanutzen oft viele damit einhergehende Vorteile wie Steigerung der Biodiversität, Armutsreduktion, nachhaltige Entwicklung, Schaffung von Arbeitsplätzen und Schutz intakter Ökosysteme mit sich bringen» (Interview 6: 20).

Für international agierende Unternehmen mit Sitz in der Schweiz macht es Sinn, beim Klimaschutz global zu agieren, da auch ihre Wertschöpfung global stattfindet (Interviewpartner*in 8: 12). Wenn ein Land wie die Schweiz viel im Ausland kompensiert, muss aber darauf geachtet werden, dass kein Lock-in Effekt stattfindet (Interviewpartner*in 10: 10). Dies hätte zur Folge, dass die eigene Infrastruktur nicht dekarbonisiert wird, weil man den gesamten Klimaschutz ins Ausland verlagert (Interviewpartner*in 8: 12). Interviewpartner*in 4 (32) argumentiert, dass dies momentan in der Schweiz aber nicht der Fall ist und die Kunden, auch für deutlich höhere Preise, vermehrt im Inland kompensieren wollen.

Die Interviewpartner*innen finden es wichtig, dass man die In- und Auslandskompensation nicht gegeneinander ausspielt, sondern auf allen Ebenen so viel wie möglich macht und sich Ziele für beide Kategorien setzt. Wo schlussendlich Emissionsreduktionen oder CO₂-Kompensationen stattfinden, ist aus Sicht des Klimaschutzes wenig relevant, da es sich beim Klimawandel um ein globales Phänomen handelt (Interviewpartner*in 8: 12).

«Momentan ist nicht das Problem, dass wir am falschen Ort kompensieren, sondern dass insgesamt noch zu wenige Firmen Netto-Null-Ziele formuliert haben und allgemein viel zu wenig Klimaschutz stattfindet.» (Interview 11: 11).

«Klimaschutzprojekte benötigen sofortige finanzielle Mittel, weswegen der Markt den Fokus auf effiziente, schnelle und skalierbare Projektfinanzierung legen sollte.» (Interview 11: 23)

Aus diesen Gründen bieten die meisten Kompensationsorganisationen CO₂-Kredite aus inländischen und ausländischen Klimaschutzprojekten an.

6.1.6 Umsetzung des PA

Einige Interviewpartner*innen (1: 16; 3: 12; 6: 22) erklären, dass sie im Alltagsgeschäft bisher keine grossen Änderungen oder Anpassungen aufgrund des PA vornehmen mussten. Interviewpartner*in 3 (12) weist darauf hin, dass dies der Fall ist, weil der Artikel 6 des PA noch nicht komplett ausgereift ist und es noch keine einheitlichen, verpflichtenden Regeln gibt. Interviewpartner*in 4 (18) widerspricht dem und erläutert, dass in Glasgow der Artikel 6

abschliessend bearbeitet worden ist und es nun griffige Richtlinien gibt, wie autorisierte und nicht-autorisierte Projekte mit Corresponding Adjustments auszusehen haben.

«In Bezug auf das PA wird man im Markt schon bald zwischen teuren autorisierten und billigeren nicht-autorisierten CO₂-Krediten wählen können.» (Interview 9: 22)

Die Interviewpartner*innen haben festgestellt, dass mit dem PA einige unter dem CDM entwickelte CO₂-Kredite ihre Gültigkeit verlieren. Zudem erkennen sie, dass Unternehmen ohne Netto-Null-Ziele zunehmend unter den Druck der Öffentlichkeit geraten. Da es sich bei der CO₂-Kompensation um das Kerngeschäft einiger dieser Akteur*innen handelt, untersuchen sie die neuen Regeln des PA genau, um auf dem neusten Stand zu bleiben (Interviewpartner*innen 4: 4; 9: 12). Auch die Standards übernehmen zunehmend die Vorgaben des PA, indem sie entsprechend ausgelegte CO₂-Kompensationen entwickeln (Interviewpartner*in 4: 18). Bis aber solche PA-kompatiblen CO₂-Kredite in ausreichender Menge verfügbar sind, dürfte es noch lange dauern (Interviewpartner*innen 10: 12; 11: 15).

«Beim PA handelt es sich um einen Bezugspunkt, an dessen Vorgaben man sich halten sollte, wenn man als Unternehmen zukunftsorientiert ist und auf der richtigen Seite stehen will» (Interview 12: 8).

Mit dem PA wird die Grenze zwischen dem VCM und dem CCM immer unklarer (Interviewpartner*in 12: 12). Es ist schwierig, die NDCs auf den VCM zu übersetzen und die Akteur*innen im VCM müssen noch herausfinden, inwiefern sie die aktuelle Praxis dem Artikel 6 anpassen müssen (Interviewpartner*innen 6: 22; 8: 14). Je nachdem, wie der Aktionsraum des VCM unter dem PA definiert wird, bieten die aktuellen Entwicklungen dem VCM entweder grosse Chancen (Allianz für Entwicklung und Klima 2020: 40) oder entziehen ihm durch die Ausweitung der CCMs und NDCs den Legitimitätsanspruch. Da jedes Land mit den NDCs die eigenen Emissionen langfristig auf Netto-Null reduziert, könnte der internationale Kohlenstoffmarkt an Bedeutung verlieren (Interviewpartner*innen 3: 12; 4: 36). Interviewpartner*in 12 (12) erwartet, dass es insgesamt zu einer Verschiebung vom VCM zum CCM kommen wird. Zudem wird erwartet, dass die Preisunterschiede der CO₂-Kredite zwischen den Ländern, wie es sie noch unter dem CDM gab, aufgrund des PA immer mehr verschwinden werden (Infras & Perspectives climate group 2020: 11, 76).

6.1.7 Zukünftige Entwicklung

Einige Interviewpartner*innen (1: 18; 2: 16; 4: 32; 6: 24; 9: 8) stimmen überein, dass die Nachfrage nach CO₂-Kompensationen und CO₂-Krediten in den letzten Monaten trotz der COVID-19-Pandemie zugenommen hat und es weltweit einen starken Drang zur Dekarbonisierung gibt. Sowohl im VCM als auch im CCM stiegen die Preise für CO₂-Kredite in den vergangenen Jahren teilweise extrem an. Damit lohnt es sich für Projektentwickler*innen zusätzlich, neue Projekte zu entwickeln, was sich positiv auf den Klimaschutz, die Projektvielfalt und den Markt allgemein auswirkt (Interviewpartner*in 6: 38).

«Wir entwickeln ständig neue Projekte und kommen fast nicht nach.» (Interview 4: 32)

Die Abbildung 6 zeigt die Preisentwicklung einer Tonne CO₂eq im EU-EHS seit der Einführung 2005 und die explodierenden Preise seit Beginn des Jahres 2020. Die massiven Preisanstiege werden zu einem gewissen Teil auch durch die Spekulation auf höhere Preise verschuldet. Dabei kaufen Spekulant*innen die CO₂-Kredite auf, um sie zu einem späteren Zeitpunkt gewinnbringend weiterzuverkaufen, anstatt sie stillzulegen.

«CO₂-Kredite werden teilweise auch als Investments gekauft und es gab dann Zeiten, wo es praktisch keine Kredite mehr zu kaufen gab und die Preise haben sich bei gewissen Projekten verdoppelt bis verdreifacht (Interview 6: 24).



Abbildung 6: Preisentwicklung der Kosten für Emissionsrechte im Wert von 1 t CO₂e im EU-EHS (Trading economics 2022).

Damit wird es für Unternehmen immer teurer, ihre Netto-Null-Ziele durch die CO₂-Kompensation zu erreichen (Interviewpartner*in 6: 38). Die Interviewpartner*innen 6 (38) und 9 (8) hoffen, dass sich die Kunden dadurch zunehmend für firmeninternen Emissionsreduktionen anstatt der CO₂-Kompensation entscheiden.

Einige Interviewpartner*innen (1: 36; 2: 32; 6: 38) gehen davon aus, dass der Handel mit CO₂-Krediten und die Preise für die CO₂-Kompensation in Zukunft noch weiter steigen werden. Mit dem PA, den NDCs, den Science based targets und dem zunehmenden Druck der Öffentlichkeit und der Investoren wird der Klimaschutz immer mehr zur Norm, weshalb sich die Unternehmen zu ambitionierten Zielen verpflichten (Interviewpartner*innen 1: 16; 2: 16; 3: 14; 8: 24; 9: 8). Die Begriffe CO₂-Neutralität, Nachhaltigkeitsberichterstattung, Netto-Null und CO₂-Fussabdruck haben stark an Popularität gewonnen und die Staaten und Unternehmen werden sich zunehmend bewusst, dass sie in Zukunft ihre THG-Emissionen transparent offenlegen müssen (Paul & Schellenberger 2015: 64 & Interviewpartner*in 8: 24).

«Wenn man bedenkt, dass bis 2050 die allermeisten Unternehmen und Staaten Netto-Null erreichen wollen, kann man sich ungefähr ausrechnen, was das für den Kohlenstoffmarkt bedeutet.» (Interview 2: 32)

Der Kohlenstoffmarkt müsste möglicherweise ein ähnliches Volumen aufweisen, wie der heutige Markt für Treibstoffe, was eine extreme Skalierung bedeuten würde

(Interviewpartner*in 2: 32). Interviewpartner*in 2 (32) erklärt, dass eine solche Skalierung nur mit naturbasierten Projekten gar nicht möglich wäre und es viel mehr technische Klimaschutzprojekte braucht, welche CO₂ auch langfristig speichern können.

«Spätestens ab dem Jahr 2050 muss eine grosse Anzahl an CO₂-Filteranlagen zur Verfügung stehen, damit die Netto-Null-Ziele überhaupt realisiert werden können.» (Interview 8: 10)

Mit dem Aufbau und der Finanzierung dieser Infrastruktur müsste man schon heute beginnen, damit sie schnellstmöglich in Betrieb genommen werden kann. Der künftige Preis für die Neutralisierung von 1 tCO₂e könnte sich an den durchschnittlichen Kosten einer solchen dauerhaften Speicherung orientieren (Interviewpartner*in 1: 36).

Verschiedene EHS des CCMs könnten sich in Zukunft weltweit neu organisieren und auf internationaler Ebene zu einem globalen Kohlenstoffmarkt zusammenschliessen (Dorfleitner et al. 2021: 3). Dies entspricht der Einstellung von Dümmler & Rühli (2021: 158), die einen globalen Ansatz, um den Klimawandel entgegenzutreten, als am wirkungsvollsten einstufen. Der Vernetzung verschiedener EHS, wie dem EU-EHS und dem EHS von China (welche zusammen 18% aller globalen CO₂-Emissionen handeln) könnte den Handel fördern, einen einheitlichen, stabilen Preis für CO₂-Kredite festlegen, faire Bedingungen für alle Marktteilnehmenden schaffen und die Marktliquidität und Kosteneffizienz erhöhen (CTCN 2022; Dümmler & Rühli 2021: 165). Dies würde einen globalen Preis für CO₂-Emissionen schaffen, wie es ihn bei anderen Produkten schon lange gibt. Damit lässt sich die Gefahr der Verlagerung von Emissionen in Länder mit tieferen Abgaben verhindern (Dümmler & Rühli 2021: 166). Ausserdem könnte eine Vernetzung der EHS die Effizienz erhöhen, da CO₂-Emissionen dort gesenkt werden, wo es am kostengünstigsten ist (BAFU 2020: 2). Eine Verknüpfung würde das Handelsvolumen erhöhen und eine Standardisierung der verschiedenen EHS könnte eine Lösung für die Problematik der Doppelzählung sein (Dorfleitner et al. 2021: 3). Die Problematik dieser Verknüpfung der Märkte wäre, dass die tiefen Emissionsreduktionskosten in Entwicklungsländern wiederum ein Anreiz für Industrieländer böten, ihre eigenen Emissionen nicht zu reduzieren, sondern nur zu kompensieren (Kapitel 4.4). Zudem schafft ein globaler Markt neue Einfallstore für Korruption und Lobbyismus. Erste Pilotversuche zur Verknüpfung von EHS führten ausserdem laut Green (2017: 484) zu Kursabstürzen, und nicht zur erhofften Stabilität. Gründe dafür waren, dass die Regulierung vernetzter EHS durch die Vielzahl an Akteur*innen verkompliziert wird und das Preisniveau nicht künstlich stabilisiert werden kann (Green 2017: 484).

Ein vielversprechenderer Ansatz könnten künftig die «Carbon border tax adjustments» sein. Bei dieser neuen Steueranpassung hilft der Staat den klimafreundlichen, inländischen Unternehmen im internationalen Kontext konkurrenzfähig zu bleiben, indem er eine neue Steuer einführt (Interviewpartner*in 11: 23).

«In die EU importierte Produkte werden extra besteuert, damit die importierten Produkte nicht per se den hier produzierten Produkten mit hohen Anforderungen bezüglich Klimaschutz bevorzugt werden.» (Interview 10: 8)

Von diesen Steuern wären nur Produkte aus Ländern mit eigenen strengen Klimaschutzvorschriften ausgenommen. Diese Massnahme könnte dafür sorgen, dass immer mehr Länder nationale marktbasierende Klimaschutzinstrumente wie beispielsweise die EHS einführen.

6.2 Blockchain im marktbasierten Klimaschutz

Dieses Kapitel gibt einen Überblick darüber, inwiefern die Blockchain-Technologie im marktbasierten Klimaschutz genutzt werden kann. In Kapitel 6.2.1 werden die subjektiven Sichtweisen der Interview-Partner*innen gegenüber der Blockchain-Technologie vorgestellt und der Stand der Implementierung, das Potential und die Limitationen der Blockchain-Technologie werden angesprochen. In den nachfolgenden Kapiteln 6.2.2 - 6.2.5 werden einzeln die Bereiche der CO₂-Kompensation präsentiert, in denen das grösste Potential für die Implementierung der Blockchain-Technologie gesehen wird. Dabei soll aufgezeigt werden, was in den jeweiligen Bereichen für und was gegen eine Blockchain-basierte Anwendung spricht.

6.2.1 Adoption, Potential und Limitationen

Die Interviewpartner*innen teilen unterschiedliche Ansichten gegenüber der Blockchain-Technologie, und zeigten in den Interviews die gesamte Bandbreite von starker Abneigung über Gleichgültigkeit bis hin zu grossem Interesse gegenüber der Technologie.

«Ich sehe keine Rolle der Blockchain-Technologie in den Kohlenstoffmärkten und betrachte die Technologie als unnötigen Hype.» (Interview 9: 20)

«Ich denke, sollte die Blockchain-Technologie tatsächlich Mehrwert schaffen, wird sie auch automatisch Nachfrage generieren.» (Interview 6: 32)

«Es gibt keine sicherere Option als die Blockchain und die Ausbreitung ist unausweichlich und unaufhaltsam.» (Interview 7: 22)

Die Unternehmen, bei denen die Interviewpartner*innen arbeiten, gehen mit der Blockchain-Technologie unterschiedlich um. Während bei Interviewpartner*in 3 firmenintern noch gar nicht über die Technologie oder eine mögliche Implementierung gesprochen worden ist, wird bei Interviewpartner*in 10 zur Blockchain geforscht. Bei Interviewpartner*innen 2, 6 und 8 werden mögliche Anwendungen überprüft und bei Interviewpartner*in 4 werden Analysen zum Potential durchgeführt. Interviewpartner*in 1 (22) verrät, dass die Implementierung in Planung ist, da dadurch viele Prozesse vereinfacht und transparenter gemacht werden könnten. Das Unternehmen von Interviewpartner*in 12 will die Blockchain-Technologie in die

zukünftige Unternehmensentwicklung miteinbeziehen, sieht das Potential der Blockchain aber nur im Zusammenspiel mit anderen Technologien. Bei Interviewpartner*in 7 (22) arbeitet man bereits sehr eng mit der Technologie und sieht ein enormes Potential in den Anwendungen.

Im Allgemeinen erkennen die Interviewpartner*innen das Potential der Blockchain-Technologie in der Schaffung von Transparenz und Vertrauen (Interviewpartner*innen 2: 24; 7: 16), der Einsparung von Kosten durch Effizienzsteigerung (Interviewpartner*innen 1: 22; 4: 30; 5: 10), der Rückverfolgung von CO₂-Krediten (Interviewpartner*in 2: 24) und der Verbindung von Natur und Technologie (Interviewpartner*in 7: 4).

Trotz des Potentials erwähnen die Interviewpartner*innen auch viele offene Punkte und Limitationen der Blockchain-Technologie. Einige Interviewpartner*innen stimmen mit der UN (UNDP 2018: 7) überein, dass die Blockchain auf keinen Fall als Lösung aller Probleme angesehen darf; weder im Kohlenstoffmarkt noch in anderen Anwendungsbereichen. Interviewpartner*in 12 (14) folgert, dass die Technologie ein Mittel zum Zweck und nicht die Antwort auf alle Fragen ist. Es wird argumentiert, dass man nicht an die Technologie, sondern an deren Anwendung glauben soll (Interviewpartner*in 12: 14).

«Man sollte sich nicht fragen, wofür man die Blockchain-Technologie verwenden soll, sondern eher, wie man den Klimaschutz verbessern kann.» (Interview 12: 30)

Interviewpartner*in 9 (20) bringt vor, dass eine Technologie eingesetzt wird, um eine gewisse Funktion zu erfüllen und nicht um einen gesamten Markt umzukrempeln. Laut Interviewpartner*in 10 (16) ist es bei allen Anwendungen der Blockchain wichtig nachzufragen, ob es auch ohne Blockchain funktionieren würde und wo die effektiven Vorteile der Blockchain-Technologie liegen. Auch in der Literatur wird argumentiert, dass Probleme in vielen Fällen effizienter durch zentralisierte Datenbanken als durch die Blockchain gelöst werden können (Born 2018: 18).

«Zuerst muss man sich überlegen, welche Fragen man beantworten will und erst dann, ob die Blockchain-Technologie diese Fragen effektiv beantworten kann.» (Interview 12: 30)

Gerade bei den Akteur*innen im Bereich der CO₂-Kompensation, deren Ziel es ist, den CO₂-Ausstoss effektiv zu kompensieren, stellt sich die Frage, inwiefern die in gewissen Fällen energieintensive Blockchain zum Klimaschutz beitragen soll. Unternehmen könnten sich in diesem Kontext gegen die Verwendung der Blockchain entscheiden, um negativer Presse oder unangenehmen Fragen der Öffentlichkeit bezüglich des Energieverbrauches der Blockchain aus dem Weg zu gehen.

6.2.2 Blockchain-Architektur zu Umsetzung des PA

Mit dem PA haben sich die Grundregeln für internationale Kohlenstoffmärkte verändert (Infras & Perspectives climate group 2020: 11). Neu wird mit den NDCs nicht mehr ein

zentralisierter, sondern ein dezentraler Ansatz für die Abschwächung des Klimawandels präferiert (Born 2018: 18; Schletz et al. 2020: 2). Laut OECD (2019: 35) und einigen Interviewpartner*innen wird für die Umsetzung des PA eine transparente, internationale Datenbank zur Messung, Berichterstattung und Überprüfung von Klimaschutzmassnahmen benötigt. Das PA stellt an eine solche Datenbank den Anspruch, dass sie die Integrität, Transparenz, Genauigkeit, Vollständigkeit und Vergleichbarkeit der Daten fördert (Schletz et al. 2020: 3). Diese neue dezentrale Datenbank müsste einerseits NDC erfassen und den sicheren und effizienten Austausch von ITMOs und Informationen gewährleisten können (World Bank 2018: 4). Andererseits müsste sie nationale Register mit der Datenbank des UNFCCC verbinden können, um einen grossen und widerstandsfähigen Emissionshandel über die verschiedenen Register zu ermöglichen (Gold Standard 2022).

«Um die Probleme des Klimaschutzes bezüglich Glaubwürdigkeit, Doppelzählung und Korruption zu lösen, braucht es möglicherweise eine neue Datenbank-Technologie.»
(Interview 8: 22)

Was spricht für eine Blockchain-Architektur?

Laut einigen Interviewpartner*innen (5: 16; 7: 22; 8: 22; 12:20) würde sich die Blockchain-Technologie zur Umsetzung des PA anbieten. Zhao und Chang (2020: 2) betonen, dass mittlerweile auch viele Forscher und politische Entscheidungsträger das Potenzial der Blockchain-Technologie erkannt haben (Zhao & Chang 2020: 2). Die Blockchain-Technologie verspricht, mithilfe einer transparenten und dezentralen Datenbank Vertrauen zwischen den verschiedenen Akteur*innen zu schaffen (Kapitel 2.5.1). Das Ziel wäre eine Blockchain-Architektur der Kohlenstoffmärkte, bei welcher sich die Blockchain als Prozessschicht mit bestehenden, nationalen Registern und Datenbanken verbindet (Schletz et al. 2020: 1; OECD 2019: 35). Mithilfe der Cross-Chain-Technologie⁴ könnten fragmentierte Register mit heterogenen Daten auf transnationaler, nationaler und regionaler Ebene harmonisiert werden (CLI 2019: 38) Dies würde eine Vernetzung der verschiedenen EHS, nationalen Registern und Klimaschutzprojekten (CLI 2019: 38), und damit die einfache Übertragung von ITMOs zwischen kooperativen Parteien ermöglichen (SAF & UNEP 2022: 6; World Bank 2018: 6). Die Interoperabilität, also die Möglichkeit, Daten mit anderen Netzwerken austauschen zu können, ist grundlegend für eine erfolgreiche Implementierung der Blockchain-Technologie (Ganne 2018: 94; Beglinger 2018: 1). Die Blockchain-Architektur in Kombination mit Smart Contracts würde neben der Automatisierung von Buchhaltungsprozessen (Richardson & Xu 2020: 105), eine transparente Berichterstattung (OECD 2019: 22), Unveränderlichkeit (Franke et al. 2020: 9), Manipulationssicherheit (SAF & UNEP 2022: 35), Verhinderung von Doppelzählungen (OECD 2019: 39; CLI 2019: 8) und insgesamt Effizienzsteigerung (OECD 2019: 35) ermöglichen. Laut World Bank (2018: 4) vereinfacht die Blockchain das Speichern

⁴ Cross-Chain bietet die Möglichkeit, Kryptowährungen auf verschiedenen Blockchains von einem Teilnehmer zum anderen direkt auszutauschen, ohne dass Zwischenhändler*innen benötigt werden.

und Austauschen von Daten und das Management von Transaktionen. In Bezug auf das PA könnte die Blockchain-Technologie genutzt werden, um einen globalen Konsens bei der Emissionsreduktion zu erzielen (SAF & UNEP 2022: 35). Die Vertragsparteien des PA würden sich dafür auf eine gemeinsame Blockchain und gültige Standards für die Kohlenstoffbilanzierung einigen (Reinsberg 2020: 10; OECD 2019: 22). Der Schreibzugriff der Blockchain würde auf vorab identifizierte Interessengruppen beschränkt werden, wobei diese Gruppen Informationen auch für jeden ausserhalb der Blockchain sichtbar machen könnten (Reinsberg 2020: 10).

«Bei einer solchen Blockchain-Architektur hätte jedes Land seinen eigenen dezentralen Knotenpunkt und ein Mitspracherecht, was die UNFCCC als zentrale Instanz ablösen würde.» (Interview 5: 16)

Interviewpartner*in 11 (1) ergänzt, dass man nur einen Computer und Internetzugang braucht, um zu einem vollwertigen Knotenpunkt zu werden. Dadurch bietet eine skalierbare Blockchain-Architektur die Möglichkeit, dass neue Vertragsparteien dem Netzwerk jederzeit problemlos als neuer Knotenpunkt beitreten können (Richardson & Xu 2020: 108). Diese Architektur könnte helfen, die Marktliquidität zu erhöhen, zur Skalierung der EHS beizutragen und die Dekarbonisierung allgemein zu beschleunigen (SAF & UNEP 2022: 35; Richardson & Xu 2020: 108; CLI: 39). Der Vorteil dieser Blockchain-Architektur wäre, dass es keinen zentralen Administrator oder Datenspeicher gibt, alle Akteur*innen den gleichen Zugriff haben und damit Informationsasymmetrien, wie sie unter dem Kyoto-Protokoll aufgetreten sind, verhindert werden können (Kapitel 2.5.5). Zudem sind «dezentrale Blockchain-Anwendungen insgesamt widerstandsfähiger gegen versehentliche Ausfälle und bleiben aufgrund ihres Designs auch dann zuverlässig, wenn einige Knotenpunkte des Netzwerks offline sind» (Born 2018: 30).

Was spricht gegen eine Blockchain-Architektur?

Die Blockchain-Technologie kann sinnvoll sein, wenn sich Akteur*innen in einem Markt nicht vertrauen. Dies ist so, weil Transaktionen, die auf der Blockchain gespeichert sind, im Nachhinein nicht verändert werden können (Interviewpartner*in 10: 16). Interviewpartner*in 11 (1) zweifelt aber daran, ob diese Situation in den Kohlenstoffmärkten überhaupt vorherrscht.

«Im Normalfall ist ein Vertrauensproblem vorhanden, da man die Projektpartner kennt und die Klimaschutzprojekte gemeinsam entwickelt.» (Interview 4: 30)

Interviewpartner*in 3 (20) betont, dass es durch das regelmässige Monitoring der Projekte schon genügend Mechanismen gibt, die die Vertrauenswürdigkeit der CO₂-Kredite auch ohne die Blockchain-Technologie gewährleisten. Auch die EHS werden bereits heute als gut reguliert, transparent und vertrauenswürdig beschrieben (Interviewpartner*in 3: 26; 9: 20). Interviewpartner*innen 8 (18) und 10 (16) merken an, dass es sich auch bei den bekanntesten Standards um vertrauenswürdige Akteur*innen handelt, und daher ein Wechsel auf eine

Blockchain-Architektur nicht zwingend notwendig ist. Interviewpartner*in 11 (3) weist darauf hin, dass man nicht einmal den anderen Akteur*innen vertrauen, sondern sich nur auf einen vertrauenswürdigen Systemadministrator und Standort des Servers einigen muss, um auch ohne eine Blockchain-Architektur vertrauenswürdige Transaktionen abschliessen zu können.

«Auch ein konventioneller Server kann mit bestehenden Datenverarbeitungsmethoden anonyme sowie transparente Transaktionen durchführen, ganz ohne Blockchain.» (Interview 11: 3)

Um komplett transparent zu sein, könnte von den bestehenden Datenbanken ein Read-only-Zugang an Journalisten herausgegeben werden, damit sie die Transaktionen überprüfen können (Interviewpartner*in 11: 1). Die Rolle des Systemadministrators und Standort des Servers für den internationalen Kohlenstoffmarkt könnte die UNFCCC übernehmen. Herweijer et al. (2018: 5) erklären, dass es sich bei der Blockchain-Technologie nur um eine mögliche Technologie-Anwendung für die Architektur der Kohlenstoffmärkte unter dem PA handelt. Für verbesserten marktbasierten Klimaschutz braucht es laut Herweijer et al. (2018: 5) eine bewusste Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Interessengruppen, die von der Technologiebranche bis hin zu umweltpolitischen Entscheidungsträger*innen reichen, unterstützt durch neue Plattformen.

«Die Anwendung der Blockchain-Architektur führt zu einem System, das für jedes Ergebnis eine binäre Ja- oder Nein-Lösung erfordert, welche selten das Ergebnis einer Verhandlung ist. Für den Aufbau einer Blockchain-Architektur bräuchte es ein Konsortium aus interessierten Akteuren, welche sich auf eine Blockchain einigen, die Regeln festlegen und den Code definieren.» (Interview 2: 28)

Zudem müssten alle Akteur*innen die Blockchain gleichzeitig als Grundarchitektur der Emissionsmärkte übernehmen, damit die Umsetzung eines Blockchain-basierten Emissionsmarktes möglich wäre. Einige Länder haben die Blockchain-Technologie verboten oder sich bisher kaum damit auseinandergesetzt (Kapitel 2.5.6). Aus diesen Gründen ist es unwahrscheinlich, dass die Blockchain-Technologie in naher Zukunft zur Umsetzung des PA eingesetzt wird, trotz der Vorteile, die sie bringen könnte (CLI 2019).

6.2.3 Tokenisierte CO₂-Kredite

Die Tokenisierung gilt als eine der spannendsten Anwendungen der Blockchain-Technologie im marktbasierten Klimaschutz. Da sich CO₂-Kredite leicht digitalisieren, homogenisieren und in einem integrierten Netzwerk darstellen lassen (Zhao & Chang 2020: 2) eignen sie sich besonders gut für die Tokenisierung. Als tokenisierte CO₂-Kredite bezeichnet man einzigartige, digitale Repräsentationen eines CO₂-Kredits, welche auf der Blockchain von einer Adresse zur anderen über verschiedene EHS und nationale Register übertragen werden können (World Bank 2018: 11; CLI: 39). Sie stellen eine Alternative zu den herkömmlichen CO₂-Krediten, mit ihren Nachteilen bezüglich Doppelzählung, mangelnder Transparenz und Rückverfolgbarkeit

(Herweijer et al. 2018: 26) sowie komplizierter, teurer und langsamer ausserbörslicher Verwaltung (SAF & UNEP 2022: 34) dar.

«Die tokenisierten CO₂-Kredite sind mit nur wenigen Klicks von zu Hause aus für jeden verfügbar.» (Interview 7: 16)

Beliebige emissionsbezogene Attribute wie Herkunft, Projekttyp, Methodik, Datum, Klimanutzen und Nachhaltigkeitsaspekte können in den Metadaten der tokenisierten CO₂-Kredite gespeichert werden (Interviewpartner*in 12: 24). Die Blockchain verbessert damit die «Rückverfolgbarkeit, die Integrität und das Einhalten von Richtlinien und Vorschriften; insbesondere in Entwicklungsländern, wo die Blockchain zu einem Hindernis für Dokumentenfälschung im Umfeld schwacher Institutionen werden kann» (SAF & UNEP 2022: 15). Bei einem tokenisierten CO₂-Kredit kann zu jeder Zeit überprüft werden, wer ihn erzeugt, verifiziert, besessen und wann zu welchem Preis weiterverkauft hat. Existenznachweise von Emissionsrechten, CO₂-Zertifikaten und ITMOs können so öffentlich zugänglich gemacht (World Bank 2018: 16) und CO₂-Kredite transparent stillgelegt werden (Interviewpartner*in 5: 4). Damit kann auch zuverlässig nachverfolgt werden, ob Klimaschutzprojekte tatsächlich finanziert und umgesetzt worden sind. Dies macht tokenisierte CO₂-Kredite mit verifizierten Wirkungsdaten zu einer vielversprechenden Option für Staaten oder Unternehmen, um ihre Netto-Null- und CSR-Ziele zu erreichen. Tokenisierte CO₂-Kredite können in der Nachhaltigkeitsberichterstattung verwendet werden, um die tatsächliche Klimaverträglichkeit aufzuzeigen und das grüne Image eines Unternehmens zu fördern (Herweijer et al. 2018). Auch Verpflichtungen gegenüber laufenden regulatorischen Massnahmen im CCM oder bei den NDCs können transparent offengelegt werden (OECD 2019: 24). Die Tokenisierung erlaubt ausserdem den Kauf von Fragmenten eines CO₂-Kredits um die eigenen Emissionen zu kompensieren (Uzsoki & Guerdat 2019: 16; OECD 2019: 37).

«In Echtzeit können wissenschaftlich optimierte, tokenisierte CO₂-Kredite aus Fragmenten verschiedener Klimaschutzprojekte zusammengesetzt werden, damit die zu jeder Zeit effektivsten und sinnvollsten Klimaschutzprojekte direkt finanzieren werden.» (Interview 12: 14)

Tokenisierte CO₂-Kredite vereinfachen durch die Fragmentierung und die einfache Nutzung den Marktzugang für kleinere Marktteilnehmende (CLI 2019: 42). Durch die Effizienzsteigerung und Automatisierung der Transaktionen sinken zusätzlich die administrativen Kosten der CO₂-Kompensation (Interviewpartner*in 11: 1). Damit wird mehr privates Geld für die Finanzierung und Realisierung von Klimaschutzprojekten verfügbar gemacht, was die Monetarisierung positiver Klimabemühungen verstärkt (Born 2018: 11; Herweijer et al. 2018: 25). Interviewpartner*in 9 (20) argumentiert allerdings, dass die Rückverfolgbarkeit schon bei den heutigen CO₂-Krediten gegeben ist, und man dafür nicht zwingend eine Blockchain-Lösung benötigt.

6.2.4 Handelsplattform für den VCM

Auf einer Blockchain-basierten Handelsplattform für den VCM könnten tokenisierte CO₂-Kredite unbürokratisch gehandelt werden (World Bank 2018: 5). Auf dieser Plattform wären verschiedene Arten von zertifikatsbezogenen Transaktionen, welche durch Smart Contracts automatisiert werden, denkbar (OECD 2019: 24). Einerseits könnte ein Unternehmen wie gewohnt, CO₂-Zertifikate zum Erreichen der CO₂-Neutralität erwerben. Andererseits wäre es aber auch vorstellbar, dass nicht-menschliche Entitäten wie selbstfahrende Fahrzeuge automatisiert CO₂-Zertifikate äquivalent zu ihrem von einem Sensor gemessenen CO₂-Ausstoß erwerben, um so CO₂-neutral unterwegs zu sein (Born 2018: 37). Zur Vereinfachung und Automatisierung der Verwaltung würde es Sinn machen, sich auf eine gemeinsame Kryptowährung und einheitliche Smart Contracts zu einigen (Interviewpartner*in 12: 24).

Die Interviewpartner*innen haben unterschiedliche Ansichten darüber, inwiefern eine Blockchain-basierte Handelsplattform im VCM Potential hätte, die CO₂-Kompensation zu vereinfachen, zu standardisieren und einer breiteren Kundengruppe zugänglich zu machen. Einige Interviewpartner*innen (1: 32; 2: 28; 5: 24; 6: 34) erkennen in einer solchen internationalen Plattform eine Marktlücke oder ein dringend benötigtes Werkzeug zur verbesserten Ausgestaltung des VCM.

«Früher oder später wird eine dezentrale Handelsplattform für CO₂-Zertifikate entstehen.»
(Interview 5: 24)

«Wir würden uns eine öffentliche Plattform für den Handel von Zertifikaten wünschen, damit wir die Abhängigkeit von Projektentwicklern und Zwischenhändlern mit ihren intransparenten Zertifikaten senken könnten.» (Interview 6: 34)

«Um die Vertrauenswürdigkeit zu stärken und Doppelzahlungen zu verhindern, sollte der VCM durch einen offiziellen Mechanismus reguliert werden.» (Interview 3: 26)

Interviewpartner*in 5 (20) bringt vor, dass eine Blockchain-basierte Handelsplattform gemeinnützig, global zugänglich und dezentral organisiert sein sollte. Sie könnte Informationen über Eigenschaften, Preis und Verfügbarkeit zu den verschiedenen Zertifikaten bereitstellen (World Bank 2018, 11 & 13). Dies ermöglicht den privaten Nachfragern oder den Kompensationsorganisationen einen transparenten Überblick über das Angebot und die Preisentwicklung. Zudem fördert die Verknüpfung der nationalen Register und EHS mit einer globalen, Blockchain-basierten Handelsplattform die Vertrauenswürdigkeit und Integrität der tokenisierten CO₂-Zertifikate, da Doppelzahlung ausgeschlossen werden kann (World Bank 2018, 12). Da eine einzelne Partei nicht in der Lage ist eine solche Handelsplattform aufzubauen, bräuchte es dafür ein Konsortium von Parteien oder eine international anerkannte Organisation oder Institution wie die UNFCCC.

«Eine internationale und branchenübergreifende Zusammenarbeit ist unerlässlich, wenn man sich für eine globale Blockchain-basierte Infrastruktur für den Klimaschutz einsetzt, welche mehrere Interessengruppen umfasst» (SAF & UNEP 2022: 7).

Interviewpartner*in 10 (18) erwähnt in diesem Zusammenhang, dass die Blockchain-Technologie nicht der Grund wäre, warum eine Blockchain-basierte Handelsplattform entsteht. Sie wäre eher ein Werkzeug, welches man beim Aufbau einer solchen Plattform nutzen könnte. Die Implementierung einer Blockchain-basierten Marktplattform ist sehr davon abhängig, ob sich die Kunden im VCM künftig mehr Transparenz und Nachverfolgbarkeit in der CO₂-Kompensation wünschen. Falls dies der Fall ist, werden die Akteur*innen im VCM den Druck der Nachfrager*innen spüren, Alternativen zum Status quo zu entwickeln. Damit sich eine Blockchain-basierte Handelsplattform durchsetzen könnte, müssten die grossen Standards, welche einen Grossteil der CO₂-Kredite verifizieren, ihre Register mit dieser Handelsplattform verbinden (Interviewpartner*in 6: 40-41).

Alternativ zu einer global akzeptierten und im VCM breit abgestützten Blockchain-basierten Handelsplattform sind heute bereits niederschwellige, Blockchain-basierte Pilotprojekte wie Toucan, Klima-Dao oder Moss.earth verfügbar. Diese dezentralen Projekte bieten CO₂-Kompensationen mithilfe von standardmässig verifizierten, tokenisierten Zertifikaten an. Toucan beispielsweise kauft CO₂-Zertifikate aus bestehenden Registern, legt diese still und stellt pro stillgelegtes Zertifikat einen Token aus (Time 2022). Auf der Blockchain können diese Token von privaten Akteur*innen zum Kompensieren ihrer Emissionen gekauft werden (Toucan 2022). Das Ziel dieser Projekte ist es, durch ihr Zutun den Preis für CO₂-Zertifikate in die Höhe zu treiben. Dies soll dafür sorgen, dass Unternehmen aufgrund der hohen Kosten für die CO₂-Kompensation einerseits die firmeninterne Emissionsreduktion der CO₂-Kompensation bevorzugen und andererseits bei einer Kompensation mehr Geld pro kompensierte Tonne CO₂ in den Klimaschutz fliesst (Time 2022).

Laut Interviewpartner*innen 2 (24) und 5 (18) sind diese Projekte sehr spannend, da sie auch Zertifikate aufkaufen, welche den Kriterien der Kompensationsorganisationen nicht genügen, und daher deren Stilllegung unabhängig vom konventionellen Markt ermöglichen. Interviewpartner*in 11 (21) bestätigt, dass diese Projekte eine gute Bereicherung für das Ökosystem sind, die Qualität der Zertifikate aber manchmal fragwürdig ist, da auch alte Zertifikate mit zweifelhafter Herkunft aufgekauft werden.

«Solche Projekte können hochproblematisch sein, da schlechte Zertifikate als Token auf der Blockchain zu absurden Preisen an, zum Teil unwissende Käufer, verkauft werden.» (Interview 10: 16)

Zudem wird argumentiert, dass der Umweltnutzen der Token aufgrund des Energieverbrauchs der Blockchain negativ ist (Interviewpartner*in 10: 16). Interviewpartner*in 7 (6) kontert diese Aussage mit dem Argument, dass es heute auch Blockchains gibt, die sehr energieeffizient sind. Um die Probleme mit der Integrität zu bekämpfen, könnten diese

Projekte in Zukunft stärker mit den Standards zusammenarbeiten, um einen Mindeststandard ihrer Zertifikate zu gewährleisten.

«Standards und Blockchain-basierte Projekte könnten ihre Blockchain-Protokolle verknüpfen, um Doppelzählung zu verhindern und Transparenz zu gewährleisten.» (Interview 12: 16).

Momentan sind die Standards aber noch sehr skeptisch gegenüber den Blockchain-basierten Pilotprojekten während sich die Projekte von den Standards nichts vorschreiben lassen wollen (Time 2022).

In der herkömmlichen CO₂-Kompensation bleibt ein hoher Prozentsatz des Geldes bei diversen Zwischenhändler*innen wie Kompensationsorganisationen, Projektentwickler*innen, Regierungen, Registerbetreiber*innen, Standards und Banken stecken.

«Die administrative Arbeit, die personell aufwendige Validierungs- und Verifizierungsprozesse und die Hürden der internationalen Banktransaktionen beanspruchen einen grossen Teil der initial gezahlten Kompensationsgelder.» (Interview 8: 20).

Dies ist den Nachfragern oft nicht bewusst und reduziert das Potential der herkömmlichen CO₂-Kompensation. Im Unterschied dazu erfolgt der Blockchain-basierte Zertifikatehandel über eine dezentrale Plattform ohne Zwischenhändler*innen (Herweijer et al. 2018: 26). Die tokenisierten Zertifikate werden direkt zwischen Projektentwickler*innen und Nachfrager*innen gehandelt, was Kosten einspart und die daraus resultierende Wirkung maximiert (Interviewpartner*in 7: 4). In Zukunft könnten solche Projekte aufgrund dieser Effizienzsteigerung Druck auf Zwischenhändler*innen ausüben und deren Marktposition schwächen (Interviewpartner*in 4: 30). Die zunehmende Nachfrage nach einfach erwerbbaaren Zertifikaten sowie die Adoption der Blockchain-Technologie könnten diesen Prozess beschleunigen (Interviewpartner*in 12: 26). Trotz dieses Potentials hebt Interviewpartner*in 12 (16) hervor, dass es grundlegend wichtig ist, dass es in jedem Fall auch weiterhin von der Blockchain-Technologie unabhängige Optionen für den Kauf von Zertifikaten geben soll, damit der Marktzugang für alle Akteur*innen offenbleibt.

6.2.5 Verbesserte MRV-Prozesse

MRV-Prozesse⁵ beschreiben die Prozesse zur Überwachung, Berichterstattung und Verifizierung von Klimaschutzprojekten und CO₂-Krediten. Bei der Überwachung wird vor allem die Wirksamkeit von Klimaschutzmassnahmen analysiert. Die Berichterstattung über die CO₂-Kompensation und die Verifizierung der CO₂-Kredite ist nötig, um die Glaubwürdigkeit der Klimaschutzprojekte zu gewährleisten und das Vertrauen in die effektive Nutzung von

⁵ MRV steht für Monitoring, Reporting und Verification.

Kompensationsangeboten aufzubauen (Born 2018: 59). MRV-Prozesse sind für den Klimaschutz allgemein und insbesondere für die Umsetzung des PA und die Erfassung der darin enthaltenen NDCs von zentraler Bedeutung. Je besser der MRV-Prozess funktioniert, desto genauer können Umweltauswirkungen verfolgt, Emissionsbilanzierungen erstellt und die genaue Anzahl CO₂-Kredite ausgestellt werden, um ausgestossene Emissionen äquivalent ausgleichen zu können (Born 2018: 56). Auf verlässliche MRV-Prozesse sind auch private Akteur*innen angewiesen, die informierte Entscheidungen treffen und ihre CO₂-Emissionen transparent kompensieren wollen. Im besten Fall basieren MRV-Prozesse auf vertrauenswürdigen und hochwertigen Umweltdaten. Heutzutage werden aber die meisten dieser Umweltdaten noch in manueller Arbeit in Papier-basierten Monitoringberichten gesammelt und in die MRV Datenbanken eingegeben (Interviewpartner*in 4: 26; Interviewpartner*in 12: 18; UNEP 2020). Diese administrativen Hürden verlangsamen MRV-Prozesse und machen sie ineffizient (Richardson & Xu 2020: 108; Reinsberg 2020: 10).

«Die manuelle Arbeit ist anfällig für Fehler, Betrug und Korruption, da der Mensch die Daten zu seinem Vorteil anpassen kann.» (Interview 8: 22)

Zudem beruhen die MRV-Prozesse auf Umweltdaten, welche in heterogenen, nationalen Verzeichnissen und Bilanzierungssystemen multizentral organisiert sind. Die Verzeichnisse sind nicht miteinander verbunden (SAF & UNEP 2022: 34) und es gibt eine Vielzahl von Systemen und unterschiedlichen Regeln (World Bank 2018: 4; Schletz et al. 2020: 2). Das Vorhandensein verschiedener Informationsformate und Datenstrukturen macht die Verfolgbarkeit und den Vergleich zwischen verschiedenen Verzeichnissen schwierig (Schletz et al. 2020: 2).

Was spricht für eine Blockchain-Architektur?

Die Digitalisierung der MRV-Prozesse (Digital-MRV) ist momentan bei vielen Akteur*innen im Bereich des Klimaschutzes ein Forschungsthema (Interviewpartner*innen 2; 4; 10; 11; 12). Aufgrund der Eigenschaften der Blockchain könnte sie ein geeignetes Instrument sein, um eine dezentrale Datenbank für MRV-Umweltdaten aufzubauen und damit den Herausforderungen der wachsenden Vielfalt von CO₂-Krediten und Klimamärkten zu begegnen (SAF & UNEP 2022: 6).

«In einer solchen einheitlichen Datenbank könnten Projektdaten digital erfasst und ihre Integrität während der Verarbeitung und Übertragung geschützt werden, was sichere und schnelle MRV-Prozesse erlauben würde.» (Interview 12: 24)

Dies würde es Verifizierungsstellen ermöglichen, die Integrität und Wirksamkeit während der Implementierung von Projekten kontinuierlich zu überwachen und am Ende des Prozesses zu validieren (Beglinger 2018: 1). Im Kontext der Digital-MRV macht die Nutzung der Blockchain laut einigen Interviewpartner*innen und Autoren aber nur in Kombination mit anderen neuen

digitalen Technologien wie IoT, KI, Fernerkundung, Edge-Computing⁶, Biometrie⁷ und verschiedenen Sensornetzwerken Sinn (Interviewpartner*innen 2: 24; 10: 16; 12: 22; SAF & UNEP 2022: 50; Born 2018: 18; World Bank 2018: 5). Während IoT für die Datenerfassung und Datensammlung verwendet wird, kann man 5G und KI für die Datenanalyse und die Blockchain-Technologie zur Datenverschlüsselung und Datentransaktion gebrauchen. Es wird erwartet, dass gut «integrierte digitale Lösungen erhebliche Auswirkungen auf den Klimaschutz haben, welcher in den vergangenen Jahrzehnten nicht einmal vorstellbar gewesen wäre» (SAF & UNEP 2022: 50).

«Je nach Projekttyp verändert sich die Zusammenstellung der für die Datensammlung benötigten Technologien.» (Interview 12: 22)

Die Blockchain könnte als sichere Datenbank-Infrastruktur dienen, auf der diese intelligenten, neuen Technologien ihr Potential entfalten könnten (Born 2018: 18).

«Grosse Datensätze können genutzt werden, um relevante Daten zu gewissen Projekten zu extrahieren und das maschinelle Lernen zu trainieren, was wiederum bei der späteren Verifizierung von Projekten hilft.» (Interview 12: 22)

Mit intelligenten Technologien und Instrumenten können MRV-Daten für möglichst genaue MRV-Prozesse in Echtzeit gesammelt, digitalisiert und Transaktionen in einem Netzwerk synchronisiert werden (Richardson & Xu 2020: 108; Born 2018: 8; Interviewpartner*innen 2: 24; 12: 22). IoT-Geräte und Sensoren können beispielsweise dort installiert werden, wo CO₂ direkt ausgestossen wird, und die gemessenen Daten kryptografisch versiegeln, eindeutig kennzeichnen und direkt an die Blockchain senden. Durch diese genaue, vertrauenswürdige und billige, digitale Überwachung müssten Emissionsberichte nicht mehr manuell von externen Prüfstellen validiert werden. (OECD 2019: 39; CLI 2019: 15; Interviewpartner*in 10: 16). Messdaten könnten automatisch in CO₂-Kredite umgerechnet, verifiziert und zum jeweiligen Standard transferiert werden (Interviewpartner*in 4: 30). Dies verschnellert die Schaffung und den Verkauf von CO₂-Krediten. Vor allem bei der Digitalisierung von MRV-Prozessen hat die Blockchain-Technologie mit ihren Smart Contracts ein grosses Potential, indem sie die Ausstellung, Übertragung und Zahlung von CO₂-Krediten automatisiert (CLI 2019: 38). Zudem wird eine Rückverfolgbarkeit mithilfe der Daten zu Klimaschutzprojekt, Projektland, Projektname, Identifikationsnummer, angewandten Leitlinien, Methoden, Ausstellungsdatum und mögliche Standards ermöglicht (Schletz et al. 2020: 4).

⁶ Edge-Computing bezeichnet die dezentrale Datenverarbeitung.

⁷ Biometrie beschäftigt sich mit der Messung und Analyse von biologischen Daten.

Was spricht gegen eine Blockchain-Architektur?

Während Digital-MRV-Prozesse die Gesamtkosten im Zusammenhang mit herkömmlichem MRV-Prozessen reduzieren können, kommen die Vorabkosten der Technologien hinzu, für deren Nutzung digitale Kompetenz erforderlich ist (Kapitel 2.5.6). Kosten und Nutzen sollten bei der Erwägung der Einführung der Technologien bewertet werden. Um die Durchdringung der Blockchain-Technologie und anderen innovativen Technologien voranzutreiben, müsste zudem die digitale Infrastruktur verbessert werden. Dazu gehören ein erschwinglicher Breitband-Internetzugang, sowie intelligente Geräte (SAF & UNEP 2022: 7, 8).

Interviewpartner*in 11 (19) argumentiert, dass in der Schaffung von CO₂-Krediten so viele Variablen für Ungenauigkeiten sorgen, dass die präzise Quantifizierung nicht möglich ist und der Fokus auf der Skalierung und Finanzierung und nicht auf möglichst optimierten MRV-Prozessen liegen sollte. Zudem wird bei der immer genaueren Datensammlung mit smarten Sensoren auch die Privatsphäre verletzt (Interviewpartner*in 11: 19).

«Schlussendlich ist die Wahl, welche Technologie für die Datenübertragung genutzt werden soll, irrelevant im Vergleich zur Wichtigkeit der Projektvalidierung und Überprüfung dieser Validierung durch eine staatliche Akkreditierungsstelle.» (Interview 9: 20)

Interviewpartner*in 9 (20) geht davon aus, dass weder Gastländer noch Projektentwickler*innen die Kontrolle über wichtige Entscheide bei der Validierung und Bilanzierung von Klimaschutzprojekten an einen unsichtbaren Algorithmus abtreten wollen. Zudem kann in naturbasierten Klimaschutzprojekten die teure und logistisch aufwändige manuelle Arbeit bei der Validierung und Zertifizierung von Projekten nicht komplett abgeschafft werden. Dafür werden noch zu viele Variablen von Expert*innen im Feld gemessen (Interviewpartner*in 8: 22).

7 Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit war es, die verschiedenen Facetten der CO₂-Kompensation als Instrument des marktbasierten Klimaschutzes zu betrachten und dabei das Potential der Blockchain-Technologie zu analysieren. Da es sich sowohl bei der CO₂-Kompensation als auch bei der Blockchain-Technologie um momentan populäre, aber auch sehr komplexe Forschungsbereiche handelt, war die Verflechtung dieser beiden Themen kein einfacher Forschungsgegenstand. Zu Beginn des Arbeitsprozesses musste herausgefunden werden, ob sich diese beiden Phänomene in einer Arbeit gemeinsam betrachten und verknüpfen lassen. Es stellte sich heraus, dass die Blockchain-Technologie zumindest in einigen Bereichen der CO₂-Kompensation interessante Eigenschaften, Ideen und Anwendungen zur Verbesserung der heutigen Praktiken bietet. Nach der Formulierung der Forschungsfrage und der Unterfragen (Kapitel 2.6) wurden mithilfe einer Literaturrecherche und zwölf «Experteninterviews» die benötigten Daten erhoben. Die Interviewpartner*innen widerspiegeln die grosse Vielfalt an Akteur*innen im Bereich der CO₂-Kompensation und gewährten mit ihrer Expertise zum marktbasierten Klimaschutz und zur Blockchain-Technologie interessante Einblicke in das Spannungsfeld dieser beiden Forschungsthemen. Die Aussagen der Interviewpartner*innen konnten durch Erkenntnisse aus der Literaturrecherche in einen Kontext gestellt und theoretisch eingeordnet werden. Im Folgenden wird zuerst die Forschungsfrage **«Was sind die Funktionsweisen, Herausforderungen und Perspektiven der CO₂-Kompensation und inwiefern kann die Blockchain-Technologie zur Verbesserung der aktuellen Praktiken genutzt werden?»** beantwortet, indem ausführlich auf die einzelnen Unterfragen eingegangen wird (Kapitel 7.1). Weiter wird die Forschungsarbeit theoretisch verortet (Kapitel 7.2). Danach werden Vorschläge für weitergehende Forschung gemacht (Kapitel 7.3), Empfehlungen basierend auf dieser Forschungsarbeit abgegeben (7.4) und die Limitationen der Arbeit aufgezeigt (Kapitel 7.5). Zum Schluss werden im Fazit die wichtigsten Erkenntnisse der Arbeit zusammengefasst (Kapitel 7.6).

7.1 Beantwortung der Forschungsfrage

Wie in Kapitel 1 beschrieben, ist ein effektiver Klimaschutz mit ambitionierten Zielen zwingend notwendig, um die globale Temperaturerwärmung auf maximal 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Aus dieser Dringlichkeit heraus haben die Mitgliedsstaaten der UN das PA unterzeichnet und die SDGs ausgearbeitet (Kapitel 1). Um die Klimaziele zu erreichen, braucht es das Zusammenspiel staatlicher Massnahmen wie direkte Regulierungen, CO₂-Steuern, erhöhte Ausgaben für Forschung und Entwicklung und die Abschaffung der Subventionen für fossile Brennstoffe (MacKenzie 2012: 72). Diese Arbeit zeigt aber, dass staatlichen Anstrengungen durch marktbasierende Klimaschutzinstrumente, wie die CO₂-Kompensation, ergänzt werden müssen, da sie allein nicht ausreichen, um den Klimawandel abzuschwächen (Kapitel 2.1.2). In Bezug auf den marktbasierten Klimaschutz ist es wichtig zu beachten, dass der Handel nicht das Handeln ersetzt, was bedeutet, dass die

CO₂-Kompensation nur für unvermeidbare Restemissionen genutzt werden soll (Kapitel 2.1.2). Die CO₂-Kompensation findet ihre Anwendung im CCM mit den Emissionsrechten, im CDM mit zertifizierten Emissionsreduktionen, im VCM mit den CO₂-Zertifikaten und unter dem PA mit den ITMOs (Kapitel 2.2 & 2.3). Auch in der schweizerischen Klimapolitik spielen marktbasierende Klimaschutzinstrumente eine wichtige Rolle; unter anderem im EHS, bei der Kompensationspflicht für Treibstoffimporteure*innen, sowie im VCM für private Akteure*innen (Kapitel 3.3 - 3.5). Dies zeigt, dass die CO₂-Kompensation als Instrument des marktbasierten Klimaschutzes breit genutzt wird und auch in Zukunft von Bedeutung sein wird.

Damit die erste Unterfrage **«Wie gestaltet sich das Zusammenspiel der unterschiedlichen Akteure*innen in der CO₂-Kompensation und was sind ihre jeweiligen Aufgaben?»** beantwortet werden konnte, waren Gespräche mit den verschiedenen Personen im Bereich der CO₂-Kompensation notwendig. Es hat sich gezeigt, dass unter dem PA und mit den SDGs zum ersten Mal auch private Akteure*innen in den Klimaschutz miteinbezogen werden (Kapitel 6.1.2). Zur Erreichung der CO₂-Neutralität oder bei der Verfolgung von Netto-Null-Zielen greifen neben den privaten Akteure*innen auch verpflichtete Unternehmen und Staaten auf die CO₂-Kompensation und CO₂-Kredite zurück, um ihre Klimaziele zu erreichen.

Die Interviews haben gezeigt, dass für die Umsetzung der CO₂-Kompensation zumeist mit Kompensationsorganisationen gearbeitet wird. Die Kompensationsorganisationen und Beratungsunternehmen agieren als Bindeglied zwischen den Nachfragern und den Klimaschutzprojekten und haben die grosse Verantwortung, für wirksamen Klimaschutz zu sorgen. Bei der CO₂-Kompensation wird jeweils nach einem einheitlichen Schema vorgegangen und nach den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen gehandelt, um eine möglichst hohe Integrität, Wirksamkeit und Transparenz zu gewährleisten (Kapitel 6.1.3). Dafür wird in den meisten Fällen mit Standards gearbeitet, welche die CO₂-Kredite der Klimaschutzprojekte verifizieren und damit einen gewissen Qualitätsstandard garantieren. Standards (Kapitel 6.1.4) sollen die Klimaschutzprojekte überwachen (Kapitel 2.1.3) sowie den Schutz sozioökonomisch gefährdeter Bevölkerungsgruppen gewährleisten (Kapitel 4.4), damit die CO₂-Kompensationen einen wirklichen Beitrag zu einem sozialverträglichen und nachhaltigen Klimaschutz leisten kann.

Die Interviews haben auch gezeigt, dass bei der CO₂-Kompensation ein komplexes Umfeld an Akteure*innen vorhanden ist, wobei die verschiedenen Akteure*innen voneinander abhängig sind, um einen effizienten Ablauf und einen wirksamen Klimaschutz zu gewährleisten. Durch den dezentralen und inklusiven Ansatz des PA und der NDCs wird sich die Zusammensetzung der Akteure*innen in den kommenden Jahren verändern und den Bedürfnissen anpassen. Die Ergebnisse in Kapitel 6.1. zeigen, dass es sich bei der CO₂-Kompensation um ein dynamisches Instrument des marktbasierten Klimaschutzes handelt, welches das Angebot an CO₂-Krediten den Gegebenheiten anpassen kann, je nach Veränderungen der Nachfrage, technischen Innovationen, politische Regulierungen oder internationalen Abkommen. Trotzdem gibt es dabei auch Grenzen, wie das Beispiel der Schweiz zeigt. Inländische Klimaschutzprojekte sind

nur begrenzt verfügbar, und die Preise zwischen verschiedenen Projekttypen können sich stark unterscheiden.

Bei der zweiten Unterfrage **«Welche aktuellen Diskussionen, Herausforderungen und Konfliktpunkte finden sich in der CO₂-Kompensation und welche zukünftige Entwicklung wird im marktbasieren Klimaschutz erwartet?»** geht es heute und auch in der Zukunft vor allem um die Fragen, wer, wo und wieviel kompensiert, und welche Auswirkungen das PA auf die CO₂-Kompensation und die Kohlenstoffmärkte hat. Die Interviewpartner*innen haben differenzierte Ansichten darüber, wie viel Einfluss der Staat im marktbasieren Klimaschutz haben soll (Kapitel 6.1.1), ob und wieviel im In- oder Ausland kompensiert werden soll (Kapitel 6.1.5) und wie sich der Handel von CO₂-Krediten unter dem PA verändern wird (Kapitel 6.1.6). Die Ergebnisse der Interviews zeigen, dass die verschiedenen Akteur*innen unterschiedliche Bedürfnisse haben und je nach Hintergrund oder Erfahrung unterschiedlich argumentieren. Während beispielsweise einige Interviewpartner*innen für billige, ausländische CO₂-Kredite und damit eine maximale Effizienz argumentieren, setzen sich andere für eine hochwertige Klimaschutzmassnahmen im Inland ein (Kapitel 6.1.5). Auch bei der Frage, wie gross der effektive Beitrag des marktbasieren Klimaschutzes an der Abschwächung des Klimawandels ist, unterscheiden sich die Ansichten der Interviewpartner*innen stark (Kapitel 6.1.1). Die Interviewpartner*innen sind sich allerdings einig, wenn es um die Zukunft des marktbasieren Klimaschutzes geht. Alle Interviewpartner*innen stimmen überein, dass es weltweit eine hohe Nachfrage nach CO₂-Kompensationen gibt und damit einhergehend die Preise für CO₂-Kredite langfristig steigen werden. Zudem wird erwartet, dass sich die Kohlenstoffmärkte untereinander immer mehr vernetzen, damit ein einheitlicher Handel möglich wird (Kapitel 6.1.7).

Um den Herausforderungen der CO₂-Kompensation bezüglich Integrität, Wirksamkeit, Transparenz, Effizienz und Übersichtlichkeit zu begegnen, wird zunehmend auf technische Innovationen gesetzt. Die vielleicht grösste Aufmerksamkeit unter diesen Technologien erhält die Blockchain-Technologie.

Um die dritte Unterfrage **«Inwiefern eignet sich die Blockchain-Technologie für eine Implementierung im marktbasieren Klimaschutz?»** zu beantworten, wurde neben den Interviewergebnissen auch auf die Erkenntnisse aus der vorgängig durchgeführten Literaturrecherche zurückgegriffen. Während einige Interviewpartner*innen keinen Grund für eine Implementierung der Blockchain-Technologie in den Kohlenstoffmärkten identifizieren können, sehen andere grosses Potential darin. Auch in der Literatur finden sich sowohl grosse Befürworter*innen, als auch Kritiker*innen der Blockchain-Technologie. Als Hauptkritikpunkte werden angegeben, dass die Blockchain als Lösung für alle Probleme angesehen wird, die Problematiken des Kapitalismus verstärkt und nur mit fortgeschrittenem, technologischem Wissen verwendet werden kann. Auf der anderen Seite hat diese dezentral organisierten Datenbank-Technologie das Potential, in den Kohlenstoffmärkten für zusätzliche Sicherheit, Nachhaltigkeit, Widerstandsfähigkeit, Transparenz, Nachverfolgbarkeit, Vertrauenswürdigkeit, Effizienz, Demokratie und Dezentralisierung zu

sorgen. Während die Tokenisierung die Schaffung von handelbaren, digitalen CO₂-Krediten ermöglicht, erlaubt die Nutzung von Smart Contracts nachverfolgbare und sichere Transaktionen zwischen sich nicht vertrauenden Personen (Kapitel 2.5). Zudem lassen sich in den Meta-Daten der tokenisierten CO₂-Kredite Daten zu den verschiedenen Aspekten der Integrität und Wirksamkeit der Klimaschutzprojekte wie beispielsweise Zusätzlichkeit, Permanenz und Nachhaltigkeitsnutzen (Kapitel 2.1.3) speichern. Damit eignet sich die Blockchain-Technologie gut, um den Handel der digitalen CO₂-Kredite zu organisieren, zu überwachen und abzuwickeln. Bezüglich der Zugänglichkeit der CO₂-Kompensation für private Akteur*innen kann die Blockchain-Technologie mit der Fragmentierung von CO₂-Krediten die Eintrittsbarrieren senken und den Zugang zum Markt vereinfachen. Dies sorgt für eine grössere Marktliquidität, einen demokratisierten Markt, eine schnellere Projektfinanzierung und ein partizipativeres Umfeld (Kapitel 2.5). Mit ihrem dezentralen Charakter könnte die Blockchain-Technologie Probleme der bisherigen, zentralisierten Kohlenstoffmärkte wie Machtmissbrauch, Korruption und hohe Anfälligkeit gegenüber Hackerangriffen lösen.

Als Antwort auf die vierte Forschungsfrage **«In welchen Bereichen der CO₂-Kompensation hat die Blockchain-Technologie das grösste Potential, die aktuelle Praktiken zu verbessern?»** haben sich vier interessante Anwendungsbereiche herauskristallisiert. Konkret handelt es sich dabei um die Bereiche **«Blockchain-Architektur zur Umsetzung des PA»**, **«Tokenisierte CO₂-Kredite»**, **«Handelsplattform für den VCM»** und **«Verbesserte MRV-Prozesse»**. Diese Bereiche sind, die am meisten genannten und mit grösster Aufmerksamkeit verfolgten Beispiele einer Implementierung der Blockchain-Technologie in den marktbasieren Klimaschutz.

Eine Blockchain-Architektur zur Umsetzung des PA wäre unter anderem spannend, weil sie als Prozessschicht die bestehenden Register und Datenbanken für CO₂-Kredite interoperabel verbinden könnte. Dies würde einen flexiblen Handel und die einfache Übertragung von ITMOs zwischen kooperativen Parteien erlauben. Nichtsdestotrotz ist die Implementierung einer Blockchain-Architektur, welche alle bisherigen Datenbanken abschaffen würde, aufgrund der Unreife der Technologie unwahrscheinlich. Zudem müssten sich alle Parteien auf eine einzige Blockchain-Architektur einigen, was bei den offensichtlichen Meinungsverschiedenheiten zwischen den Ländern schwer vorstellbar ist.

Tokenisierte CO₂-Kredite stellen eine vielversprechende Alternative zu den herkömmlichen CO₂-Krediten, mit ihren Nachteilen bezüglich Doppelzählung und mangelnder Transparenz dar. In den Metadaten eines tokenisierten CO₂-Kredits können beliebige automatisch oder manuell erfasste emissionsbezogene Attribute gespeichert werden, was die Rückverfolgbarkeit stark vereinfacht. Damit sind tokenisierte CO₂-Kredite spannend für Unternehmen, um ihre Nachhaltigkeitsberichterstattung und tatsächliche Klimaverträglichkeit transparent offenzulegen. Fraglich ist bei dieser Anwendung der Blockchain-Technologie, ob die heutigen CO₂-Kredite nicht bereits eine genug hohe Rückverfolgbarkeit ermöglichen und ob überhaupt ein Bedürfnis nach zusätzlicher Transparenz vorhanden ist.

Eine Blockchain-basierte Handelsplattform für den VCM wurde sowohl von den Interviewpartner*innen, als auch in der Literatur oft erwähnt. Sie könnte Informationen über Eigenschaften, Preis und Verfügbarkeit zu den verschiedenen Zertifikaten bereitstellen und den privaten Nachfragern oder den Kompensationsorganisationen damit einen transparenten Überblick über das Angebot und die Preisentwicklung geben. Ein wichtiger Punkt in der Diskussion um eine Blockchain-basierte Handelsplattform ist, dass die Blockchain-Technologie nicht der Grund wäre, warum eine solche Plattform entstehen würde, sondern eher ein Werkzeug, welches man beim Aufbau nützen könnte. Bereits heute finden sich Pilotprojekte, welche den Handel von CO₂-Krediten über dezentrale Plattformen ermöglichen. Wie sich diese Projekte entwickeln, wird sich in Zukunft zeigen.

Die heutigen MRV-Prozesse werden künftig auf jeden Fall durch innovative Technologien wie IoT, KI, Fernerkundung, Edge-Computing, Biometrie und verschiedene Sensornetzwerke verbessert. Dies ist wichtig, um die Wirksamkeit der Klimaschutzprojekte zu überprüfen und die Glaubwürdigkeit der CO₂-Kredite zu verbessern. In diesem Kontext kann die Blockchain-Technologie genutzt werden, um eine dezentrale Datenbank für MRV-Umweltdaten aufzubauen, diese kryptografisch zu verschlüsseln und deren Transaktionen zu vereinfachen oder mit Smart Contracts zu automatisieren. Messdaten könnten damit automatisch in CO₂-Kredite umgerechnet und zum Kauf freigegeben werden.

Die vier Anwendungsbereiche überschneiden sich teilweise oder gehen auseinander vor. Beispielsweise ist die Existenz einer Handelsplattform für den VCM von tokenisierten CO₂-Krediten abhängig. Tokenisierte CO₂-Kredite wiederum können nur mit Meta-Daten versehen werden, wenn in den Digital-MRV-Prozessen bereits solche Daten aufgenommen und in der Blockchain gespeichert worden sind. Auch zwischen einer Handelsplattform für den VCM und einer Blockchain-Architektur für die Umsetzung des PA könnten die Grenzen in Zukunft verschwimmen, wenn freiwillige Kompensationen unter dem PA als NDCs oder ITMOs angerechnet und über die Register des PA gehandelt werden.

Trotz der vielversprechenden Eigenschaften der Blockchain-Technologie (Kapitel 2.5.1 - 2.5.5) gibt es doch auch viele Herausforderungen und Limitationen im Umgang mit der Technologie (Kapitel 2.5.6). Neben den technischen Herausforderungen ist die Blockchain heutzutage noch teuer im Aufbau und zumeist energieintensiv im Betrieb. Zudem gibt es in der Praxis Leistungsprobleme, da die Blockchain gleichzeitig nur zwei der drei Eigenschaften «Sicherheit, Transaktionsvolumen und Dezentralisierung» innehaben kann. Neben diesen Limitationen in der Anwendung sind bisher in Bezug auf die rechtliche Lage noch viele Punkte unsicher. Es gibt weltweit keine einheitlichen Richtlinien und Vorschriften zum Umgang mit der Blockchain-Technologie. In diesem Kontext könnten Regulierungen mithelfen, Korruption und Geldwäsche im Zusammenhang mit der Blockchain-Technologie zu verhindern und den Pilotprojekten Sicherheit und klare Rahmenbedingungen zu geben. Klare rechtliche Verhältnisse würden der Skalierung der Blockchain-Technologie helfen, indem sie das Vertrauen in die Technologie steigern (Kapitel 2.5.6).

7.2 Theoretische Verortung der Arbeit

Die Abschwächung des Klimawandels findet momentan durch staatliche Regulierungen und marktwirtschaftliche Instrumente, wie die CO₂-Kompensation statt. Kapitel 2.1.1 hat gezeigt, dass es sich bei der CO₂-Kompensation um eine Möglichkeit handelt, verbrauchs- oder produktionsbedingte CO₂-Emissionen zu neutralisieren. Dabei wird Geld für CO₂-Kredite aus Klimaschutzprojekten gezahlt, um weiterhin mit gutem Gewissen Emissionen ausstossen zu dürfen (Kapitel 2.4). Politisch gesehen, sind Marktinstrumente der kosteneffektivste Weg zur Abschwächung des Klimawandels und zur Erreichung der Klimaziele. Bei naturbasierten Klimaschutzprojekten wird dafür die Ökosystemdienstleistung der «Kohlenstoff-Speicherung» natürlicher Ökosysteme gekauft. Damit so ein Kauf möglich wird, findet vorgängig eine Kommodifizierung von ökologischem Gemeingut statt, was als neoliberale Praktik verstanden werden kann. Da der Klimawandel zu einem grossen Teil durch ebensolche neoliberale Praktiken ausgelöst worden ist, stellt sich die Frage, inwiefern der Klimaschutz unter diesen Umständen dem Markt überlassen werden soll. Sowohl bei Emissionsrechten als auch bei CO₂-Zertifikaten und ITMOs wird versucht, den Klimawandel mit Marktmechanismen abzuschwächen. Dabei fügen solche Mechanismen der Natur und dem Klima möglicherweise mehr Schaden zu, als dass sie nützen (Kapitel 4.1). Klimaschutzmassnahmen und Projekte zur Dekarbonisierung der Wirtschaft werden immer mehr von privaten, freiwilligen Akteur*innen übernommen, obwohl die Regulierung der ökonomischen Aktivitäten historisch die Aufgabe des Staates war. Mit der Implementierung des PA und der SDGs stellt sich die Frage, ob im Klimaschutz der Zukunft eine gesunde Balance zwischen staatlichen Regulierungen und Marktlösungen möglich ist und ob der Staat künftig mehr Aufgaben des Marktes übernehmen soll. Obwohl es sich beim PA beispielsweise um eine Verstaatlichung des Klimaschutzes handelt, werden mit dem ITMOs Marktmechanismen zur Verfügung gestellt, um die Ziele kosteneffizient zu erreichen. Damit wird die Klimaschutzproblematik auch unter dem PA ökonomisiert.

Damit marktbasierende Ansätze im Klimaschutz funktionieren können, sind sie auf kontinuierliche regulatorische Eingriffe und staatliche Rahmenbedingungen angewiesen (Kapitel 6.1.1). Da es im Klimaschutz nicht nur um Kosteneffizienz, sondern auch um Integrität, Wirksamkeit und nachhaltige Entwicklung geht, sollte ein Zusammenspiel zwischen Staat und Markt stattfinden. Der marktbasierende Klimaschutz kann verwendet werden, um staatliche Interventionen und Anstrengungen zur Dekarbonisierung zu unterstützen und um externe Kosten zu internalisieren. Trotzdem bleibt es die Aufgabe des Staates, eine Umstrukturierung der Wirtschaft im Einklang mit einer kohlenstoffarmen Welt umzusetzen (Bigger & Carton 2020: 660). Webber und Kennedy (2018: 81) erklären, dass «das Klima als öffentliches Gut auch von der Öffentlichkeit und durch öffentliche Ausgaben verwaltet werden sollte; zumindest zu einem grösseren Teil als heute». Insgesamt sollten sich weltweit die sozialen, politischen und wirtschaftlichen Praktiken so verändern, dass eine sofortige und nachhaltige Dekarbonisierung auch unabhängig von Marktlösungen wie der CO₂-Kompensation möglich ist, indem verschiedene Steuerungsmöglichkeiten miteinbezogen werden (Bigger & Carton

2020: 650). Marktbasierte Ansätze müssen wissenschaftlich begleitet werden, damit die CO₂-Kompensation durch Standards und neue Technologien verbessert werden.

Im Hinblick auf die Blockchain-Technologie kann gesagt werden, dass es sich bei deren Implementierung in den marktbasierten Klimaschutz um den Versuch handelt, die defizitären Märkte mit einer neuen Technologie effizienter zu gestalten. Während die positiven Eigenschaften der Blockchain-Technologie (Kapitel 2.5) genutzt werden können, um die CO₂-Kompensation zu verbessern, muss darauf geachtet werden, dass die problematischen Eigenheiten der Blockchain-Technologie (Kapitel 2.5.6) nicht zu einer Ausweitung der neoliberalen Praktiken im marktbasierten Klimaschutz führen. Im besten Fall verbessert die Blockchain-Technologie die Transparenz, Integrität, Wirksamkeit, Nachverfolgbarkeit und Effizienz der Klimaschutzprojekte. Im schlimmsten Fall verstärkt die Blockchain-Technologie aber die negativen Aspekte des marktbasierten Klimaschutzes. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, sich so früh wie möglich ausgiebig mit der Technologie auseinanderzusetzen, die Implementierung wissenschaftlich zu begleiten und die Nutzung staatlich zu regulieren.

7.3 Vorschläge für weitergehende Forschung

1. Aufbauend auf dieser Arbeit wäre es wichtig herauszufinden, inwiefern sich die Nachfrager*innen von CO₂-Krediten mehr Transparenz und Nachverfolgbarkeit bei der CO₂-Kompensation wünschen. Diese Fragestellung würde beantworten, ob die heute verwendeten Mechanismen (Zertifizierung durch Standards, Nachverfolgung über Projektnummern in Registern) zur Gewährleistung der Integrität und Wirksamkeit ausreichen, oder ob es eine neue Datenbank-Technologie wie die Blockchain-Technologie benötigt, um die verstärkten Bedürfnisse nach Transparenz zu befriedigen. In diesem Kontext könnten Konsument*innen befragt dazu werden, ob sie sich für eine transparente und nachverfolgbare Offenlegung der Klimaverträglichkeit von Unternehmen interessieren.
2. Bezüglich des PA und der ITMOs wird es in den kommenden Jahren bestimmt zu weitergehender Forschung kommen. Wichtig sind dabei Fragen wie:
 - a. Inwiefern und in welchem Ausmass werden ITMOs genutzt, um die NDCs zu erfüllen?
 - b. Welchen Beitrag zum globalen Klimaschutz kann der VCM unter dem PA leisten?
 - c. Werden national sowie international genügend neue Klimaschutzprojekte entwickelt, um die wachsende Nachfrage nach CO₂-Krediten zu decken?
 - d. Was bedeutet die Verstaatlichung des Klimaschutzes unter dem PA für die verschiedenen Akteur*innen im marktbasierten Klimaschutz?
3. Zentral für eine wirksame aber auch sozial und ökologisch verträgliche CO₂-Kompensation in Zukunft ist, dass weiterhin zu Themen wie Kommodifizierung und Finanzialisierung der Natur, Enteignung und Vertreibung von sozioökonomisch gefährdeten Bevölkerungsgruppen, Limitationen des marktbasierten Klimaschutzes, Integrität und

Wirksamkeit von Klimaschutzprojekten und innovativen Technologien geforscht wird. Für eine solche Forschung kann man bei den in dieser Arbeit besprochenen Argumenten anknüpfen.

4. Falls eine Implementierung der Blockchain-Technologie in den Kohlenstoffmärkten tatsächlich zur versprochenen Effizienzsteigerung durch Automatisierung führt, wäre eine differenzierte Analyse der direkten und indirekten soziotechnischen Auswirkungen davon wichtig. Vorstellbare Folgen wären beispielsweise der Verlust von Arbeitsplätzen im administrativen Bereich, die Abschaffung von Zwischenhändler*innen, der optimierte Einsatz von Klimaschutzfinanzierung und allgemein die Umstrukturierung des marktbasierten Klimaschutzes. In diesem Kontext könnte aufbauend auf der Forschung von Rodima-Taylor (2021) und Manski (2017) analysiert werden, ob die Blockchain-Technologie den Kapitalismus im Bereich des marktbasierten Klimaschutzes reproduziert oder wirtschaftliche Trends beschleunigt.
5. Schon heute gibt es die Pilotversuche, Blockchain-basierte Plattformen für den Handel von tokenisierten CO₂-Krediten aufzubauen, eine Blockchain-Architektur für die zukünftigen Klimamärkte unter dem PA zu entwickeln, Digital-MRV-Prozesse mit der Blockchain-Technologie zu ergänzen und kundenfreundliche Anwendungen für die einfache Rückverfolgung von tokenisierten CO₂-Krediten zu programmieren. Weitergehende Forschung könnte sich vertieft mit diesen Anwendungsbereichen und spezifischen Pilotprojekte auseinandersetzen und die hier durchgeführte qualitative mit quantitativer Forschung ergänzen. Zudem könnten die hier genannten Anwendungsbereiche durch weitere vielversprechende Bereiche ergänzt werden.
6. Neue innovative Technologien neben der Blockchain-Technologie wurden in dieser Arbeit nur sehr begrenzt betrachtet und müssten für ein besseres Verständnis des Potentials der Blockchain-Technologie im Zusammenspiel mit diesen Technologien genauer untersucht werden. Dafür könnte sich weiterführende Forschung den einzelnen, an Einfluss gewinnenden, Technologien der Digitalen Transformation wie KI, IoT, Fernerkundung, Edge-Computing, Biometrie und verschiedenen Sensornetzwerken widmen und den Einfluss dieser Technologien auf die CO₂-Kompensation untersuchen.

7.4 Empfehlungen

1. Auch in Zukunft soll die Schweiz im Klimaschutz unter dem PA eine Vorreiterrolle beibehalten, die internationale Zusammenarbeit beim Klimaschutz verstärken und mit gutem Beispiel voran gehen. Dafür muss man in innovative Technologien investieren und neue Ansätze ausprobieren.
2. Aufgrund der Dringlichkeit des Klimaschutzes ist es momentan viel wichtiger, möglichst schnell finanzielle Ressourcen für den Klimaschutz aufzubringen als viel Geld für MRV-

Prozesse auszugeben. Ohnehin ist die genaue Quantifizierung von CO₂-Flüssen beinahe unmöglich und die Unsicherheit bei der Erstellung von CO₂-Krediten (tCO₂e) in Klimaschutzprojekten sehr hoch. Um den Klimaschutz zu maximieren ist es daher in erster Linie relevant, Finanzströme in eine grüne und nachhaltige Richtung zu lenken und eine breite Dekarbonisierung anzustreben. Zumeist ist das Problem des Klimaschutzes nicht die mangelnde technologische Unterstützung oder Transparenz, sondern die unzureichende Zielsetzung und die nicht vorhandene Zusätzlichkeit der Klimaschutzprojekte. Fragen bezüglich des Projektortes, des Projekttyps und der verwendeten Methodik sind somit zweitrangig nach der Frage, warum bisher immer noch so wenige Klimaschutzmassnahmen umgesetzt worden sind. In Zukunft müssen sich alle Akteur*innen zu ambitionierteren Klimaschutzzielen verpflichten. Mithilfe des Marktmechanismus kann damit der Fokus auf schnell skalierbare Klimaschutzprojekte gelenkt werden. Nichtsdestotrotz ist es in diesen Projekten wichtig, die Wirksamkeit und Integrität zu gewährleisten. Nur dann sind die Projekte vertrauenswürdig und haben tatsächlich einen positiven Einfluss auf den Klimaschutz.

3. Um in Zukunft den Klimaschutz so wirksam wie möglich zu gestalten, ist es sehr wichtig, dass sich alle Akteur*innen miteinbringen können. Unter den Richtlinien des PA sollen daher Rahmenbedingungen geschaffen werden, damit auch die privaten Akteur*innen im VCM weiterhin zum Klimaschutz beitragen können. Alle Klimaschutzmassnahmen sollen dabei auf die Kompatibilität mit dem PA geprüft werden, damit sich weltweit eine Vergleichbarkeit und Messbarkeit der Klimaschutzanstrengungen ergibt. Vor allem die Staaten sind verantwortlich dafür, Bedingungen zu schaffen, damit sich die privaten Akteur*innen so gut wie möglich miteinbringen können. Wenn dies der Fall ist, können private Akteur*innen im vom Staat vorgegebenen Rahmen ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten.
4. Bei den Prozessen der CO₂-Kompensation sowie bei der Blockchain-Technologie müssen die Aspekte Benutzerfreundlichkeit, Übersichtlichkeit und Verständlichkeit deutlich verbessert werden, damit sich in Zukunft mehr Menschen damit auseinandersetzen. Momentan haben viele Menschen ihre Zweifel bezüglich der Integrität und Wirksamkeit der CO₂-Kompensation, weswegen sie ihr volles Potential vor allem im VCM nicht ausschöpfen kann. Dieser Umstand sorgt dafür, dass die CO₂-Kompensation in den kommenden Jahren transparenter, vertrauenswürdiger und benutzerfreundlicher gestaltet werden muss, damit weiteres Kapital zur Finanzierung von Klimaschutzprojekten generiert werden kann. Auch die Blockchain-Technologie ist für die normale Bevölkerung schwer zu verstehen. Einfache und benutzerfreundliche Blockchain-Anwendungen sind notwendig, damit eine allfällige Implementierung der Technologie möglich wird. Zudem müssen auch die anderen Limitationen der Blockchain-Technologie angegangen werden, damit die Akteur*innen ihre Vorurteile abbauen, das Vertrauen in die Blockchain-Technologie aufbauen und in einem staatlich regulierten Rahmen damit arbeiten können. Im Umgang mit der Blockchain-Technologie soll man weder in einen Technologiehype

verfallen noch voreingenommen jede Anwendung der Blockchain-Technologie kritisieren. Die Implementierung der Blockchain in verschiedenen Bereichen muss engmaschig von der Wissenschaft und Politik begleitet und reguliert werden, damit die positiven Aspekte der Blockchain optimal genutzt und die Negativen bestmöglich limitiert werden können. Der Zugang zur Blockchain und den jeweiligen Anwendungen muss für alle Menschen gleichermaßen gegeben sein, um eine Machtkonzentration oder die Schaffung einer technologischen Elite zu verhindern. In Bezug auf die CO₂-Kompensation soll es, selbst wenn in Zukunft beispielsweise zunehmend tokenisierte CO₂-Kredite auf den Markt kommen sollten, immer die Möglichkeit geben, abseits der Blockchain zu kompensieren. Damit bleibt der Zugang zu diesem Gut für alle verfügbar und digitale Ungleichheiten oder Ausgrenzungen werden verhindert.

5. Vor der Nutzung der Blockchain-Technologie sollte man sich immer die Frage stellen, ob das Ziel auch mithilfe bewährter Datenverarbeitungsinstrumente erreicht werden kann, oder ob es wirklich eine Blockchain-Infrastruktur benötigt. Zudem sollte im Voraus abgeklärt werden, wo die effektiven Vorteile der Blockchain liegen, welche Funktionen die Blockchain übernehmen kann und wo die Limitationen der Blockchain liegen. Der Fokus muss darauf liegen, das effizienteste Instrument zur Lösung eines Problems zu finden und nicht darauf, die Blockchain-Technologie um jeden Preis zu implementieren. Im Kontext der CO₂-Kompensation muss man sich fragen, wie der Klimaschutz am effizientesten, nachhaltigsten und gerechtesten erreicht, und welche Technologien unterstützend eingesetzt werden können.

7.5 Limitationen der Arbeit

Allgemein konnte diese Arbeit die Relevanz und die Problematiken der CO₂-Kompensation, das Zusammenspiel der verschiedenen Akteur*innen darin, die aktuellen Diskussionen und Konflikte, sowie die erwartete zukünftige Entwicklung des marktbasierten Klimaschutzes aufzeigen. In Bezug auf die Blockchain-Technologie wurde ein Überblick über die wichtigsten Eigenschaften und grössten Limitationen gegeben. Zudem wurde analysiert, inwiefern die Blockchain-Technologie für die Implementierung im marktbasierten Klimaschutz geeignet ist und welches die vielversprechendsten Anwendungsbereiche sind. Theoretisch wurde die Arbeit in den wirtschaftsgeografischen Theorien der Vermarktlichung, der Kommodifizierung und Finanzialisierung der Natur und des Neoliberalismus verortet.

Nichtsdestotrotz weist die Arbeit einige Limitationen auf, welche aufgrund des spezifischen Forschungsschwerpunkts, der Komplexität der Themenbereiche und der Zeitlimitation bei der Datenerhebung aufgetreten sind. Um die Verständlichkeit der Arbeit zu fördern, wurde der Begriff «marktbasierter Klimaschutz» zum Teil als Synonym für die CO₂-Kompensation verwendet, obwohl es sich theoretisch auch bei der CO₂-Steuer um ein Instrument des marktbasierten Klimaschutzes handelt. Auch der Begriff Blockchain-Technologie wurde als Synonym für DLTs verwendet, um Verwirrung zu verhindern. Weiter konzentriert sich die Arbeit in allen Aspekten hauptsächlich auf das THG CO₂, obwohl viel potentere THG wie

beispielsweise CH₄ einen sehr relevanten Beitrag zum Klimawandel leisten und deren Ausstoss ebenfalls teilweise durch Marktlösungen begrenzt wird. Zudem geht diese Arbeit nur begrenzt auf das im PA und in den SDGs gross geschriebene Thema der «nachhaltigen Entwicklung» ein, weil es sich dabei um ein breites Themengebiet handelt, dessen Miteinbezug den Rahmen dieser Arbeit gesprengt hätte. In Bezug auf die Blockchain-Technologie wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit auf technische Detailinformationen verzichtet, da sie für diese Arbeit nicht unbedingt relevant waren. Bei der Datenerhebung wirkte sich limitierend aus, dass aufgrund der Covid-19 Situation alle Interviews online über Zoom stattgefunden haben. Die Suche nach Expert*innen im Bereich der CO₂-Kompensation mit spezifischem Wissen zur Blockchain-Technologie hat sich als herausfordernde Aufgabe dargestellt. Während bei einem Drittel der Expert*innen ein tiefgründiges Verständnis und technische Expertise zur Blockchain-Technologie festgestellt wurde, kannten sich die acht weiteren Expert*innen nur oberflächlich mit der Blockchain-Technologie aus.

7.6 Fazit

Das Ziel dieser Arbeit war es, die Funktionsweisen, Herausforderungen und Perspektiven der CO₂-Kompensation zu analysieren und das Potential der Blockchain-Technologie zur Verbesserung der aktuellen Praktiken abzuschätzen. Diese Arbeit gibt eine differenzierte Übersicht über das komplexe Umfeld der Akteur*innen bei der CO₂-Kompensation, untersucht den Einfluss von marktbasierenden Ansätzen im Klimaschutz und zeigt auf, in welchen Bereichen der CO₂-Kompensation die Blockchain-Technologie angewendet werden kann. Gleichzeitig beschäftigt sich diese Arbeit auch kritisch mit dem marktbasierenden Klimaschutz und der Blockchain-Technologie. Während der marktbasierende Klimaschutz aufgrund der damit einhergehenden Kommodifizierung und Finanzialisierung der Natur, der Verlagerung von Problemen in den globalen Süden, der neoliberalen Tendenzen und der kontroversen Auswirkungen auf den effektiven Klimaschutz kritisiert wird, werden bei der Blockchain vor allem die Limitationen und Herausforderungen im Umgang mit der Technologie diskutiert.

Mithilfe einer ausgiebigen Literaturrecherche und mit zwölf «Experteninterviews» wurden die Daten zur Beantwortung der Forschungsfrage erhoben. Die Arbeit trägt durch die empirische Forschung im schweizerischen Kontext zur aktuell sehr theoretisch orientierten Forschung an der Schnittstelle zwischen CO₂-Kompensation und Blockchain-Technologie bei. Die subjektiven Ansichten von Expert*innen, welche sich täglich sowohl mit der CO₂-Kompensation als auch mit der Blockchain-Technologie auseinandersetzen halfen, die aktuellen Entwicklungen im marktbasierenden Klimaschutz einzuordnen und das Potential der Blockchain-Technologie zu eruieren. Der Mehrwert dieser Arbeit basiert in der theoretischen Verortung des Forschungsgegenstandes, in der Verknüpfung der beiden komplexen Forschungsthemen CO₂-Kompensation und Blockchain-Technologie, sowie in der geografischen Fokussierung auf die Schweiz. Zudem wurden die Bereiche «Architektur zur Umsetzung des PA», «tokenisierte CO₂-Kredite», «Handelsplattform für den VCM» und «Verbesserung von MRV-Prozessen» als Bereiche mit dem grössten Potential für Blockchain-basierte Anwendungen in der CO₂-Kompensation identifiziert, wobei nicht immer klar ist, ob

die Blockchain-Technologie für die Erreichung der Ziele wirklich notwendig ist. Die Erkenntnisse dieser Arbeit sind, dass der marktbasierter Klimaschutz auf staatliche Rahmenbedingungen angewiesen ist, dass möglichst alle Akteur*innen in den Klimaschutz miteinbezogen werden sollten und, dass die verschiedenen Akteur*innen im Bereich der CO₂-Kompensation bei der Schaffung von wirksamen und nachhaltigen Klimaschutzmassnahmen voneinander abhängig sind. Es hat sich auch gezeigt, dass die in der Schweiz tätigen Unternehmen im Bereich der CO₂-Kompensation das Aufkommen der Blockchain-Technologie zwar mit Interesse verfolgen, mit einer Implementierung aber grösstenteils noch abwarten, bis weitere rechtliche und technische Fragen geklärt sind. Abschliessend kann zusammengefasst werden, dass die CO₂-Kompensation heute so gefragt ist, wie niemals zuvor. Die Blockchain-Technologie besitzt durchaus Eigenschaften, welche in den kommenden Jahren für Veränderungen in einigen Bereichen des marktbasierter Klimaschutzes sorgen könnten. Sowohl beim marktbasierter Klimaschutz als auch bei der Implementierung der Blockchain-Technologie gilt es aber, die in dieser Arbeit genannten Herausforderungen, Kritikpunkte und Limitationen miteinzubeziehen und künftige Entwicklungen wissenschaftlich und politisch zu begleiten.

8 Literaturverzeichnis

Allianz für Entwicklung Klima und (2020): Aktueller Stand des freiwilligen Treibhausgas-Kompensationsmarktes in Deutschland. Im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. URL: <https://allianz-entwicklung-klima.de/meldungen/studie-zum-aktuellen-stand-des-freiwilligen-treibhausgas-kompensationsmarktes-in-deutschland/>. (Zugriff am 29.4.2022).

BAFU (2020): Emissionshandel Schweiz. URL: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/verminderungsmassnahmen/kompensation.html>. (Zugriff am 30.12.2021).

BAFU (2021): Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland. Ein Modul der Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde zur CO₂-Verordnung. 7. Auflage, Umwelt-Vollzug, 1315, 1-85.

BAFU (2022): Massnahmen CO₂-Gesetz. URL: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/verminderungsmassnahmen.html>. (Zugriff am 20.5.22).

Beglinger, N. (2018): A Climate-Innovation Perspective on the Fourth Industrial Revolution. Cleantech21 Foundation Whitepaper. URL: https://static1.squarespace.com/static/600ec30e6c455e4aedfe91bb/t/609a795f07492017a4bb8d39/1620736353547/C21_WP_Climate4IRDigitalMRV_102018f.pdf. (Zugriff am 20.10.2021).

Berndt, C. & Boeckler, M. (2012): Geographies of Marketization. In Barnes, T., Peck, J. & Sheppard, E. (Hrsg.): The Wiley- Blackwell Companion to Economic Geography. Oxford: Wiley-Blackwell, 199-212.

Bigger P. & Carton W. (2020): Finance and climate change. In: Knox-Hayes, J. & Wojcik, D. (Hrsg): The Routledge handbook of financial geography, 646-666.

Blasch, J. (2014): Consumer Demand for Voluntary Carbon Offsets. The Role of Motivations, Contexts, and Framing for Public Good Provision to Mitigate Climate Change. DISS. 22256, 1-185.

Blasch, J. & Farsi, M. (2012): Retail demand for voluntary carbon offsets: A choice experiment among swiss consumers. Behavioural Environmental Economics, Toulouse, 1-28.

Bogner, A. & Menz, W. (2002): Das theoriegenerierende Experteninterview. Erkenntnisinteresse, Wissenformen, Interaktion. In: Bogner, A., Littig, B. & Menz, W. (Hrsg): Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung. Wiesbaden: Springer, 33-70.

- Born, R. (2018): Distributed Ledger Technology for Climate Action Assessment. EIT Climate-KIC. URL: <https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2018/11/DLT-for-Climate-Action-Assessment-Nov-2018.pdf>. (Zugriff am 10.11.2021).
- BpB (2022): Lexikon der Wirtschaft. URL: <https://www.bpb.de/kurz-knapp/lexika/lexikon-der-wirtschaft/20069/markt/>. (Zugriff am 10.7.2022).
- Brugger und Partner AG (2022): Umweltmanagement. URL: <https://www.bruggerconsulting.ch/umweltmanagement.htm>. (Zugriff am 6.4.2022).
- Bryant, G. (2019): Carbon Markets in a Climate-Changing Capitalism. Cambridge, Cambridge University Press, 1-17.
- Bumpus, A. G. (2011): The Matter of Carbon: Understanding the Materiality of t CO₂e in Carbon Offsets. *Antipode*, 43(3), 612-638.
- Çalışkan, K. & Callon, M. (2010): Economization, part 2: a research programme for the study of markets. *Economy and Society*, 39(1), 1-32.
- Carbon-connect (2022): Über uns. URL: <https://www.carbon-connect.ch/de/ueber-uns/ueber-uns/>. (Zugriff am 4.1.2022).
- Casino, F., Dasaklis, T. K. & Patsakis, C. (2019): A Systematic Literature Review of Blockchain-Based Applications: Current Status, Classification and Open Issues. *Telematics and Informatics* 36(11), 55-81.
- Castree, N. (2003): Commodifying What Nature? *Progress in Human Geography* 27(3), 273-297.
- CAT (2020): Climate Action Tracker, Temperatures. URL: <https://climateactiontracker.org/global/temperatures/>. (Zugriff am 25.05.2022).
- Chapron, G. (2017): The environment needs cryptogovernance. *Nature*, 545, 403-405.
- Chiapello, E. & Engels, A. (2021): The fabrication of environmental intangibles as a questionable response to environmental problems. *Journal of Cultural Economy*, 14(5), 517-532.
- CLI (2019): Navigating Blockchain and Climate Action. State and Trends. Climate Ledger Initiative. URL: https://www.climateledger.org/resources/CLI_Report-2019-State-and-Trends.pdf. (Zugriff am 12.12.2021).
- ClimatePartner (2022): ClimatePartner. URL: <https://www.climatepartner.com/de>. (Zugriff am 5.4.2022).

- Collard, R., Dempsey, J. & Rowe, J. (2016): Re-regulating Socioecologies Under Neoliberalism. In: Springer, S., Birch, K. & Macleavly, J. (Hrsg): The Handbook of Neoliberalism. London: Routledge, 469-479.
- Corson, C., MacDonald, K. I. & Neimark, B. (2013): Grabbing «Green»: Markets, Environmental Governance and the Materialization of Natural Capital. *Human Geography*, 6(1), 1-15.
- CTCN (2022): Youtube Webinar No.5: Managing Carbon Emissions through Blockchain. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=lnAAUkDSe74>. (Zugriff am 5.4.2022).
- Donofrio, S., Maguire, P., Merry, W. & Zwick, S. (2019): Financing Emissions Reductions for the Future: State of the Voluntary Carbon Markets 2019. Forest Trends' Ecosystem Marketplace, Washington DC, 1-9.
- Dorfleitner, G., Muck, F. & Scheckenbach, I. (2021): Blockchain applications for climate protection: A global empirical investigation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 1-22.
- Dümmler, P. & Rühli, L. (2021): Wirkungsvolle Klimapolitik. Der liberale Weg zu einer CO₂-neutralen Zukunft. *Avenir suisse*, Zürich, 1-111.
- EBP Schweiz AG (2022): Klima. URL: <https://www.ebp.ch/de/thema/klima>. (Zugriff am 30.12.2021).
- Econcept AG (2022): Klima. URL: <https://www.econcept.ch/de/themen/klima/>. (Zugriff am 5.1.2022).
- Ermann, U. (2020): Die Forschungsgruppe ComPASS. *GEOGRAZ*, 67, 4-9.
- EU (2019): Scalability, Interoperability and Sustainability of Blockchains. European Union Blockchain Observatory & Forum. URL: https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report_scalability_06_03_2019.pdf. (Zugriff am 15.12.2021).
- European Commission (2016): The EU Emissions Trading System (EU ETS). URL: https://ec.europa.eu/clima/system/files/2016-12/factsheet_ets_en.pdf. (Zugriff am 5.1.2022).
- Fairhead, J., Leach, M. & Scoones, I. (2012): Green Grabbing: a new appropriation of nature? *Journal of Peasant Studies*, 39(2), 237-261.
- First climate AG (2022): Klimastrategien. URL: <https://www.firstclimate.com/klimastrategien>. (Zugriff am 4.1.2022).

- Franke, L., Schletz, M. & Salomo, S. (2020): Designing a Blockchain Model for the Paris Agreement's Carbon Market Mechanism. *Sustainability*, 12(3), 1-20.
- Galen, D., Brand, N., Boucherle, L., Davis, R., Do, N., El-Baz, B., Kimura, I., Wharton, K. & Lee, J. (2018): Blockchain for social impact. Moving beyond the hype. Stanford Graduate School for business, Center for social innovation, 1-80.
- Ganne, E. (2018): Can Blockchain revolutionize international trade? World Trade Organization (Hrsg.). URL: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/blockchainrev18_e.pdf. (Zugriff am 10.12.2021).
- Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U. & Reuber, P. (2012): Verfahren der qualitativen Textaufbereitung und Textinterpretation. In: Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U. & Reuber, P. (Hrsg): *Geographie - Physische Geographie und Humangeographie*. 2. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 165-174.
- Gold Standard (2017): A New Paradigm for Voluntary Climate Action: «Reduce Within, Finance Beyond». Genf, 1-3.
- Gold Standard (2022): Gold Standard. URL: <https://www.goldstandard.org>. (Zugriff am 20.3.2022).
- Green, J. F. (2017): Don't link carbon markets. *Nature*, 543, 484-486.
- Gubler, L. (2020): Klimaschutz durch Hochmoorschutz. CO₂-Kompensation durch Hochmoorrenaturierung in der Schweiz. 2. Auflage, 1-35.
- Hammer, E. & Vorbach, S. (2010): Voluntary Carbon Offsets – Eine Bewertung europäischer Retailer von Zertifikaten zum Ausgleich von Treibhausgasemissionen. *Uwf* 18, 71-77.
- Helfferich, C. (2011): Die Qualität Qualitativer Daten. Manual Für Die Durchführung Qualitativer Interviews. 4. Auflage. Wiesbaden: Springer, 162-189.
- Helfferich, C. (2014): Leitfaden- und Experteninterviews. In: Baur, N., & Blasius, J. (Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer, 559-574.
- Hermwille, L. & Kreibich, N. (2016): Ein Preis für Treibhausgasemissionen. Marktbasierende Instrumente für den internationalen Klimaschutz. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Berlin, 1-24.
- Hernandez, K. (2017): Blockchain for development – Hope or Hype? Rapid response Briefing, Institute of Development Studies, 17, 1-3.

Herweijer, C., Combes, B., Swanborough, J. & Davies, M. (2018): Building block(chain)s for a better planet. London: PricewaterhouseCoopers, 1-56. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/assets/blockchain-for-a-better-planet.pdf>. (Zugriff am 12.12.2022).

Infras & Perspectives climate group (2020): Negative Emissionen und Treibhausgas-Zertifikatehandel. Potenziale, Kosten und mögliche Handlungsoptionen. Grundlagen zur Erarbeitung der langfristigen Klimastrategie des Kantons Zürich und der Netto-Null-Szenarien für die Stadt Zürich. 1-88.

INFRAS AG (2022): Klima. URL: <https://www.infras.ch/de/themen/umwelt-klima/>. (Zugriff am 5.1.2022).

IWF (2021): Global Financial Stability Report—COVID-19, Crypto, and Climate: Navigating Challenging Transitions. Washington, DC, October. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/GFSR/Issues/2021/10/12/global-financial-stability-report-october-2021>. (Zugriff am 2.3.2022).

Kemp-Benedict, E. & Kartha, S. (2019): Environmental Financialization: What Could Go Wrong? In: Real World Economics Review, 87, 69-89.

KlimaDAO (2022): KlimaDAO-Finance. URL: <https://www.klimadao.finance>. (Zugriff am 5.4.2022).

Kollmuss, A., Zink, H. & Polycarp, C. (2008): Making Sense of the Voluntary Carbon Market: a comparison of carbon offset standards. WWF Germany (Hrsg). URL: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/A_Comparison_of_Carbon_Offset_Standards_kurz.pdf. (Zugriff am 21.12.2022).

Kreibich, N. & Hermwille, L. (2021): Caught in between: credibility and feasibility of the voluntary carbon market post-2020. Climate Policy, 21(7), 939-957.

Kuckartz, U. (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim: Beltz Juventa, 97-182.

Lang, S., Blum, M. & Leipold, S. (2019): What future for the voluntary carbon offset market after Paris? An explorative study based on the Discursive Agency Approach. Climate Policy, 19(4), 414-426.

Le Sève, M. D., Mason, N. & Nassiry, D. (2018): Delivering blockchain's potential for environmental sustainability. Overseas Development Institute, 1-13.

Leyshon, A. & Thrift, N. (2007): The Capitalization of Almost Everything. Theory, Culture & Society, 24(7-8), 97-115.

- Lohmann, L. (2016): Neoliberalism's Climate. In: Springer, S., Birch, K. & Macleavly, J. (Hrsg.): The Handbook of Neoliberalism. Routledge, 480-492.
- MacKenzie, D. (2012): Visible, tradeable carbon. How Emissions Markets are constructed. In: Puyou, F.-R., Quattrone, P., McLean, C. & Thrift, N. (Hrsg.): Imaginig Organizations. Performative Imagery in Business and Beyond. Routledge, 53-79.
- Manski, S. (2017): Building the blockchain world: Technological commonwealth or just more of the same? Strategic Change, 26(5), 511-522.
- Mayring, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse, Grundlagen und Techniken. 11., aktualisierte und überarb. Aufl. Weinheim: Beltz.
- Mayring, P. & Fenzl, T. (2014): Qualitative Inhaltsanalyse. In: Baur, N., & Blasius, J. (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer, 543-556.
- McMichael, P. (2009): Contradictions in the global development project: Geo-politics, global ecology and the 'development climate'. Third World Quarterly, 30(1), 247-262.
- My climate (2022): Über uns. URL: <https://www.myclimate.org/de/informieren/ueber-uns/>. (Zugriff am 3.1.2022).
- Nakamoto, S. (2008): Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Artificial Life, 23(4), 552-57.
- OcCC (2012): Klimaziele und Emissionsreduktion – Eine Analyse und politische Vision für die Schweiz. OcCC – Organe consultatif sur les changements climatiques, Bern, 63.
- OECD (2017): Investing in Climate, Investing in Growth. OECD Publishing, Paris. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/economics/investing-in-climate-investing-in-growth_9789264273528-en. (Zugriff am 5.1.2022).
- OECD (2019): Blockchain Technologies as a Digital Enabler for Sustainable Infrastructure. OECD Environment Policy Paper 16. URL: <https://www.oecd.org/finance/blockchain-technologies-as-as-digital-enabler-for-sustainable-infrastructure.htm>. (Zugriff am 21.2.2022).
- Owid (2021): Emissions by sector. Our World in Data. URL: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>. (Zugriff am 30.05.2022) übersetzt durch Dümmler & Rühli 2021.
- Paris Agreement (2015): Paris agreement. URL: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf. (Zugriff am 27.6.2022).
- Paul, S. & Schellenberger, A. (2015): Organische Böden, Klima und der Kohlenstoffmarkt. BGS Bulletin, 36, 57-69.

- Puppis, M. (2019): Analyzing Talk and Text I: Qualitative Content Analysis. In: Van den Bulck, H., Puppis, M., Donders, K. & Van Audenhove, L. (Hrsg.): The Palgrave Handbook of Methods for Media Policy Research. Cham: Springer, 367-384.
- Pwc (2022): Für eine grünere Schweizer Wirtschaft engagiert. URL: <https://www.pwc.ch/de/insights/nachhaltigkeit/fuer-eine-gruenere-schweizer-wirtschaft-engagiert.html>. (Zugriff am 2.1.2022).
- Reinsberg, B. (2020): Fully-automated liberalism? Blockchain technology and international cooperation in an anarchic world. *International Theory*, 1-27.
- Reuber, P. & Gebhardt, H. (2011): Wissenschaftliches Arbeiten in der Geographie. In: Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U. & Reuber, P. (Hrsg.): *Geographie – Physische Geographie und Humangeographie*. 2. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 89-101.
- Richardson, A. & Xu, J. (2020): Carbon Trading with Blockchain. In: Pardalos, P., Kotsireas, I., Guo, Y. & Knottenbelt, W. (Hrsg): *Mathematical Research for Blockchain Economy*. 2nd International Conference, Springer, 105-124.
- Rodima-Taylor, D. (2021): Digitalizing land administration: The geographies and temporalities of infrastructural promise. *Geoforum*, 122, 140-151.
- SAF & UNEP (2022): Blockchain for sustainable energy and climate in the Global South. Use cases and opportunities. URL: <https://www.uncclean.org/wp-content/uploads/library/saf-blockchain-report-final-2022.pdf>. (Zugriff am 6.7.2022).
- Schletz, M., Franke, L. A. & Salomo, S. (2020): Blockchain Application for the Paris Agreement Carbon Market Mechanism—A Decision Framework and Architecture. *Sustainability*, 12(5069), 1-17.
- Schreier, M. (2014): Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 15(1), 1-27.
- Sipthorpe, A., Brink, S., Van Leeuwen, T., Staffell, I. (2022): Blockchain solutions for carbon markets are nearing maturity. URL: [https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322\(22\)00325-6.pdf](https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322(22)00325-6.pdf). (Zugriff am 20.7.2022).
- South Pole (2022): Über uns. URL: <https://www.southpole.com/about-us>. (Zugriff am 9.8.2022).
- SRF (2022): News, Wirtschaft. URL: <https://www.srf.ch/news/wirtschaft/co2-reduktion-uebers-ausland-schweiz-will-auch-mit-vanuatu-und-dominica-co2-kompensieren>. (Zugriff am 5.4.2022).

- Strasdas, W., Gössling, S. & Dickhut, H. (2010): Treibhausgas-Kompensationsanbieter in Deutschland. Verbraucherzentrale Bundesverbandes e.V, 1-111.
- Sullivan, S. (2012): Banking nature? The spectacular financialisation of environmental conservation. *Antipode*, 45(1), 198-217.
- Swiss climate (2022): Swiss climate. URL: <https://www.swissclimate.ch>. (Zugriff am 30.12.2021).
- Tapscott, D. & Tapscott, A. (2016): A Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world. Penguin Books.
- Time (2022): The Crypto Industry Was On Its Way to Changing the Carbon-Credit Market, Until It Hit a Major Roadblock. URL: <https://time.com/6181907/crypto-carbon-credits/>. (Zugriff am 04.06.2022).
- Toucan (2022): Documentation. URL: <https://docs.toucan.earth/protocol/introduction/defi-refi>. (Zugriff am 5.4.2022).
- Trading economics (2022): Preisentwicklung einer Tonne CO₂ im EU-ETS in Euro. URL: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>. (Zugriff am 30.05.2022).
- UNDP (2018): The future is decentralized – Blockchains, distributed ledgers, & the future of sustainable development. URL: <https://www.undp.org/publications/future-decentralised>. (Zugriff am 13.12.2022).
- UNEP (2020): Blockchain Technology and Environmental Sustainability. Foresight brief, Science division. URL: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34226/FB019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (Zugriff am 16.1.2022).
- UNFCCC. (1998). Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change. United Nations, Kyoto.
- Uzsoki, D. & Guerdat, P. (2019): Impact Tokens. A blockchain-based solution for impact investing. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg.
- Van Audenhove, L. & Donders, K. (2019): Talking to People III: Expert Interviews and Elite Interviews. In: Van den Bulck, H., Puppis, M., Donders, K. & Van Audenhove, L. (Hrsg.): *The Palgrave Handbook of Methods for Media Policy Research*. Cham: Springer, 179-198.
- Vigil, S. (2018): Green grabbing-induced displacement. *Routledge Handbook of Environmental Displacement and Migration*, 370-387.

Von Avenarius, A., Devaraja, T. S. & Kiesel, R. (2018): An Empirical Comparison of Carbon Credit Projects under the Clean Development Mechanism and Verified Carbon Standard. *Climate*, 6(49), 1-16.

Webber, S. & Kennedy, E. (2018): Climate Change Economies: Denaturalising adaption and hydrocarbon economisation. In: Klepp, S. & Chavez Roudriguez, L. (Hrsg): A critical approach to climate change adaptation. 77-96.

WEF (2018): Harnessing the Fourth Industrial Revolution for Life on Land. URL: <https://www.weforum.org/reports/harnessing-the-fourth-industrial-revolution-for-life-on-land/>. (Zugriff am 14.3.2022).

Weingärtner, T. (2019): Tokenization of physical assets and the impact of IoT and AI. URL: https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/research-paper/convergence_of_blockchain_ai_and_iot_academic_2.pdf. (Zugriff am 1.5.2022).

Wolters, S., Schaller, S. & Tänzler, D. (2018): Potenziale des freiwilligen Marktes für die Kompensation von Treibhausgasemissionen in Deutschland. Berlin, adelphi, 1-21.

World Bank (2018): Blockchain and Emerging Digital Technologies for Enhancing Post-2020 Climate Markets. URL: <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/29499>. (Zugriff am 19.4.2022).

Zhao, F. & Chan, W.K. (2020): When Is Blockchain Worth It? A Case Study of Carbon Trading. *Energies*, 13(1980), 1-28.

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X. & Wang, H. (2018): Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352-375.

9 Anhang

9.1 Interviewleitfaden

Vielen Dank, dass Sie sich Zeit genommen haben und ich von Ihrem Interviewpartner*innenwissen profitieren darf. Ziel meiner Forschungsarbeit am Wirtschaftsgeographischen Institut der Universität Zürich ist eine genauere Untersuchung der CO₂-Kompensation, wobei ich die Charakteristiken der Kohlenstoffmärkte und das Potential der Blockchain-Technologie analysieren möchte.

Zur Vereinfachung der Datenauswertung würde ich das Interview gerne aufnehmen. Die Aussagen werden anschliessend von mir anonymisiert und nur für wissenschaftliche Zwecke verwendet.

- Ist das für Sie so in Ordnung?

Dann würde ich jetzt ins Hochdeutsch wechseln und mit dem eigentlichen Interview beginnen.

- Könnten Sie sich vielleicht kurz vorstellen und Ihre Rolle bei _____ schildern?

Block 1: Beschreibung des Unternehmens

Zum Start habe ich zwei Fragen zu _____.

- In welchem Tätigkeitsbereich engagiert sich _____ und welche Lösungen bietet _____ an?
- Welchen Raum nimmt bei _____ die Beratung und Forschung zur Abschwächung des Klimawandels, zu Klimaschutzprojekten, zu Netto Null Zielen und zur CO₂-Kompensation ein?

Block 2: Allgemeine Fragen CO₂-Kompensation

Jetzt folgen drei allgemeinere Fragen wo ich sie bitte, Stellung dazu zu beziehen.

- Wo sehen Sie die Rolle des Staates und wo die Rolle von privaten Akteur*innen bei der Abschwächung des Klimawandels?
- Wie gehen Sie bei _____ bei der Beratung von Kund*innen hinsichtlich derer Transformation hin zu Netto-Null vor?
 - Was halten Sie davon, dass Unternehmen und Privatpersonen ihr nicht-nachhaltiges Verhalten dank billiger CO₂-Kredite mit reinem Gewissen weiterführen, anstatt ihre Verhalten nachhaltig durch Reduktion der eigenen Emissionen zu verändern?
 - Was unternimmt _____ um dieses Verhalten zu verhindern?

- Die CO₂-Kompensation ist ein marktbasierter Ansatz. Ist der Weg über den Markt ein sinnvoller Weg, um den Klimawandel abzuschwächen?

Block 3: Fokus Pariser Klimaabkommen

Mit dem Pariser Klimaabkommen haben sich die Rahmenbedingungen für die Kohlenstoffmärkte verändert.

- Inwiefern müssen/ mussten Unternehmen, Kompensationsorganisationen oder auch die Politik ihre Praktiken zum Erreichen der Klimaziele nach dem Inkrafttreten des Pariser Klimaabkommens anpassen?
- Inwiefern hat sich die Nachfrage nach CO₂-Kompensationen und Klimaschutzmassnahmen mit dem Inkrafttreten des Pariser Klimaabkommens verändert?

Block 4: Wirkung und Wirkungsmessung

Die Nachfrager von CO₂-Krediten werden ergebnis- und wirkungsorientierter, und das Vertrauen in die Kompensationsorganisation und in das Klimaschutzprojekt ist wichtig für die Entscheidung, wohin das Geld der Nachfrager fließt.

- Wie misst _____ die exakten Auswirkungen der Klimaschutzprojekte bezüglich effektiver Kohlenstoffvermeidung / -speicherung, sowie sozioökonomischer Effekte auf die lokale Bevölkerung?
- Welche Rolle nehmen im täglichen Geschäft von _____ die Standards ein, welche die Wirksamkeit der Klimaschutzprojekte garantieren (z.B. Gold Standard, Verra Standard)?

In diesem Kontext kommen wir nun auf die Blockchain-Technologie zu sprechen. Die Blockchain-Technologie ist eine Datenspeicher-Technologie für digitalen Vermögenswerte wie beispielsweise CO₂-Kredite. Sie erlaubt die Automatisierung von Buchhaltungsprozessen und den transparenten, effizienten und rückverfolgbaren Austausch von digitalen Vermögenswerten. Aufgrund der Eigenschaften der Blockchain könnte sie ein geeignetes Instrument sein, um die aktuellen Überwachungs-, Berichterstattungs- und Verifizierungsprozesse in den Kohlenstoffmärkten abzulösen.

- Arbeiten Sie bei _____ mit der Blockchain-Technologie oder haben Sie es in Ihrem Unternehmen in Zukunft vor?
- **Wenn Nein:**
 - Inwiefern/ Wie schafft _____ bei den Kunden Vertrauen und Transparenz bezüglich aller zertifikatsrelevanter Abläufe und der realen Auswirkungen der Klimaschutzprojekte?

- Wünschen sich Ihre Kunden eine noch grössere Transparenz, elektronische, digital nachverfolgbare CO₂-Krediten oder weitergehende Informationen bezüglich der Klimaschutzprojekte?
- **Wenn Ja:**
 - Inwiefern/ Wie schafft _____ bei den Kunden Vertrauen und insgesamt Transparenz bezüglich aller zertifikatsrelevanter Abläufe und der realen Auswirkungen der Klimaschutzprojekte?
 - Inwiefern macht Ihr Unternehmen Gebrauch von der Blockchain-Technologie, warum ist die Blockchain-Technologie in Anwendung und welche Probleme löst sie?
 - In welchen Anwendungsbereichen sehen Sie das grösste Potential für die Blockchain-Technologie?
 - Wo sehen Sie Herausforderungen, Schwierigkeiten und Grenzen bei der Nutzung dieser Technologie?

Das europäische Emissionshandelssystem sollte in Zukunft mit anderen Handelssystemen, wie dem in China oder Kanada vernetzt werden, um einen grossen internationalen Handel von CO₂-Krediten zu ermöglichen.

- Was halten Sie von einem offenen, transparenten und transnationalen Handelsplatz für CO₂-Kredite, welcher auf einer interoperablen Blockchain-Architektur basiert?

Block 5: Schweiz als Standort

- Wie beurteilen Sie den Standort Schweiz bezüglich der CO₂-Kompensationsmöglichkeiten?

Block 6: Zukunftsaussichten und Potential

- Wie wird sich der Markt für CO₂-Kredite Ihrer Meinung nach in der Zukunft entwickeln?

Gibt es zu Schluss noch etwas, was Sie gerne ansprechen würden, worüber wir vielleicht noch nicht gesprochen haben?

Wir sind nun am Ende des Interviews angelangt. Ich bedanke mich vielmals für die interessante Diskussion und dass Sie sich Zeit für meine Forschung genommen haben.

9.2 Code-Matrix

Codesystem	Expert*in 1	Expert*in 2	Expert*in 3	Expert*in 4	Expert*in 5	Expert*in 6	Expert*in 7	Expert*in 8	Expert*in 9	Expert*in 10	Expert*in 11	Expert*in 12
> Facetten des Klimaschutzes												
> Rolle der Standards												
Rolle der Kompensationsorganisatir												
Rolle der privaten Akteure												
Rolle des Staates												
Umsetzung des PA												
Situation heute												
Marktmechanismen												
Zukünftige Entwicklung												
> Blockchain												
Potential												
Stand der Implementierung												
Alternativen												
> Mögliche Einsatzgebiete												
Architektur für PA												
Tokenisierte Zertifikate												
Handelsplatz für VCM												
Digital MRV												

Persönliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Zürich, der 18. August 2022

A handwritten signature in blue ink that reads "D. Steinmetz". The signature is written in a cursive style with a prominent 'D' and a trailing flourish.

David Steinmetz