

Von: Mira Petermann
Name, Vorname

geboren am: 24.01.1996

in: Dortmund,

wurde der

Fakultät Umweltwissenschaften der Technischen Universität Dresden

ZUR
Erlangung des ersten akademischen Grades
Bachelor of Science
für das Fachgebiet Forstwissenschaften

die Bachelor-Arbeit mit dem Thema

CO₂-Zertifizierung von Agrarholz-Anbau – ein mögliches Finanzierungsinstrument?

vorgelegt.

Tag der Einreichung: 02.02.23

Verantwortlicher Hochschullehrer: Dr. Doris Krabel

Verantwortlicher Betreuer: Dr. Doris Krabel

Institut/Professur: Forstbotanik

Für die Ausleihe zugelassen/~~nicht~~ zugelassen

Dresden, den

.....
Vorsitzender des Prüfungsausschusses

Inhaltsverzeichnis

DISCLAIMER	3
ABKÜRZUNGEN	4
1 EINLEITUNG	5
2 STAND DES WISSENS	7
2.1 AGRARHOLZ	7
2.1.1 <i>Definition</i>	7
2.1.2 <i>Formen der modernen Agroforstwirtschaft</i>	8
2.1.3 <i>Baumarten</i>	8
2.1.4 <i>Ökologische Perspektive</i>	9
2.1.5 <i>Rechtliche Situation in Deutschland</i>	9
2.1.6 <i>Nutzung</i>	10
2.2 DIE KLIMAABKOMMEN	10
2.2.1 <i>Kyoto-Protokoll</i>	10
2.2.2 <i>Pariser Klimaabkommen</i>	12
2.3 EMISSIONSHANDEL	15
2.3.1 <i>Europäischer Verpflichtungsmarkt: EU-ETS (engl.: emissions trading system)</i>	16
2.3.2 <i>Nationaler Verpflichtungsmarkt in Deutschland: Brennstoffemissionshandel</i>	17
2.3.3 <i>Freiwilliger Kompensationsmarkt</i>	18
2.3.4 <i>Zertifizierungsstandards am freiwilligen Markt</i>	20
2.3.5 <i>Projekttyp: Nature-based Solutions</i>	22
2.3.6 <i>Initiative der EU: Carbon Farming</i>	24
2.4 KLIMASCHUTZ AUF KOMMUNALER EBENE	24
3 METHODIK	28
3.1 LITERATURRECHERCHE	28
3.2 LITERATURSYNTHESE	29
4 ERGEBNIS	30
4.1 ZERTIFIZIERUNG VON AGRARHOLZ	30
4.1.1 <i>EU-ETS</i>	30
4.1.2 <i>Freiwilliger Kompensationsmarkt</i>	30
4.1.3 <i>Standards am freiwilligen Kohlenstoffmarkts</i>	31
4.1.4 <i>Nationaler Brennstoffemissionshandel</i>	36
4.1.5 <i>Carbon Farming</i>	37
4.2 DIE ROLLE DER KOMMUNEN	37
5 DISKUSSION	40
5.1 ZERTIFIZIERUNG VON AGRARHOLZ-ANBAU	40
5.1.1 <i>Hemmende Faktoren</i>	40
5.1.2 <i>Kritik am Prinzip der Kompensation</i>	43
5.1.3 <i>Andere mögliche Finanzierungsmechanismen</i>	44
5.2 DIE ROLLE DER KOMMUNEN	45
5.3 SCHLUSSFOLGERUNG	46
6 ZUSAMMENFASSUNG	48
7 QUELLENVERZEICHNIS	49
8 ANHANG	58
8.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	58
8.2 TABELLENVERZEICHNIS	58

Disclaimer

In dieser Forschungsarbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet, welches sich jedoch gleichermaßen auf die männliche, die weibliche und andere Geschlechteridentitäten bezieht. Es werden ausdrücklich alle Geschlechteridentitäten mitgemeint, solange nicht spezifisch auf eine Geschlechtsidentität hingewiesen wird.

Abkürzungen

AC	Alley-Cropping
BHKW	Blockheizkraftwerk
CDM	Clean Development Mechanismus
CER	Certified emission reduction
DeFAF	Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft
EEB	European Environmental Bureau
ELER	Entwicklung des ländlichen Raums
ERU	Emission reduction units
EU-ETS	European emission trading system
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GS	Golden Standard
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ITMO	internationally transferred mitigation outcomes
IUCN	International Union for Conservation of Nature
JI	Joint Implementation
KUP	Kurzumtriebsplantage
LULUCF	Land Use, Land Use change and Forestry
NbS	Nature-based Solution
nEHS	Nationaler Emissionshandel
PA	Pariser (Klima-)Abkommen
PiK	Produktions-integrierte Kompensationsmaßnahme
SDG	Sustainable Development Goals
THG	Treibhausgase
UBA	Umweltbundesamt
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

1 Einleitung

2015 gab das Pariser Klimaabkommen (PA) das 1,5-Grad-Ziel vor. Die Erderwärmung sollte demnach bis 2100 auf maximal 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter begrenzt werden (UNFCCC, 2016). Dieses globale Ziel hat Auswirkung auf unser lokales, soziales und wirtschaftliches System. Auch die Landwirtschaft, der gesamte Landnutzungssektor und der Energiesektor sind davon betroffen (HENNENBERG et al., 2022). Emissionen müssen in allen Bereichen durch klimafreundliche Transformationen eingespart werden. Die Kombination von mehrjährigen Gehölzen mit Ackerkulturen, Agroforstwirtschaft genannt, leistet ihren Beitrag zum Wasser- und Bodenschutz auf der Fläche. Zeitgleich, bei adäquater Bewirtschaftung, wird so nachhaltige Biomasse als erneuerbarer Energieträger produziert (TSONKOVA & BÖHM, 2022; VESTE & BÖHM, 2018a). Agroforstwirtschaft in Form von Energieholzstreifen kann zu einer ökologischen Verbesserung in der Landwirtschaft führen und gleichzeitig im Energiesektor das Bereitstellen von Erneuerbarer Energien voranbringen (TSONKOVA & BÖHM, 2022; RUGANI et al., 2015; HECK et al., 2014). In Deutschland wird der Agroforstwirtschaft trotz ihrer Vorteile bisher wenig Beachtung geschenkt. Bäume in der Landwirtschaft gelten unter Landwirten immer noch als störend bei der effizienten Feldbewirtschaftung. Es mangelt ihnen an Informationen über die positiven Auswirkungen, die Wertschöpfungsmöglichkeiten und die praktische Umsetzung (BRÜNIG et al., 2020). Auf lokaler Ebene könnten Kommunen bei der Implementierung solcher Flächen unterstützen, indem sie Wertschöpfungsketten z.B. durch ein kommunales Nahwärmenetz schaffen (SCHULZE, 2020a; LINDEGAARD et al., 2016; HECK et al., 2014).

Mit diesen regionalen Wertschöpfungsketten und der nachhaltigen Landnutzung beschäftigt sich das Stadt-Land-Verbund Projekt OLGA im Großraum Dresden. Im Mittelpunkt des Projekts steht der genannte Anbau von Energieholz auf landwirtschaftlichen Flächen und der anschließende regionale Vertrieb. Kommunen und Landwirte müssen als zentrale Akteure miteinbezogen werden.

WOLBERT-HAVERKAMP & MUSSHOF (2014) nennen in ihrer Studie eine Fläche von 200.000 Hektar, die potentiell für Agrarholz-Anbau in Deutschland geeignet wären. Bisher wurden nur 5000 Hektar mit KUP bepflanzt. Hier wird das nicht ausgeschöpfte Potential deutlich. Eine große Hürde auf kommunaler oder, im Falle der Landwirte, auf privatwirtschaftlicher Ebene bei der Implementierung solcher Flächen ist oft die Finanzierung (FÜRTNER et al., 2022; SCHULZE, 2020b; WOLBERT-HAVERKAMP & MUSSHOF, 2014). Ersetzt das Agrarholz fossile Brennstoffe bei der Wärmeerzeugung, wird ein klimaschonender Effekt erzielt (ÖKO-INSTITUT E.V., 2021). Der Emissionshandel der Europäischen Union sowie der freiwillige Kompensationsmarkt stellen eine Finanzierungsmöglichkeit von Klimaschutzprojekten dar (ESPELAGE et al., 2021a; MICHAELOWA et al., 2021). Klimaschutzmaßnahmen können so finanziert werden, in dem

die erzeugte CO₂-Minderung als Kompensationszertifikat verkauft wird. Das schafft einen Anreiz, Projekte umzusetzen. Die wichtigsten Prämissen für eine erfolgreiche Zertifizierung nach gängigen Standards am Markt sind die Zusätzlichkeit und die Permanenz der Klimaschutzaktivitäten (WOLTERS et al., 2015, 2018).

Daraus ergibt sich die erste Forschungsfrage: Welche Möglichkeiten gibt es derzeit, Agrarholz-Anbau als emissionsminderndes Klimaschutzprojekt zu zertifizieren? Können die dadurch erzeugten Minderungsleistungen am Markt gehandelt werden? So könnte ein finanzieller Anreiz entstehen, Agrarholz-Flächen zu implementieren. Dazu erfolgt eine umfangreiche Literaturrecherche. In dieser Arbeit soll es primär um streifenförmige Kurzumtriebsplantagen (KUP) gehen, die auf Ackerflächen oder als Gewässerrandstreifen, Energieholz produzieren.

Um sich der möglichen Zertifizierung von Agrarholzprojekten zu nähern, werden nach der Definition von Agrarholz zunächst die Klimaabkommen vorgestellt, auf denen die heute existierenden Emissionshandelssysteme basieren. In den Handelssystemen werden unterschiedliche CO₂-Zertifikate mit verschiedenen Projekttypen gehandelt, deren Eigenschaften im Laufe der Arbeit erklärt werden. Als Primärliteratur werden hauptsächlich Gesetzesbeschlüsse, Verordnungen und Abkommen genutzt. Auch die Prüfstandards der CO₂-Minderungszertifikate spielen eine wichtige Rolle. Aufgrund dieser Basis und des Wissens über die Eigenschaften von Agrarholzsystemen werden die verschiedenen Zertifizierungsoptionen auf Eignung analysiert.

Ein weiteres Ziel der Arbeit ist es, die Rolle der Kommunen als Akteurinnen im regionalen Klimaschutz zu beleuchten. Wie können sie beim Anbau von Energieholz unterstützen und/oder können sie selbst Zertifikate von Agrarholzprojekten erwerben, um Klimaneutralität zu erreichen?

Zunächst wird im nun folgenden Teil der Stand des Wissens vermittelt, der für das Verständnis der Arbeit notwendig ist. Dafür wird anfangs die Definition von Agrarholz, der Anbau und die ökologischen Auswirkungen beschrieben. Im nächsten Schritt werden die Funktionsweisen der Emissionshandelssysteme und die Prüfstandards des freiwilligen Kompensationsmarkts erläutert. Das dritte Kapitel gibt eine Übersicht über die Methodik der Literaturrecherche. Anschließend folgen die Ergebnisse und deren Diskussion. Der Anbau von Agrarholz wird einem Klimaschutz-Projekttyp für die CO₂-Zertifizierung zugeordnet. Darauf aufbauend kann er dann in die bestehenden Handelssysteme eingeordnet werden. Die Schlussfolgerung fasst Empfehlungen zusammen, wie ein sinnvoller Finanzierungsmechanismus zukünftig aussehen könnte.

2 Stand des Wissens

2.1 Agrarholz

2.1.1 Definition

Allgemein lässt sich festhalten, dass es sich bei Agrarholz meist um schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlich genutzten Flächen handelt, deren Umtriebszeit nicht länger als 20 Jahre beträgt. Werden die Bäume für die energetische Verwertung angebaut, beschreibt man den Anbau auch als Kurzumtriebsplantage (BÄRWOLFF et al., 2012). In Kombination mit Feldfrüchten oder Tierhaltung wird der Agrarholz-Anbau als Agroforstsystem bezeichnet. Das Internationale Zentrum im Bereich Agroforstwirtschaft (International Center for Research in Agroforestry; ICRAF) bezeichnet Agroforstwirtschaft als Kollektivbegriff „[...] für Landnutzungssysteme und Technologien, in denen verholzende, mehrjährige Pflanzen (Bäume, Sträucher, Palmen, Bambus etc.) gezielt mit dem Anbau von Feldfrüchten und/oder einer Tierhaltung auf derselben Bewirtschaftungseinheit kombiniert werden, entweder räumlich durchmischt oder in zeitlicher Abfolge. Dabei stehen die beiden Komponenten ökologisch sowie ökonomisch in Interaktion“ (LUNDGREN & RAINTREE, 1983). Agroforstwirtschaftlich produziertes Holz unterscheidet sich von forstwirtschaftlich hergestelltem in den Produktionszyklen und –techniken.

Geschichtlich gesehen wird Agrarholz schon lange genutzt, beispielsweise als Abgrenzung zwischen Feldern, als Windschutzstreifen oder in Form von Niederwäldern zur Brennholz-Produktion. Niederwald als Bewirtschaftungsform existiert wahrscheinlich schon seit dem Neolithikum. Seit der Industrialisierung wurden Feldgehölze im Zuge der Flurbereinigung und Bodenmelioration immer weiter dezimiert oder sogar gänzlich entfernt, da die Felder an die immer größer werdenden Landmaschinen angepasst werden mussten. Es werden große Bewirtschaftungseinheiten benötigt, um eine hohe Produktivität in den standardisierten Verfahren zu gewährleisten. Kleinere Strukturen und Fragmentierungen in der Landwirtschaft verschwanden zunehmend (KONOLD, 2018). In diesem Sinne unterscheiden sich die modernen Agroforstsysteme von den historischen. Heutzutage ist der Agrarholzanbau an die aktuelle landwirtschaftliche Produktionstechnik angepasst, sodass die Bewirtschaftung der Felder nicht durch die Bäume beeinträchtigt wird (BENDER et al., 2009). In der vorliegenden Arbeit wird es nur um moderne Agroforstsysteme gehen, dabei vorrangig um streifenförmige Energieholzplantagen (Alley Cropping) oder um alleinstehende KUP z.B. auf Gewässerrandstreifen.

2.1.2 Formen der modernen Agroforstwirtschaft

Agroforstsysteme sind geprägt von drei Elementen: Bäume (holzige mehrjährige Pflanze), krautige Pflanzen (landwirtschaftliche Ernte) und Nutztiere. Die erste Komponente ist dabei die Voraussetzung, um ein System der Agroforstwirtschaft zuzuordnen.

Daraus ergeben sich folgende Klassifikationen nach NAIR (1985):

Tabelle 1: Klassifikation von modernen Agroforstsystemen

Systemname	Beschreibung	Beispiel
Silvoarabel/Agrosilvikulturell	Mehrjähriges Gehölz + Ackerkultur	<ul style="list-style-type: none"> Alley-Cropping (AC): streifenweise Energie- oder Wertholzproduktion zwischen den Ackerschlägen Windschutzhecken
Silvopastoral	Mehrjähriges Gehölz + Tierhaltung/Weide	<ul style="list-style-type: none"> Rinder unter Walnussbäumen (Wertholz)
Agrosilvopastoral	Mehrjähriges Gehölz + Ackerkultur + Tierhaltung/Weide	<ul style="list-style-type: none"> Alley-Cropping mit Hühnerhaltung auf Gehölzstreifen

2.1.3 Baumarten

Für den Anbau von Agrarholz eignen sich aufgrund der kurzen Umtriebszeiten vor allem schnellwachsende Baumarten, die zumeist auch zu den Pioniergehölzen zählen. In Mitteleuropa werden deshalb überwiegend, passend zu den gemäßigten Klimabedingungen, heimische und nicht-heimische Baumgattungen wie Pappeln (*Populus spec.*), Weiden (*Salix spec.*), Erlen (*Alnus spec.*), Robinien (*Robinia pseudoacacia*) und ebenfalls, jedoch zu geringen Anteilen, Birken (*Betula spec.*), Eichen (*Quercus spec.*) und Eschen (*Fraxinus excelsior*) gepflanzt. Pioniergewächse verfügen über ökologische Anpassungen, wie vegetative Vermehrung (z.B. in Form von Stockausschlag) und Schnellwüchsigkeit. Beide Eigenschaften sind vorteilhaft für den landwirtschaftlichen Anbau der Gehölze (SCHILLEM, 2018).

2.1.4 Ökologische Perspektive

Wie man schon an den früheren Nutzungsformen erkennen kann, bringt Agrarholz neben der Holzproduktion einige Verbesserungen des Naturhaushalts und der Standortbedingungen mit sich. Agrarholz-Anbau kann die Versickerungstiefe von Wasser verringern und es so in den oberen Bodenschichten halten, damit es auch für weniger tief wurzelnde Pflanzen besser verfügbar ist. Bäume spenden Schatten. In moderater Form kann das bei den momentanen Hitzewellen mit einhergehender Trockenheit für die angrenzenden Feldpflanzen von Vorteil sein. Beschattete Feldpflanzen transpirieren weniger und verlieren deshalb weniger Wasser. Des Weiteren wirken sie der Bodenwassererosion entgegen, denn die Durchwurzelung des Bodens fördert dessen Wasserspeicherkapazität und Infiltrationsfähigkeit. Vor allem als Gehölzstreifen quer zur Hauptwindrichtung fungiert Agrarholz auch als Windschutz und mindert somit deutlich das Bodenerosionsrisiko (TSONKOVA & BÖHM, 2022). Auf Gewässerrandstreifen dunkeln die Gehölze Röhrichte und Hochstaudenfluren aus, die sonst durch vermehrtes Wachstum in die Gewässer zu Abflusshindernissen werden können. Somit trägt die KUP auch zum Hochwasserschutz bei. Außerdem verringern sie den Nährstoffeintrag in die Gewässer und stellen zusätzliche Habitatstrukturen am Ufer bereit (BÄRWOLFF et al., 2013).

Agrarholzsysteme schaffen mehr Struktur in der Kulturlandschaft, was potentiell zu einer Erhöhung der Artenzahlen führen kann (REEG et al., 2009). Breite Gehölzstreifen mit unterschiedlichen Gehölzarten und einer Höhenstruktur verstärken diesen Effekt. Als Rückzugsorte können die Gehölzstreifen dann als Trittsteine im Biotopverbund fungieren (TSONKOVA & BÖHM, 2022). Allerdings kann der Anbau von Agrarholz auch zur Verdrängung seltener Offenlandarten führen (REEG, 2009).

2.1.5 Rechtliche Situation in Deutschland

Agrarrechtlich werden Agroforstsysteme in Deutschland im GAP (Gemeinsame Agrarpolitik), Direktzahlungen-Gesetz (GAPDZG), in der GAP-Direktzahlungen-Verordnung (GAPDZV) und der GAP-Konditionalitäten-Verordnung (GAPKondV) definiert. Wichtig zu nennen ist der § 4, Abs. 1 in der GAPDZV, der Agroforstsysteme als landwirtschaftliche Flächen einstuft. In Abs. 2 werden zwei Grundtypen erläutert. Zum einen werden Systeme mit streifenförmigen Gehölzflächen auf Acker- oder Grünland genannt, die mindestens zwei Streifen enthalten müssen und deren Gehölzanteil 40% der Gesamtfläche nicht überschreiten darf. Zum anderen sind Systeme auf landwirtschaftlichen Flächen beschrieben, die mindestens 50 und maximal 200 einzelne Gehölzpflanzen auf dem Hektar verteilt vorweisen (ZEHLIUS-ECKERT, 2022).

2.1.6 Nutzung

Wird Agrarholz in kurzen Umtriebszeiten bewirtschaftet, entstehen als Produkt meist Holzhackschnitzel zur energetischen Nutzung. Das THG-Vermeidungspotential für die Stromerzeugung aus Hackschnitzeln beträgt 92 bis 95 % gegenüber der durchschnittlichen Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen ohne die Transportemissionen (HENNENBERG et al., 2022). Bei längeren Umtriebszeiten kann das Holz vielfältig genutzt werden. Je nach Qualität des Holzes kann es zur Produktion von Faserplatten, Papier, als Schälholz oder sogar als Wert- oder Bauholz genutzt werden (VESTE & BÖHM, 2018b). In der zunehmend bio-basierten Gesellschaft steigt die Nachfrage nach Holz. KUP bieten eine zusätzlich Bereitstellung des Rohstoffes und können so den Nutzungsdruck auf die Wälder, die große Kohlenstoffspeicher darstellen, verringern (MEYER et al., 2021).

Der Agrarholzanbau eignet sich zudem für die Gestaltung nachhaltig genutzter Agrarlandschaften und kann somit die Funktionen des Naturhaushalts erhalten und verbessern. Die ökologischen Vorteile von Agrarholz-Anbau wie Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität, Grund- und Oberflächenwasserqualität und die hiermit verbundenen Ökosystemfunktionen liegen einer vielfältigen Kulturlandschaft und deren nachhaltige Nutzung zu Grunde. Vor allem landwirtschaftlich ungenutzte, verarmte Flächen oder Marginalstandorte kann eine KUP ökologisch aufwerten (MEYER et al., 2021). Langfristig sichert die Diversität der Kulturlandschaft die Standortproduktivität unter den sich ändernden Umwelt- und Klimabedingungen (VESTE & BÖHM, 2018b).

2.2 Die Klimaabkommen

Um die Auswirkungen des Klimawandels abzumildern, entschied sich die internationale Staatengemeinschaft schon 1979 bei der ersten Weltklimakonferenz WMO in Genf, gemeinschaftlich zu handeln. Zunächst blieb dieses Vorhaben ohne ein verbindliches Abkommen. Erst 1992 kam die erste Klimarahmenkonvention zustande (LÜPKE & PIANTIERI, 2017). In den folgenden Unterkapiteln sollen die seither geschlossenen Klimaabkommen erläutert werden.

2.2.1 Kyoto-Protokoll

Die wohl bekannteste Klimakonferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen fand 1992 in Rio de Janeiro statt. Wie oben erwähnt, wurde dort die erste Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) von mittlerweile 197 Staaten unterzeichnet. Damit verpflichteten sie sich, konkrete Klimaschutzmaßnahmen zu ergreifen und die anthropogen verursachten Treibhausgas-Emissionen zu begrenzen (STRÖBELE, 2005).

Wie die Konvention im Detail umzusetzen ist, wurde allerdings erst bei der Konferenz 1997 im Kyoto-Protokoll festgehalten (STRÖBELE, 2022). Verpflichtend gelten die Maßnahmen und Minderungsziele nur für die im Protokoll festgelegten Industrieländer, die sogenannten Annex-B-Staaten. Für die Nicht-Annex-B-Staaten, zu denen vor allem die sogenannten Entwicklungsländer zählen, wurden keine Beschränkungen oder Ziele vereinbart. Dem liegt die unterschiedliche Verantwortlichkeit der beiden Länder-Gruppen zugrunde. Die Industriestaaten waren und sind durch ihr wirtschaftliches Wachstum für die meisten Treibhausgasemissionen verantwortlich und somit stärker in der Pflicht, diese auch zu senken. Insgesamt einigten sich die unterzeichnenden Staaten darauf, die Treibhausgase um 5 % gegenüber dem Basisjahr 1990 zu senken (OTTO, 2017; HARGITA et al., 2016). Die damalige EU z.B. verpflichtete sich zu einer Emissionsabsenkung von 8% (LÜPKE & PIANTIERI, 2017; OTTO, 2017). Zu den ausstoßbeschränkten Treibhausgasen (THG) in den fünf Kyoto-Jahren 2008-2012 zählten Kohlendioxid, Methan, Lachgas, Fluorkohlenwasserstoffe, Perchlorkohlenstoff und Schwefelhexafluoride. Die Treibhausgase können je nach Schädlichkeit in CO₂-Äquivalente umgerechnet werden (STRÖBELE, 2005). Die Vertragsstaaten verpflichten sich, eine jährliche Treibhausgasbilanz, das sogenannte Treibhausgasinventar, beim Sekretariat des UNFCCC vorzulegen. Für die Berechnung wurden international vereinheitlichte Vorgaben geschaffen, um die Vergleichbarkeit und Transparenz zu gewährleisten (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2019).

Im Kern sind im Protokoll drei flexible Mechanismen beschrieben, mit deren Hilfe die Länder ihre Minderungsziele kosteneffizient erreichen können: Zum einen der internationale Emissionshandel zwischen den Mitgliedsländern der Industriestaaten, zum anderen die zwei projektbezogenen Mechanismen, Joint Implementation (JI, Artikel 6) und Clean Development Mechanismus (CDM, Artikel 12) (STRÖBELE, 2005; UNFCCC, 1998).

Das Instrument Joint Implementation erlaubte den Annex-B-Staaten, in anderen Annex-B-Staaten Klimaschutzprojekte zu implementieren und die so erzeugten sogenannten Emissionsreduktionseinheiten (ERU) als zusätzliche Emissionsrechte an den Verpflichtungsmärkten zu nutzen. Zugeschrieben wurden die ERU dem Land, welches finanzierte. Sie konnten von diesem auch am Markt gehandelt werden. Im Gegenzug wurde die Bilanz des anderen Staates belastet (GERNER, 2012; UNFCCC, 1998). Es wurden somit keine neuen Emissionsrechte geschaffen (STRÖBELE, 2005). JI lief 2012 aus. Seither können Industriestaaten keine ERUs mehr generieren (LÜPKE & PIANTIERI, 2017).

Der Clean Development Mechanismus hingegen schuf die Möglichkeit für Industrieländer und deren Unternehmen, Projekte in sogenannten Entwicklungsländern zu finanzieren und somit neue Emissionsrechte, in diesem Fall CER (engl.: certified emission reduction) genannt, für sich zu generieren

(GERNER, 2012; UNFCCC, 1998). Damit sollen die Nicht-Annex-B-Staaten in ihrer nachhaltigen Entwicklung durch den Transfer von klimafreundlichen Technologien unterstützt werden (STRÖBELE, 2005).

Dem öffentlichen und dem privaten Sektor war freigestellt, einen der genannten Mechanismen zu nutzen. Die erzeugten Minderungsleistungen konnten als CO₂-Zertifikate auf den verpflichtenden sowie auf den freiwilligen Märkten gehandelt werden (ESPELAGE et al., 2021a). Demnach gelten die Regelungen auch für Unternehmen, die am Emissionshandel teilnehmen (STRÖBELE, 2005). Der Emissionshandel wird im weiteren Verlauf der Arbeit näher erläutert. Unternehmen nutzen den CDM vor allem zum Generieren von Kompensationszertifikaten, die am freien Markt gehandelt werden können (BLUM & LÖVBRAND, 2019).

In Deutschland wurde im September 2005 das Gesetz zu den projektbezogenen Mechanismen nach dem Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen vom 11. Dezember 1997 (Projekt-Mechanism-Gesetz, ProMechG) verabschiedet. Damit wurden die Instrumente des Kyoto-Protokolls in nationales Recht übertragen (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2019).

Eine zweite Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls wurde bei der UN-Klimakonferenz 2012 in Doha (Katar) beschlossen. Sie sollte von Anfang 2013 bis zum Inkrafttreten des Folgeabkommens bis 2020 dauern. Im Rahmen dieser Verpflichtungsperiode sollten die Emissionen der Industriestaaten um 18 Prozent im Vergleich zu 1990 gesenkt werden. Da jedoch im Laufe der Zeit viele wichtige Industrieländer (z.B. Kanada, Russland, Japan) ihre Ratifizierung zurückzogen und der weltweitgrößte Emittent USA das Kyoto-Protokoll nie unterzeichnete, trat die zweite Verpflichtungsperiode letztendlich nicht in Kraft. Die übrig gebliebenen Teilnehmerstaaten (EU, Schweiz, Norwegen, Australien, Island, Liechtenstein, Monaco, Weißrussland, Kasachstan und Ukraine) waren nämlich lediglich für weniger als 15 Prozent der weltweiten anthropogen verursachten Emissionen verantwortlich (OTTO, 2017; HARGITA et al., 2016).

2.2.2 Pariser Klimaabkommen

Seit der Verabschiedung der Klimarahmenkonvention und des Kyoto-Protokolls haben sich die Machtverhältnisse in der Weltwirtschaft merklich verändert. Auch wenn die Industriestaaten des Westens immer noch knapp 32% (im Jahr 2019) der internationalen Gesamtemissionen verursachen, ist das wirtschaftliche Wachstum in Ländern wie China und Indien ebenfalls vorangeschritten. Die dortigen Lebensstandards sind gestiegen und mit ihnen die ausgestoßenen Emissionen. Mittlerweile ist China für mittlerweile 30% und Indien für 7% der weltweit verursachten Emissionen verantwortlich.

Die 42 emissionsärmsten Entwicklungsländer bleiben jedoch weiterhin auf einem vergleichsweise sehr niedrigen Niveau mit 1,3% (HÄRTERICH et al., 2021).

Im Rahmen des Pariser Klimaabkommens, das 2020 das Kyoto-Protokoll ablöste, soll diese Verschiebung berücksichtigt werden. Das Pariser Klimaabkommen umfasst deshalb erstmals alle Staaten. Das bedeutet, die Aufteilung in Annex-B und Nicht-Annex-B-Staaten des Kyoto-Protokolls gibt es nicht mehr. Im Vordergrund stehen nun die jeweiligen wirtschaftlichen und finanziellen Fähigkeiten der einzelnen Länder sowie die historischen, jetzigen und prognostizierten Emissionen (HARGITA et al., 2016). Demnach entwickeln die Vertragsstaaten jeweils eigene Klimastrategien und -gesetze, um ihre Ziele im Rahmen des Pariser Abkommens zu erreichen (DRÖGE & GEDEN, 2015). Ratifiziert wurde das Abkommen bisher von 196 Staaten (UNFCCC, 2016).

Im Artikel 2 des Pariser Klimaabkommens wurden drei Langfristziele festgelegt:

- a) Den Anstieg der durchschnittlichen Erderwärmung deutlich unter 2 °C gegenüber vorindustriellem Niveau zu halten, mit der Anstrengung, die Erderwärmung auf 1.5 °C zu begrenzen (Artikel 2.1a);
- b) Die Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels zu erhöhen und die Förderung von Resilienz und emissionsarmer Entwicklung voranzutreiben, ohne die Nahrungsmittelversorgung zu gefährden (Artikel 2.1b);
- c) Finanzströme mit einer widerstandsfähigen und klimafreundlichen Entwicklung zu verbinden (Artikel 2.1c).

(UNFCCC, 2016)

Neu sind im Pariser Klimaabkommen die sogenannten „Nationally Determined Contributions“ (NDC) der Vertragsstaaten. Teilnehmende Länder legen nun selbst ihre Minderungsbeiträge fest, um die vorgenannten Ziele zu erreichen. Diese Beiträge sollen die verschiedenen Verantwortlichkeiten und nationalen Kapazitäten widerspiegeln und dabei ambitioniert sein (Art. 4 des PA). Alle fünf Jahre werden die Minderungsleistungen neu festgelegt und kommuniziert, dabei müssen sie immer eine Steigerung gegenüber den letzten Beiträgen darstellen. Der Fortschritt der Vertragsländer muss alle zwei Jahre offengelegt werden (ESPELAGE et al., 2021). Im Abkommen ist ausdrücklich festgehalten, dass Entwicklungsländer für das Erreichen ihrer Minderungsziele mehr Zeit in Anspruch nehmen können. Die NDCs sind rechtlich nicht bindend und deswegen nicht sanktionierbar (ASADNABIZADEH, 2019).

Generell geben Minderungsbeiträge in diesem Fall Ziele zur Emissionsreduktion vor, sie können aber auch Maßnahmen und Ziele zur Anpassung an den Klimawandel enthalten (NIETERS, 2018). Dabei gibt es keine einheitliche Größe oder Skalierung für die NDCs. Jedes Land kann seinen Verpflichtungstyp selbst festlegen. Das bedeutet, nicht alle NDCs sind als absolute Emissionsobergrenzen in CO₂-Äquivalenten) formuliert, sondern können auch z.B. als Senkung pro erwirtschaftetem Dollar/Euro oder als Senkung gegenüber einem angenommenen Business-as-usual-Szenario beschrieben werden. Deshalb stellt die Verrechnung der Minderungsleistungen international eine Herausforderung dar. Zudem ist es schwierig, die verschiedenen NDCs miteinander zu vergleichen (KREIBICH et al., 2021).

Im Artikel 6 des Pariser Klimaabkommens sind die neuen marktbasierten und nicht-marktbasierten Mechanismen festgehalten. Sie lösen die Instrumente, wie den CDM des Kyoto-Protokolls ab (ESPELAGE et al., 2021b). Zunächst beschreibt Artikel 6 die Möglichkeit der freiwilligen, zwischenstaatlichen Kooperation (cooperative approaches) zwischen den Vertragsparteien, um ihre NDCs zu erreichen (Art. 6.1-6.3) (ASADNABIZADEH, 2019). Die Länder sollen dadurch enger zusammenarbeiten und so die nachhaltige Entwicklung weltweit fördern. Außerdem sollen die ehrgeizigen Minderungsziele und deren Umweltintegrität gefördert werden (Art. 6.1). Diese bi- und multilateralen Kooperationen beinhalten, dass sich die teilnehmenden Parteien Minderungsleistungen gegenseitig übertragen können (MICHAELOWA et al., 2019). Ein zweites Instrument, der Mechanismus zur Vermeidung von Treibhausgas-, kurz THG-Emissionen und zur Förderung nachhaltiger Entwicklung, wird in Artikel 6.4 eingeführt. Die Minderungsaktivitäten der Parteien können nach diesem Mechanismus zertifiziert und anschließend gehandelt werden (ESPELAGE et al., 2021b). Generell ist festgehalten, dass die Aktivitäten im Rahmen dieses Artikels zu einer Netto-Minderung des THG-Ausstoßes führen müssen. Werden Minderungsmaßnahmen in einem Land durchgeführt, können die daraus generierten Minderungsbeiträge auf ein anderes Land übertragen werden, zum Beispiel auf den Staat, der das Projekt finanziert. Diese international transferierten Minderungsleistungen werden ITMOs genannt (ESPELAGE et al., 2021a) und wirken sich je nach Richtung des Transfers positiv oder negativ auf die NDCs der beteiligten Länder aus. Eine Doppelzählung soll dabei durch korrekte und transparente Buchhaltung vermieden werden (KREIBICH et al., 2021). Dieser Mechanismus zeichnet sich dadurch aus, dass der private Sektor einbezogen wird. Dadurch können die Minderungszertifikate auch am freiwilligen Markt gehandelt werden.

Doppelzählungen können dabei in mehreren Szenarien auftreten. Zum einen auf Länderebene und am verpflichtenden Markt, was bedeutet, das Gastland und der investierende Staat rechnen sich jeweils die erzielten Minderungsbeiträge eines Projektes auf ihre NDCs an. Zum anderen am freiwilligen Markt, wenn ein Unternehmen oder eine Institution und das Gastland des Klimaschutzprojekts die

Minderungsleistungen jeweils für sich beanspruchen (ESPELAGE et. al., 2021b). Der Artikel 6 wirkt sich somit insgesamt auf alle bestehenden Kohlenstoffmärkte aus, egal ob verpflichtend oder freiwillig. Wie genau, ist noch nicht abzusehen, da immer noch nicht alle Regelungen zur Durchführung abschließend entschieden sind. Vor allem steht die Unsicherheit im Raum, ob die Kompensationszertifikate unter Artikel 6.4 am freiwilligen Markt auch von den Gaststaaten für ihre NDCs beansprucht werden können und inwieweit das die Integrität der Kompensation untergräbt (ESPELAGE et al., 2021a). Sicher ist, dass die klare Trennung der Verpflichtungs- und freiwilligen Märkte schwindet (GEHRIG-FASEL et al., 2021).

2.3 Emissionshandel

Ein Emissionshandel funktioniert nach dem sogenannten Cap-and-Trade-System. Durch einen Staat wird eine Gesamtmenge an Treibhausgasen festgelegt, die in einem bestimmten Zeitabschnitt auf einem bestimmten Gebiet ausgestoßen werden darf (Cap). Diese Gesamtmenge wird in Form von Emissionsberechtigungen an die teilnehmenden Wirtschaftssubjekte verteilt, die sogenannten Emittenten. Ein Emissionsrecht autorisiert den Besitzenden, während des festgelegten Zeitabschnitts eine Tonne CO₂-Äquivalent) auszustoßen (STRÖBELE, 2022). Emissionsrechte werden entweder kostenlos verteilt oder versteigert (GERNER, 2012). Nun können diese Berechtigungen während der Verpflichtungsperiode am freien Markt gehandelt werden (Trade). Gibt es Emittenten, die mehr CO₂ ausstoßen, als sie nach der anfänglichen Verteilung der Berechtigungen dürfen, können sie die fehlenden Zertifikate von anderen Wirtschaftssubjekten dazu kaufen. Genauso können Emittenten ihre überschüssigen Zertifikate verkaufen, wenn sie nicht alle zugeteilten Berechtigungen benötigen, um ihren Emissionsausstoß abzudecken. Am Ende der Verpflichtungsperiode müssen alle Marktteilnehmenden nachweisen, dass ihre Emissionen vollständig von ihren CO₂-Zertifikaten abgedeckt sind. Ist das nicht der Fall, werden Strafzahlungen verhängt (STRÖBELE, 2022; GERNER, 2012). International wurde ein solches Emissionshandelssystem 2005 im Rahmen des Kyoto-Protokolls ins Leben gerufen, die Wirtschaftssubjekte sind in diesem Falle alle teilnehmenden Staaten.

Im Folgenden werden die Emissionshandelssysteme in Europa erläutert, die eine Rolle für die potentielle CO₂-Zertifizierung von Agrarholz-Anbau spielen. Abbildung 1 zeigt eine vereinfachte Übersicht der Märkte, die im deutschen Emissionshandel relevant sind. Genauer wird im Laufe der Arbeit nur auf den Projekttyp Nature-based Solutions eingegangen, da Agrarholz-Anbau zu der dazugehörigen Unterkategorie Landwirtschaft und Landnutzungen gezählt wird und deshalb für diese Arbeit wesentlich ist.

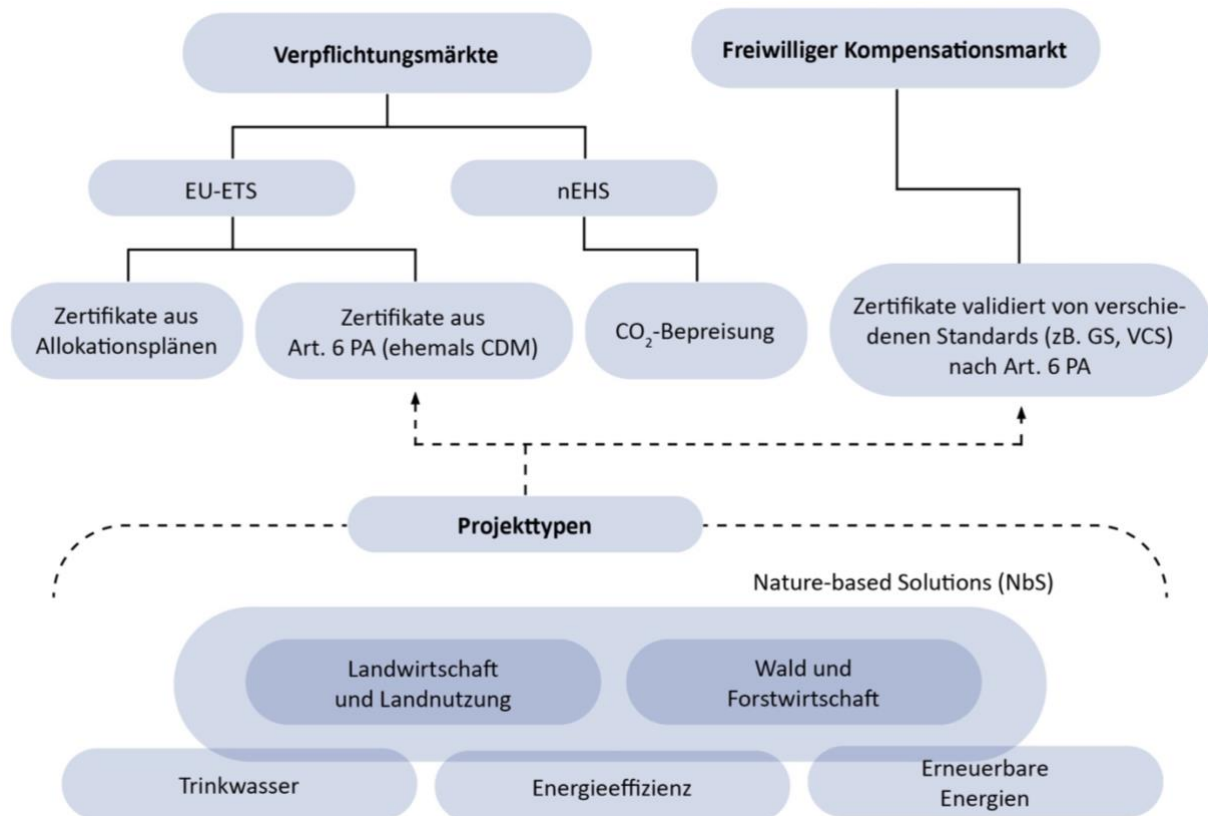


Abbildung 1: Übersicht der Kohlenstoffmärkte in Deutschland und die zugehörigen CO₂-Zertifikate

2.3.1 Europäischer Verpflichtungsmarkt: EU-ETS (engl.: emissions trading system)

Im Oktober 2003 setzte die EU die Emissionshandelsrichtlinie 2003/87/EG (EHRL) zur Implementierung des Emissionshandels (EU-ETS) durch. Basierend auf dem Kyoto-Protokoll war der Emissionshandel die bedeutendste Maßnahme für die Vertragsländer der EU, um die Minderungsziele in der ersten Verpflichtungsperiode zu erreichen. Allerdings existiert der EU-ETS unabhängig vom Kyoto-Protokoll und besteht deshalb bis heute, obwohl der Gültigkeitszeitraum für die Vereinbarungen im Protokoll ausgelaufen ist (ELLERMAN & JOSKOW, 2008).

Im EU-ETS sind die Marktteilnehmenden anders als im internationalen Emissionshandel Unternehmen aus den 28 EU-Mitgliedsstaaten sowie aus Norwegen, Island und Liechtenstein. Folglich sind Länder betroffen, die emissionsintensive Industrieanlagen betreiben. Zu den betroffenen Sektoren gehören Kraftwerke, Zement-, Papier-, Eisen- und Stahlindustrie, bestimmte Chemieanlagen sowie Anlagen der Energieversorgung und seit 2012 auch der innereuropäische Luftverkehr (STRÖBELE, 2022; KEMFERT et al., 2019). Nicht mit einbezogen sind Sektoren wie z.B. der Gewerbesektor, Landwirtschaft und Landnutzung (ISERMEYER et al., 2019). Die Betreibenden bekommen die Emissionsrechte nach nationalen Regeln, sogenannten Allokationsplänen, zugeteilt (GERNER, 2012). Bis 2012 geschah die Zuteilung kostenlos, inzwischen werden die meisten Verschmutzungsrechte versteigert (RICKELS et al.,

2019). Dass die Zertifikate zu Anfang der Verpflichtungsperiode kostenlos abgegeben wurden (und teilweise immer noch werden), soll einer Verlagerung der Emissionen in Länder entgegenwirken, in denen es wenig oder keine CO₂-Bepreisung gibt. Dieser Effekt nennt sich Carbon-Leakage (GRAICHEN et al., 2019). Bevorzugt bei der kostenlosen Vergabe werden deshalb Wirtschaftszweige, die gefährdet sind, in Länder ohne CO₂-Bepreisung abzuwandern, um Kosten zu sparen (VOLLMER, 2018).

Der Grundgedanke des Emissionshandels ist folgender: Entweder die Vermeidung der Grenzkosten der Anlagebetreiber liegen unterhalb des Zertifikatspreises und sie führen Emissionsreduktionen durch, da diese günstiger sind. Oder der Zertifikatspreis ist niedriger und die Anlagebetreiber kaufen zusätzliche Emissionsberechtigungen am Markt. Maßnahmen zur Emissionsreduktion sind z.B. energieeffizientere Technologien und andere klimafreundliche Modernisierungen (VOLLMER, 2018). Durch den freien Handel der Zertifikate am Markt bildet sich ein EU-einheitlicher Preis. Dieser kann je nach verfügbaren Zertifikaten am Markt und der Höhe der Cap schwanken (KEMFERT et al., 2019).

Neben den Zertifikaten aus den Nationalen Allokationsplänen können auch die generierten Emissionsberechtigungen aus Klimaschutzprojekten nach marktbasierenden Mechanismen des Pariser Klimaabkommens (Artikel 6) gehandelt werden (GERNER, 2012).

Da es in den ersten Handelsperioden zu viele Zertifikate am Markt gab, sank der Preis von 30€ zeitweise auf 3€ bis 8€. Deshalb wurde bei der umfassenden Novellierung durch den Beschluss (EU) 2015/1814 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Oktober 2015 die Marktstabilitätsreserve eingeführt. Sind zu viele Zertifikate am Markt, werden überschüssige abgeschöpft und dem Handel entzogen. Wenn zu wenige im Umlauf sind, können zuvor abgeschöpfte Zertifikate wieder freigegeben werden (RICKELS et al., 2019; VOLLMER, 2018; ANDOR et al., 2015).

2.3.2 Nationaler Verpflichtungsmarkt in Deutschland: Brennstoffemissionshandel

Im Herbst 2019 hat die deutsche Bundesregierung ein Klimaschutzgesetz verabschiedet, das vorsieht, die Sektoren Wärme und Verkehr in den Emissionshandel mit einzubeziehen, um die nationalen Klimaziele zu erreichen. Umgesetzt wurde diese Maßnahme als eigenes nationales Emissionshandelssystem (nEHS) in Ergänzung zum EU-ETS, das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) trat im Januar 2021 in Kraft. Der nEHS betrifft alle Brennstoffe, die als Energieträger für die beiden genannten Sektoren genutzt werden. Dazu gehören Benzin, Diesel, Heizöl, Flüssiggas, Erdgas und ab 2023 auch Kohle. Biomasse, die den Kriterien für Nachhaltigkeit nicht gerecht wird, ist ebenfalls betroffen. Die Gemeinsamkeit der Stoffe ist, dass klimaschädliche Emissionen freigesetzt werden, wenn sie verbrannt werden (REPENNING et al., 2021; KEMFERT et al., 2019).

Während der EU-ETS dem sogenannten Downstream-Ansatz folgt, ist der nationale Brennstoffemissionshandel nach dem Upstream-Ansatz konzipiert. Downstream bedeutet, dass die Anlagebetreiber, die letztendlich die Emissionen ausstoßen, zertifizierungspflichtig und damit finanziell belastet werden. Da es im Wärme- und Verkehrssektor unzählige Verbrauchende (und somit Marktteilnehmende), wie beispielsweise Autofahrer gibt, würde der Zertifikatshandel sehr komplex und unübersichtlich werden. Deshalb wurde für den Brennstoffemissionshandel der Upstream-Ansatz gewählt. Im Gegensatz zum Downstream verpflichtet dieser die Inverkehrbringer der Brennstoffe zum Kauf von Zertifikaten (KEMFERT et al., 2019). Die Inverkehrbringer geben dann die Mehrkosten an die Verbrauchern weiter. Auf diese Weise sollen die Kunden dazu angeregt werden, ihren Verbrauch zu senken und auf energieeffizientere Möglichkeiten umzuschwenken (BMU, 2019). Die Zertifikatspreise sind ab dem Jahr 2021 mit anfangs 25 Euro/t CO₂ gesetzlich festgelegt und steigen dann jährlich gestaffelt bis 2026 auf 55 Euro/t CO₂, danach soll sich der Preis am Markt bilden (KEMFERT et al., 2019).

Wann erfüllt Biomasse die Kriterien der Nachhaltigkeit und ist deshalb nicht zertifizierungspflichtig im nEHS? Die Kriterien für die nachhaltige Produktion von Biomasse sind in der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) in der Fassung vom 2. Dezember 2021 (BGBl. I S.5126) und der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV) in der Fassung vom 2. Dezember 2021 (BGBl. I S.5143) festgehalten. Zum einen darf die Biomasse nicht von Flächen mit einem hohen Wert für die biologische Vielfalt stammen, wie Waldflächen, Grünland mit hohem Grad an Biodiversität oder unter Naturschutz gestellte Flächen. Des Weiteren darf die Biomasse nicht auf Flächen mit hohem Kohlenstoff-Gehalt produziert werden, da diese nach Anbau und Ernte der Biomasse ihren Kohlenstoffgehalt verlieren würden. Gemeint sind Feuchtgebiete und Dauerwälder, ebenso dürfen Torfmoore nicht für den Anbau entwässert werden. Außerdem muss der Schutz natürlicher Lebensräume gewährleistet sein.

Durch diesen Systemwandel sind nun 85% der Treibhausgasemissionen Deutschlands zertifizierungspflichtig. Die Minderungsmengen sind schrittweise beschlossen und somit verpflichtend festgelegt. Die Politik muss deswegen in der Zukunft zunächst keine neuen Beschlüsse fassen (ISERMEYER et al., 2019).

2.3.3 Freiwilliger Kompensationsmarkt

Neben den internationalen Verpflichtungsmärkten (wie z.B. der EU-ETS) unter dem Kyoto-Protokoll seit 2005 etablierte sich ebenfalls ein internationaler Markt für freiwillige Kompensation. Auf diesem Markt können Privatpersonen, Unternehmen und Institutionen Emissionsminderungszertifikate kaufen und stilllegen, um die von ihnen verursachten Emissionen auszugleichen (ESPELAGE et al.,

2021a). Das Zertifikat finanziert folglich die Durchführung eines Klimaschutzprojekts, das Emissionen einspart. An welcher Stelle der Erde die Emissionen verursacht bzw. vermieden werden, ist nach dem Konzept der Kompensation für das Klima nicht ausschlaggebend. Werden an einem Ort Treibhausgase ausgestoßen, können sie an anderer Stelle eingespart werden. Generell sollte aber die Vermeidung von Emissionen immer vor dem Ausgleich priorisiert werden (WOLTERS et al., 2018).

Der freie Markt hat das Potential, zusätzliche Finanzmittel für Klimaschutzmaßnahmen zu mobilisieren, denn er ist grundsätzlich unabhängig von der Erfüllung nationaler Minderungsbeiträge und somit auch von den internationalen und nationalen Verpflichtungsmärkten. Sind Länder oder Unternehmen gesetzlich zu Emissionsminderungsbeiträgen verpflichtet, benötigen sie Zertifikate der verpflichtenden Märkte. Auch dort werden Kompensationszertifikate gehandelt. Kompensationszertifikate des freiwilligen Markts werden immer zusätzlich erworben. Vor allem in den letzten Jahren ist der freiwillige Markt stark gewachsen (WOLTERS et al., 2015), während die Zertifikate der Verpflichtungsmärkte durch politische Beschlüsse immer weiter an Wert verloren. Ergänzend zu den Verpflichtungsmärkten im internationalen Klimaschutz zeigt der freiwillige Markt auch das Interesse nicht-staatlicher Akteure, sich am Klimaschutz zu beteiligen (ESPELAGE et al., 2021a).

Im Rahmen des Kyoto-Protokolls und dessen Verpflichtungsmärkten bereitete der CDM den Weg für die Kompensationszertifikate auf dem freiwilligen Markt. Neben der Sequestrierung von CO₂ stand die nachhaltige Entwicklung des sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Zustands der Nicht-Annex-B-Staaten im Vordergrund. Im Laufe der Zeit wurden bei den Klimaschutzprojekten Probleme in der Qualitätssicherung und beim Voranbringen der nachhaltigen Entwicklung sichtbar. Immer wieder kam es in den sogenannten Entwicklungs- und Schwellenländern zu Landraub und Auseinandersetzungen mit der lokalen Bevölkerung (BLUM & LÖVBRAND, 2019). Um diesem Problem entgegen zu kommen und die Legitimität der Zertifikate zu sichern, stiegen die internationalen Anforderungen an die Projekt-Umsetzung im Laufe der Zeit. Es entstanden Qualitätsnormen, die sich wiederum zu verschiedenen Qualitätsstandards entwickelten, um den freiwilligen Markt zu legitimieren. Es entwickelten (und entwickeln sich immer noch) neue Methoden zur Kontrolle der Projekte, die mehr Transparenz für die Käufer schaffen sollen. So nahm der freiwillige Markt auch eine Vorreiterrolle für die Verpflichtungsmärkte ein (ESPELAGE et al., 2021a).

Im Moment befindet sich der freiwillige Markt infolge der Unsicherheiten um den Zertifizierungsmechanismus des Artikel 6 in der Schwebe. Bis zur Lösung für den Umgang mit den Doppelzählungen in Verbindung mit den NDCs der Gaststaaten steht die Frage nach der Legitimation weiter im Raum (ESPELAGE et al., 2021a; HERMWILLE & KREIBICH, 2016).

2.3.4 Zertifizierungsstandards am freiwilligen Markt

Was macht ein qualitativ hochwertiges Kompensationszertifikat auf dem freiwilligen Markt aus? Es gibt wichtige Eigenschaften, auf die es im Allgemeinen zu achten gilt. Im Folgenden sind sie aufgelistet:

1. **Zusätzlichkeit:** Das Projekt muss als Zusatz erfolgen, die Maßnahmen hätten ohne die Finanzierung und den ausstehenden Verkauf der Zertifikate nicht stattgefunden. Ist das Geld durch z.B. politische Fördermaßnahmen ohnehin vorhanden, ist keine finanzielle Additionalität gegeben. Es gibt Prüfungen und Vergleichsmaßstäbe, die sogenannten Benchmarks, um die Zusätzlichkeit des Klimaschutzprojekts zu garantieren. Ist die Maßnahme gesetzlich vorgeschrieben, kann auch nicht mehr von einer regulatorischen Zusätzlichkeit gesprochen werden. Berechnet wird die Emissionsreduktion durch eine zu Anfang erstellte „Baseline“, welche die Entwicklung der Emissionen ohne das Projekt darstellt. Bei der Pflanzung von Agrarholz auf Grünland beispielsweise würde der Kohlenstoffgehalt der Fläche steigen. Vergleicht man die erreichten Emissionseinsparungen mit dem Referenzszenario, kann die insgesamt zu verifizierende Emissionsminderung der Maßnahme errechnet werden. Dabei sollten die Minderungen immer eher unter- als überschätzt werden.
2. **Permanenz:** Mit Permanenz ist die Dauerhaftigkeit der Emissionseinsparung gemeint. Bei jeder Maßnahme gibt es Risiken, die das Projekt und die damit verbundenen Emissionsminderungen gefährden können. Bei Agrarholz könnte sich ein Risiko daraus ergeben, dass sich Besitz- und Pachtverhältnisse ändern und damit auch die Landnutzung. Auch Schädlingsbefall kann ein Risiko darstellen. Deshalb haben viele Qualitätsstandards Risikoanalysen eingeführt, um Puffer einrechnen zu können und möglicherweise zu riskante Projekte auszuschließen.
3. **Methodologien zu Berechnung, Monitoring und Verifizierung der Emissionen:** Die Qualitätsstandards legen für die Qualitätsprüfung der Klimaschutzprojekte Normen und Regeln (Methodologien) fest, welche ein zweites Mal von externer Stelle bestätigt werden. Jeder Qualitätsstandard schreibt für die Validierung des Projekts einen zu erstellenden Projektplan vor, der die festgelegten Vorgaben umfasst und einhält. Darunter fällt die Zusätzlichkeitsprüfung, die Berechnung der Baseline, die geschätzte Emissionsminderung und das Monitoring. Wichtig ist vor allem die Prüfung auf den schon erwähnten Leakage-Effekt. Landnutzungs- und Forstprojekte sind besonders gefährdet, Emissionen nur zu verlagern statt zu vermeiden, da es oft konkurrierende Flächennutzungsinteressen gibt. Wird eine Fläche für ein Klimaschutzprojekt aufgeforstet, die vorher für Nahrungsmittelproduktion der lokalen Bevölkerung genutzt wurde, besteht das Risiko der Rodung von schon bestehenden

Waldflächen durch die ansässigen Bewohner, da Nahrungsmittel natürlich essentiell sind. Das Gleiche gilt für die Walderhaltung. Wird ein Waldteil unter Schutz gestellt, aus dem sich die Anwohner zuvor mit Brennholz versorgten, verschiebt sich das Problem nur auf ein anderes Waldstück. Solche Risiken müssen durch die Methodologien bei der Planung eines Klimaschutzprojektes mitgedacht und weitestgehend reduziert werden. Oder, falls nicht vermeidbar, müsste ein Ausgleich geschaffen werden. Ferner sollten die Akteure von Klimaschutzprojekten mit globalen und lokalen Interessenvertretern sprechen, um alle Standpunkte bei der Planung berücksichtigen zu können. Beim jährlichen Monitoring werden die tatsächlichen Emissionseinsparungen einer Maßnahme gemessen, kontrolliert und in einem Bericht festgehalten. Zuletzt wird das Projekt durch den Standard verifiziert, vorausgesetzt die Vorgaben des Projektplans wurden eingehalten. Dabei wird z.B. geprüft, ob die Berechnung der Emissionsminderungen auch wahrheitsgemäß sind.

4. **Transparenz:** Die Projektdokumentation und das Monitoring machen die Projekte nachvollziehbar und kontrollierbar. Bestenfalls sind die Berichte über Monitoring und Verifizierung allgemein zugänglich und einsehbar, auch um Korruption und Täuschung entgegenzuwirken. Die Informationen über die Projekte sollten verständlich und leicht zu finden sein.
5. **Ausgabe der Zertifikate:** Die Ausgabe der Zertifikate kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten geschehen, „ex ante“ (vor der Einsparung) oder „ex post“ (nach gemessener Einsparung). Vor Projektbeginn können die Emissionsminderungen nur geschätzt werden. Das heißt, bei Zertifikaten, die vor Beginn des Projekts schon verkauft werden, können die Minderungen nicht ohne Risiko garantiert werden, da sie noch nicht stattgefunden haben. Der Vorteil an solchen Zertifikaten ist die Vorfinanzierung des Projekts, die bei den ex post-Zertifikaten zur Hürde werden kann. Dafür sind Zertifikate, die nach verifizierten Einsparungen ausgegeben wurden, glaubwürdig und sicher. Eine Möglichkeit ist, einen Teil der Zertifikate ex ante und nur unter bestimmten Bedingungen auszugeben, um ein Startkapital zu haben. Die restlichen Zertifikate könnten erst nach der tatsächlichen Minderung verkauft werden. So lassen sich mögliche Risiken entschärfen/mildern.
6. **Doppelzählung:** Wie schon erwähnt, kann es bei der Ausgabe von Zertifikaten zur Doppelzählung bzw. Doppelbeanspruchung kommen, sei es durch einen Staat, der Kompensationen auf seinem Gebiet in seine NDCs mit einrechnet oder Zertifikats anbietende, die Einsparungen mehrmals verkaufen. Dem Problem sollte mit klaren Regelungen zur

Beanspruchung und Verrechnung der generierten Minderungsleistungen begegnet werden. Im Hinblick auf den Mehrfachverkauf bestehen zumindest Register, in denen Informationen über verkaufte Zertifikate gespeichert werden. Allerdings gibt es kein allgemeingültiges Register, sondern mehrere von verschiedenen privaten Anbietern.

(WOLTERS et al., 2015, 2018)

Wie oben erwähnt entwickelte sich der freiwillige Markt neben den Verpflichtungsmärkten im Rahmen des Kyoto-Protokolls zunächst ohne stringente politische Regeln. Somit konnten sich die Methoden und Ansprüche ohne die regulatorischen Anforderungen innovativer herausbilden, jedoch immer mit der Gefahr, qualitativ nicht genauso hochwertig zu sein wie die Zertifikate auf den Verpflichtungsmärkten (FUTURECAMP HOLDING GMBH & PERSPECTIVES CLIMATE GROUP GMB, 2020).

Neben dem politisch beschlossenen CDM-Standard entwickelten sich neue Standards, deren Anbieter ebenfalls Klimaschutzprojekte verifizieren und mittlerweile die meisten Zertifikate verwalten. Verra und der Gold Standard (GS) sind neben dem CDM die größten Anbieter auf dem freiwilligen Markt. Prozentual stellen sie die meisten Zertifikate aus. Der größte Anbieter Gold Standard formuliert statt der Kohlenstoffsequestrierung nachhaltige Entwicklung als das übergeordnete Ziel. Damit ist eine Verbesserung der nachhaltigen Produktion von Gütern, ein verantwortungsbewusster Konsum, vor allem in den Industriestaaten, und die Bekämpfung von Armut in den Entwicklungsländern gemeint. Die Projekte müssen daher auch ökologische und soziale Zwecke erfüllen. Die Methodologien basieren auf den schon bestehenden Methodiken des CDM. Gold Standard baute sie jedoch hinsichtlich des Fokus auf nachhaltige Entwicklung aus (FUTURECAMP HOLDING GMBH & PERSPECTIVES CLIMATE GROUP GMB, 2020). Von vielen Seiten wird der GS aufgrund seines Validierungs- und Verifizierungsregimes sowie seiner weltweiten Gültigkeit als einer der glaubwürdigsten internationalen Qualitätsstandards gesehen (BLUM & LÖVBRAND, 2019; WOLTERS et al., 2015).

2.3.5 Projekttyp: Nature-based Solutions

Es gibt unterschiedliche Ansätze, den Projekttyp Nature-based Solutions (NbS) zu definieren. Die Weltnaturschutzorganisation IUCN definiert sie als Projekte, die natürliche oder modifizierte Ökosysteme schützen, ggf. renaturieren und ihr nachhaltiges Management garantieren. Ein weiterer Fokus liegt auf gesellschaftlichen Herausforderungen, sodass neben dem Nutzen der Maßnahme für Natur und Biodiversität auch das menschliche Wohlergehen gesichert werden soll (GEHRIG-FASEL et al., 2021).

WWF fasst NbS ebenfalls als Erhaltungs-, Management- und Wiederherstellungsmaßnahmen zusammen. Entworfen wurden sie mit der Intention, messbare Klimaanpassung oder Minderungsbeiträge sowie gleichzeitig einen Nutzen (co-benefit) für nachhaltige Entwicklung und Biodiversität zu erzielen. Des Weiteren sollen die Maßnahmen die zu erwartenden Klimarisiken mildern und so verhindern, dass sie langfristig wirksam werden (MARTIN et al., 2020). Die co-benefits tragen so zu den 17 UN-Nachhaltigkeitszielen (kurz: SDG) bei, die in der Resolution der UN-Generalversammlung A/RES/70/1 zur Agenda 2030 festgehalten sind. Die EU-Kommission einigte sich auf Lösungen, die von der Natur inspiriert sind und diese unterstützen können, die kosteneffizient sind; gleichzeitig ökologische, soziale und wirtschaftliche Vorteile bieten und zum Aufbau von Resilienz beitragen. Diese lokal angepassten, ressourceneffizienten und systemischen Interventionen bringen mehr und vielfältigere Natur, natürliche Merkmale und Prozesse in Städte, Landschaften und Meere“ (GEHRIG-FASEL et al., 2021).

Zwischen 2009 und 2018 war der Landnutzungssektor für 6 Gigatonnen CO₂-Ausstoß im Jahr weltweit verantwortlich (ÖKO-INSTITUT E.V., 2021). Die Degradierung oder sogar der Verlust von Wäldern machen 14-15% der globalen THG-Emissionen aus. Daran lässt sich das große Emissionsreduktionspotenzial des LULUFUC-Sektors ablesen, ebenso wie die potentielle natürliche Senkenfunktion, damit gemeint ist die erneute Bindung von CO₂ beim Pflanzenwachstum (SCHWARZ et al., 2021). In derselben Zeit speicherte nämlich die weltweite, terrestrische Biosphäre 12 Gigatonnen CO₂ (ÖKO-INSTITUT E.V., 2021).

Die sozialen und ökologischen Vorteile, die die NbS mit sich bringen, machen diesen Projekttyp am freiwilligen Markt sehr beliebt. Es gibt jedoch einige Barrieren, die es bei den NbS-Projekten zu überwinden gilt. Einerseits sind regionale Flächenkapazitäten begrenzt, oft sind Land(nutzungs)rechte nicht geklärt, und es gibt viele verschiedene Interessen bezüglich der Flächen. Dabei geht es auch um konkurrierende andere Landnutzungsformen, wie die Nahrungsmittelproduktion. Landwirtschaftliche Flächen, die von der lokalen Bevölkerung für die Lebensmittelversorgung gebraucht werden, können beispielsweise nicht einfach aufgeforstet werden. Das würde gesellschaftliche Probleme verursachen. Das schon erwähnte Leakage-Risiko steigt bei einer solchen Flächenkonkurrenz stark an. Auch die Größe der Flächen kann ein begrenzender Faktor sein, da sich große zusammenhängende und nutzbare Gebiete selten in einem Besitz befinden (SCHWARZ et al., 2021). Natürliche Störungen, wie Dürre, Starkregen oder Feuer können die Permanenz der Projekte gefährden (GEHRIG-FASEL et al., 2021).

Ferner ist das Monitoring nach Projektimplementierung bei NbS nicht einfach. Kompliziert sind z.B. komplexere Waldprojekte mit vielen verschiedenen Baumarten auf einer Fläche. Es braucht viel mehr Stichproben als in einer Monokultur, was das Monitoring wesentlich teurer macht. Derzeit werden jedoch neue Methoden entwickelt und überprüft, um das Problem zu beseitigen. Auch der Kohlenstoffvorrat in Böden variiert stark, weshalb das Erfassen von Stichproben aufwendig und teuer ist. Bei geringen Zertifikatspreisen (teilweise 3€) kann ein teures Monitoring nicht mehr getragen werden (SCHWARZ et al., 2021).

2.3.6 Initiative der EU: Carbon Farming

Die EU-Kommission wirbt im Moment mit der Initiative „Carbon Farming“ als Klimaschutzstrategie in der Landwirtschaft. Zum ersten Mal erwähnt wurde die Initiative in der Farm-to-Fork-Strategie (EU COMMISSION, 2020) im Rahmen des European Green Deal (EU COMMISSION, 2019). Im Handbuch zur Initiative (EU COMMISSION, 2021) wird Carbon Farming als grünes Geschäftsmodell beschrieben, das Landwirte honoriert, die durch ihre Bewirtschaftungsformen CO₂ in lebender Biomasse und Böden sequestrieren und/oder ihren CO₂ Ausstoß reduzieren. Es geht dabei ebenfalls um Kompensationszertifikate, die auf der Artikel-6-Regelung des Pariser Klimaabkommens basieren. Sie können also auf dem freiwilligen Kompensationsmarkt gehandelt werden. Der Boden als Kohlenstoff-Speicher steht dabei im Vordergrund. Die Menge des angereicherten Kohlenstoffs soll dann als CO₂-Zertifikat am Markt gehandelt werden. Dafür möchte die EU-Kommission im Laufe dieses Jahres (2022) eigene Zertifizierungs-Richtlinien festlegen. Sie verweist in der Initiative aber schon ausführlich auf die biologischen, technischen und juristischen Schwierigkeiten der Kohlenstoff-Speicherung, -Messung und -Vergütung, die sich mit den schon aufgelisteten Barrieren der NbS decken. Als Maßnahmen zur Anreicherung des Kohlenstoffgehalts schlägt die EU-Kommission neben verbesserten Fruchtfolgen und organischer Düngung auch Agroforstsysteme vor.

2.4 Klimaschutz auf kommunaler Ebene

Den Kommunen kommt in Zeiten des Klimawandels eine besondere Rolle zu. Seit dem Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom 24. März 2021 zum Klimaschutzgesetz definiert der Art. 20a im Grundgesetz (GG) das Klimaschutzziel Deutschlands konform mit den Zielen des Pariser Klimaabkommens. Die durchschnittliche Erderwärmung muss merklich unter 2 °C gegenüber vorindustriellem Niveau gehalten werden, mit der Anstrengung, die Erderwärmung auf 1.5 °C zu begrenzen. Dafür muss Deutschland mit seinen Städten und Gemeinden möglichst schnell klimaneutral werden, das bedeutet, einen rechnerischen Ausgleich erreichen zwischen dem gesamten Treibhausgas-Ausstoß und der Aufnahme von CO₂ in natürlichen oder auch technischen Senken.

Die zentrale Rolle der Kommunen ergibt sich dabei aus ihren Aufgaben, wie Wasserversorgung, Infrastruktur, Gebäude- und Stadtplanung, Verkehr und weitere (LINK et al., 2018). Einige dieser Verpflichtungen sind auf die kommunale Daseinsvorsorge (Raumordnungsgesetz §2 Abs.2 Nr.1,3) zurückzuführen. Der Klimawandel kann existenzbedrohend sein. Immer häufiger vorkommende Extremwetterereignisse wie Hochwasser, Dürre, Hitze und Stürme bringen Zerstörung mit sich. Diese können einschneidende Ereignisse in vielen Bereichen der Gesellschaft und Landschaft sein (APPEL et al., 2013). Die Kommunen sind dafür verantwortlich, ihre Bürger vor den möglichen Beeinträchtigungen des Allgemeinwohls und der Gesundheit zu schützen. Deshalb müssen sie den negativen Auswirkungen des Klimawandels vorbeugen. Die nötigen Klimaanpassungen in der Kommune, wie z.B. der öffentliche Hochwasserschutz oder die Versorgung mit Energie, können die Einschränkungen oder sogar den Verlust von Daseinsgrundfunktionen verhindern (UBA, 2016). Der kommunale Klimaschutz bzw. die Klimaanpassung sind jedoch nicht als Pflichtaufgaben gesetzlich verankert (BEHR & KAMLAGE, 2015; APPEL et al., 2013).

Als aktive Akteure können die Kommunen durch kurz-, mittel- oder langfristige Maßnahmen zur Klimaanpassung ansässige Unternehmen fördern, regionale Wertschöpfungsketten schaffen, Energiekosten senken und generell für eine bessere Lebensqualität und Gesundheit sorgen. Dabei ist es wichtig, die Resilienz in den vielen verschiedenen kommunalen Bereichen zu stärken. So können Kommunen als gesellschaftliches Vorbild fungieren und durch Öffentlichkeitsarbeit im klimapolitischen Bereich an Image gewinnen (SMEKUL, REFERAT KLIMASCHUTZ, KLIMAAANPASSUNG, 2021; LINK et al., 2018; KERN et al., 2005).

Der erste Schritt, um Klimaneutralität einer Kommune zu planen und umzusetzen, ist die Aufstellung einer Klimabilanz. Alle relevanten Treibhausgasemissionen müssen aus verlässlichen Datenquellen berechnet werden. Im gleichen Zug sollten auch die zugehörigen Minderungspotentiale geschätzt werden. Darauf aufbauend kann die Kommune ein passendes Klimaschutzkonzept erarbeiten, um auf eine Planungs- und Entscheidungshilfe zurückgreifen zu können. Das Konzept sollte ambitionierte, aber gleichzeitig erreichbare Klimaschutzziele enthalten (HERTLE et al., 2018).

Auch kommunale Verwaltungen tragen zum THG-Ausstoß und damit zum Klimawandel bei, da sie ebenfalls Rohstoffe und Energie verbrauchen. Eine Studie des Umweltbundesamts stellte heraus, dass im Sektor treibhausgasneutrale Kommunalverwaltung Einsparpotenziale von rund 23 Mio. Tonnen THG-Emissionen bestehen. Maßnahmen wie energetische Gebäudesanierung, Beschaffung energieeffizienter Haushaltsgeräte in Verwaltungen und ein generell klimaschonenderes kommunales Energie- und Wärmemanagement könnten rund 3 % der nationalen Emissionen einsparen. Die

kommunalen Einrichtungen haben an den kommunalen Treibhausgasbilanzen meist nur einen Anteil von etwa 1-2%. Alle deutschen Kommunen zusammen können wiederum einen relevanten Beitrag zum Klimaschutz leisten (PAAR et al., 2022).

Laut einer Studie des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (HIRSCHL et al., 2010) ist es Kommunen möglich, mit Wertschöpfungsketten im Bereich Erneuerbare Energie ihre Haushaltseinnahmen durch Steuern und Pachteinnahmen zu steigern. Der potentielle Gewinn aus dem Eigenbetrieb dezentraler Energieerzeugungsanlagen kann eine Motivation sein, regionale Wertschöpfungsketten zu schaffen. Die Energieversorgung gehört zwar zur Daseinsvorsorge, ist jedoch nicht Teil der Pflichtaufgaben. Der Kommune kann demzufolge die Aufgabe der Energieversorgung an ein privates Unternehmen übertragen. Jedoch ist ein Trend zur Rekommunalisierung der Energieversorgung zu beobachten (UBA, 2016). Durch die regionale Strom- und Wärmeerzeugung werden Kapitalabflüsse für fossile Energieträger reduziert, das Geld bleibt so im neugeschaffenen regionalen Wirtschaftskreislauf. Die Kommune ist außerdem zunehmend weniger abhängig von Importen fossiler Kraftstoffe, die meist aus politisch instabilen Regionen bezogen werden müssen (HECK et al., 2014). Neue Arbeitsplätze in der Kommune und die Kosteneinsparung durch niedrige Heiz- und Stromkosten steigern zudem das Einkommen der lokalen Arbeitnehmer und stärken die Kaufkraft (HIRSCHL et al., 2010).

Das Amt Kleine Elster (Niederlausitz) geht mit der Errichtung eines Holzhackschnitzelheizwerks für nachhaltige Wärmeproduktion aus Energieholz und die Schaffung regionaler Wertschöpfungsketten als Beispiel voran. Die Hackschnitzel werden seit 2012 durch die umliegenden KUP auf gemeindeeigenen Flächen produziert und in einem 3km Radius gelagert. Ein lokaler Landwirtschaftsbetrieb hat sich zusätzlich während des Projekts zum Anbau von Energieholz entschieden. Die ebenfalls gemeindeeigene Fläche wurde für die folgenden 20 Jahre an den Landwirt verpachtet, um ihm eine Nutzungssicherheit zu gewährleisten. Des Weiteren wurde mit dem Verein Biomasse Schraden ein Abnahmevertrag für die Hackschnitzel aus nachhaltiger Produktion zwischen Kommune und dem Landwirt aufgesetzt, um die Abnahme zu einem festgelegten Preis zu sichern. Die durch die Verbrennung der Hackschnitzel erzeugte Wärme wird dann vom Heizhaus über das Nahwärmenetz an kommunale Einrichtungen verteilt und dort verbraucht. Das Projekt ist ein Beispiel für hauptsächlich ländliche Kommunen, die auf nachhaltige Nahwärmeversorgung umstellen wollen. Gleichzeitig machen die ökologischen Vorteile des Agrarholzes den gemeindenahen Raum und die Landwirtschaft klimaanpassungsfähiger. Die Kommune nahm an mehreren Wettbewerben teil und konnte so öffentliche Aufmerksamkeit für ihr Projekt generieren. Interessierte können die regionale Wertschöpfungskette vor Ort besichtigen (SCHULZE, 2020a).

Eine innovative technische Lösung am Markt mit Verwendung von Holzhackschnitzeln sind derzeit Blockheizkraftwerke (BHKW). Diese Kraft-Wärme-Kopplung-Anlagen stellen neben der Wärmeerzeugung auch Strom bereit. Dadurch ist ihr Gesamt-Wirkungsgrad höher als Heizwerke zur reinen Wärmeerzeugung (HECK et al., 2014).

3 Methodik

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über die verschiedenen Emissionshandelssysteme zu geben und zu prüfen, ob sich das Anbau-System streifenförmige KUP zur Energieholzproduktion zertifizieren lässt. Hinzu kommt die Betrachtung der kommunalen Beteiligung an solchen Projekten. Der Bearbeitungsprozess der Literaturrecherche wird in zwei Schritte, die Literaturrecherche und die Literatursynthese, unterteilt.

3.1 Literaturrecherche

Der erste Schritt beinhaltet die Aufstellung konkreter Forschungsfragen (Voss, 2019), was aufbauend auf den theoretischen Grundlagen in den vorangegangenen Kapiteln bereits erfolgt ist. Daran anschließend wird eine Eingrenzung vorgenommen, welche Studien im Analyseteil Verwendung finden. Für die vorliegende Arbeit werden dabei die Datenbanken CABI Forest Science Database, CAB Direct, IREON und die Datenbank der SLUB verwendet. Um einen Überblick über die deutsche Literatur zu erlangen, wurde die Internetseite des DeFAF genutzt. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wurde die Suche auch auf die Webseiten politischer Institutionen wie beispielsweise das Umweltbundesamt ausgeweitet. Gesetzestexte und Verordnungen, die in der Literatur genannt und als relevant für die Forschungsfragen eingestuft wurden, wurden den Seiten Eur-Lex der EU und Gesetze-im-Internet des Bundesministeriums für Justiz entnommen. Weiterhin wird die Eingrenzung vorgenommen, dass die eingegebenen Suchbegriffe im Abstract enthalten und die Artikel in deutscher oder englischer Sprache verfasst sein müssen. Als inhaltliche Kriterien für die Studien mit dem Thema Agrarholz-Anbau wurden folgende Punkte festgelegt:

- Das Untersuchungsgebiet liegt in der gemäßigten Zone, um den Kohlenstoff-Umsatz mit dem Umsatz in Deutschland vergleichen zu können und
- das Anbau-System entspricht einer alleinstehenden KUP oder einer KUP in Form von Alley-Cropping (Agroforstsystem), wie in Kap. 2.1. beschrieben.

Die Suche für den Term ‚Kurzumtriebsplantage‘ AND ‚Emissionshandel‘ bzw. ‚Alley Cropping‘/‚short rotation coppice‘ AND ‚emission trading‘ ergab insgesamt 4 Ergebnisse. Es konnte darunter nur eine Studie mit Bezug zu Agrarholz und Emissionshandel identifiziert werden. Das zeigt die Problematik auf, dass zu diesem Thema bisher eine unzureichende Menge wissenschaftlicher Arbeiten existiert. Auf eine Verknüpfung der Suchbegriffe mit Termen zu CO₂-Zertifizierung oder kommunaler Beteiligung wird verzichtet, da eine Eingrenzung der Suchergebnisse aufgrund der zuvor beschriebenen geringen Anzahl nicht notwendig ist.

Für eine wissenschaftlich korrekte Arbeitsweise muss jedoch eine ausreichende Menge an Quellen verfügbar sein (COOPER et al., 2009). Mit dem bisher beschriebenen Ansatz der Literatursynthese ist dies nicht möglich. Um trotzdem eine fundierte Bearbeitung des Themas zu gewährleisten, werden deshalb Kategorien gebildet, die wissenschaftlich überprüfbar sind (BERGER-GRABNER, 2016). Dies erfolgt in Anlehnung an die Ergebnisse der theoretischen Grundlagen. Über die Untersuchung dieser abstrahierten Kategorien werden dann Rückschlüsse zur Beantwortung der Forschungsfragen gezogen. Die Zuordnung ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Kategorien zur Beantwortung der Forschungsfragen

Forschungsfrage	Kategorien
F1: Ist es möglich, Agrarholz-Anbau im Rahmen des Emissionshandels als emissionsminderndes Klimaschutzprojekt zu zertifizieren?	<ul style="list-style-type: none"> • Agrarholz-Anbau und Klimaschutz • Emissionshandelssysteme • Qualitätsstandards für Klimaschutzprojekte im Landnutzungssektor • Nature-based Solutions • Carbon Farming
F2: Können Kommunen bei der Implementierung von Agrarholz-Anbau unterstützen?	<ul style="list-style-type: none"> • Daseinsvorsorge • Klimabilanz, -konzept • Kommunale Wertschöpfungsketten im Sektor Erneuerbare Energien

Zur Untersuchung der aufgestellten Kategorien wird wissenschaftliche Literatur aus angrenzenden Forschungsfeldern verwendet.

Um die Qualität der verwendeten Quellen sicherzustellen, werden die gleichen Datenbanken und Kriterien verwendet wie zuvor beschrieben. Daran anschließend werden die für die Forschungsfrage relevanten Artikel identifiziert und als Basis für eine Rückwärtsrecherche genutzt (Voss, 2019). Diese ermöglicht es, relevante Literatur ausfindig zu machen, welche nicht in den verwendeten Datenbanken zu finden ist oder durch die Suchbegriffe nicht abgedeckt wird.

3.2 Literatursynthese

Im Rahmen der Literatursynthese erfolgt eine Zusammenführung der zentralen Erkenntnisse aus den untersuchten Studien. Dazu werden die zuvor aufgestellten Kategorien als einzelne Teilbereiche bezüglich der Forschungsfrage untersucht. Anschließend erfolgt eine teilbereichsübergreifende Diskussion der Befunde, um zu einer Schlussfolgerung zu kommen.

4 Ergebnis

4.1 Zertifizierung von Agrarholz

Im Ergebnisteil sollen nun die Möglichkeiten einer CO₂-Zertifizierung von Agrarholz-Anbau im europäischen und deutschen Emissionshandel erläutert werden. Dabei geht es vorrangig um KUP in Deutschland zur Energieholz-Produktion. Im Zuge dessen werden auch die bestehenden Einschränkungen beleuchtet.

4.1.1 EU-ETS

Wie aus Kapitel 3.3.1. hervorgeht, fallen die Sektoren Landwirtschaft, Landnutzung und Forstwirtschaft nicht unter den EU-ETS. Landwirte, Flächenbesitzer und/oder -pächter müssen ihre Emissionen deshalb nicht durch CO₂-Zertifikate ausgleichen und nehmen nicht an den Verpflichtungsmärkten teil. Eine Zertifizierung von Produktionsflächen wäre dann hinfällig, da sie ohnehin in die Bilanz des Betriebes mit eingerechnet worden wären. Das Produkt Energieholz bzw. dessen Verfeuerung ist in Anlagen, die nur feste Biomasse nutzen, ebenfalls nicht vom verpflichtenden Markt betroffen. Anlagen, die verschiedene Brennstoffe nutzen, und deren Leistungen 20 MW überschreiten, fallen unter den EU-ETS. Allerdings muss verfeuerte Biomasse nicht mit Emissionszertifikaten ausgeglichen werden, da ihre Emissionen mit 0 t CO₂-Äquivalenten gleichgesetzt werden. Dies soll die Anlagebetreiber, z. B. von Kohlekraftwerken, zum vermehrten Einsatz von Biomasse motivieren (HENNENBERG et al., 2022).

4.1.2 Freiwilliger Kompensationsmarkt

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die Agrarholz-Projekte weltweit von Unternehmen in den Verpflichtungsmärkten, aber auch von Institutionen und Privatpersonen zur freiwilligen Kompensation von ausgestoßenen Emissionen genutzt und somit auch finanziert werden können. Oft nutzen (Groß-) Betriebe die Kompensationszertifikate der freiwilligen Märkte als medienwirksame Marketinginstrumente, um ihre Herstellung und die daraus resultierenden Produkte als emissionsfrei zu deklarieren (KREIBICH et al., 2021; MACHNIK et al., 2021).

Nun entscheiden der Standort und die Nutzungsart über den Zertifizierungsweg. Agroforstsysteme fallen zum Großteil unter die Nature-based Solutions (Kapitel 3.3.3.), denn Agrarholz-Anbau als nachhaltige Landnutzung ist ein natürlicher Prozess, um Emissionsminderungen zu erzielen. Auch die zu honorierenden co-benefits bewirken die im Kapitel 2.1 aufgezählten ökologischen Vorteile für die Nachhaltigkeitsziele. Bei energetischer Nutzung des Holzes gehören die NbS-Projekte auch zur Sparte

Erneuerbare Energien. Der Fokus liegt hier neben den co-benefits auf dem CO₂-Vermeidungspotenzial (TSONKOVA & BÖHM, 2022).

4.1.3 *Standards am freiwilligen Kohlenstoffmarkts*

Weltweit anwendbare Methodologien zum Monitoring und zur Zertifizierung von Agroforstsystemen haben vor allem die beiden Hauptstandardanbieter Gold Standard und Verra entwickelt (Kapitel 3.3.3.). An den Anforderungen und Regeln des größten Anbieters Gold Standard (GOLD STANDARD, 2019, 2020, 2022) kann beispielhaft erkannt werden, was einer Zertifizierung von Agrarholzprojekt in Form einer KUP in Deutschland im Weg stehen könnte. Die Vorgaben und Anforderungen sind öffentlich zugänglich auf der Internetseite von Gold Standard (<https://www.goldstandard.org/project-developers/standard-documents>).

Zunächst validiert eine Prüfstelle das Projektdesign, der Monitoringplan und die Baseline, die den Anforderungen von GS entsprechen müssen. Landwirtschaftliche Projekte fallen unter Landnutzungsaktivitäten. Grundsätzliche Kriterien und Anforderungen von GS sind zu Anfang beispielsweise, dass die Projektfläche in den letzten 10 Jahren nicht bewaldet war und ausgeschlossen werden kann, dass Entwaldung für das zu zertifizierende Projekt stattgefunden hat. Des Weiteren muss geklärt sein, ob im Gaststaat des Projekts nationale Minderungsverpflichtungen gelten und entsprechende Berichterstattung über Emissionen im Landnutzungsbereich obligatorisch ist. Eigentums- und Nutzungsrechte der Projektfläche müssen geklärt und für die Projektdauer gesichert sein. Es müssen fünf weitere Voraussetzungen erfüllt sein, um das Projekt erfolgreich zu zertifizieren:

1. Es muss ein Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung und Resilienz bezüglich den Klimaveränderungen geleistet werden. Zum einen muss die Variabilität des standörtlichen Klimas und dessen Effekt auf die Zertifizierungsperiode des Projekts mitgedacht werden. Zum anderen ist die Implementierung von Anpassungsaktivitäten wichtig. Im Falle von Agrarprojekten wären das beispielsweise Praktiken, die die Resilienz der landwirtschaftlichen Anbausysteme erhöhen, oder Maßnahmen, um die Bodenfruchtbarkeit zu verbessern.
2. Die festgelegten und auf die Projektregion zugeschnittenen Schutzmaßnahmen müssen eingehalten werden. Dabei sollten mindestens 10% der Projektfläche zum Schutz oder zur Erhöhung der lokalen Biodiversität genutzt werden, mit dem besonderen Augenmerk auf heimische Baumarten, Habitate von seltenen, gefährdeten Arten und Habitatstrukturen.
3. Alle Interessengruppen müssen vor Projektstart mit einbezogen und berücksichtigt werden.

4. Die Zertifizierungsperiode von Agrarprojekten ist auf 10 Jahre festgelegt. Alle 5 Jahre soll die Baseline, die die Entwicklung der Emissionen ohne das Projekt anzeigt, neu berechnet und gegebenenfalls angepasst werden.
5. Die (finanzielle) Zusätzlichkeit des Projekts muss nachgewiesen sein. Diese ist gegeben, wenn das Gastland den UNDP (engl.: United Nations Development Programme) Index der menschlichen Entwicklung (HDI) von 0,7 (1 als höchster Wert) nicht überschreitet und die Projektaktivitäten nicht verpflichtend oder vom Gastland gesetzlich festgeschrieben sind – eine Ausnahme besteht, wenn diese Regularien nicht systematisch durchgesetzt werden. Zusätzlich zu den beiden vorgenannten Punkten werden Agroforstsysteme mit mindestens fünf heimischen Pflanzenarten bevorzugt.

Auch für Kleinstprojekte unter 500 ha gelten diese Prinzipien.

In Deutschland können kleinflächige Agrarholzprojekte wie streifenförmige KUP die Voraussetzungen 1 bis 4 im Projektplan berücksichtigen und erfüllen. Voraussetzung 5 gibt jedoch einen maximalen HDI von 0,7 an, in Deutschland liegt der Index-Wert von 2021 bei 0,978. Der Index erfasst die durchschnittlichen Werte eines Landes in grundlegenden Bereichen der menschlichen Entwicklung, wie beispielsweise die Lebenserwartung bei der Geburt, das Bildungsniveau sowie das Pro-Kopf-Einkommen. Treiber der Entwaldung in sogenannten Entwicklungsländern ist zum Beispiel hauptsächlich der Bedarf an Brennholz und landwirtschaftlichen Produktionsflächen (SCHWARZ et al., 2021). Wird dort eine Agrarholzplantage gepflanzt, verhindert sie Emissionen, die sonst durch Rodung bestehender Wälder entstehen würden. Nebenbei trägt sie zum Erosionsschutz und verbesserten Nährstoff- und Wasserhaushalt bei. In Deutschland beispielsweise ist illegaler Holzeinschlag keine Emissionsquelle, da es eine geregelte und nachhaltige Forstwirtschaft gibt (DIETER et al., 2021). Projekte in hoch entwickelten Ländern haben folglich nicht denselben Effekt wie Maßnahmen in weniger entwickelten Regionen (CONCEIÇÃO, 2022). Ähnliche Klimaschutz-Projekte sparen in weniger entwickelten Ländern folglich mehr Emissionen ein, als in Industriestaaten und sind deshalb effektiver und wirtschaftlicher.

Wie in Kapitel 3.3.3. erwähnt, gibt es bei den Standards seit dem Pariser Klimaabkommen vor allem in der EU aber auch in anderen Ländern, das Problem der Doppelbeanspruchung von Minderungsleistungen. Die Emissionen bzw. die Emissionseinsparungen des LULUCF-Sektor müssen von den EU-Mitgliedstaaten seit der Verordnung (EU) 2018/841 des Europäischen Parlaments und des Rates „über die Einbeziehung der Emissionen und des Abbaus von Treibhausgasen aus Landnutzung,

Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft in den Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030“ vom 30. Mai 2018 berechnet und gemeldet werden. Im Grund Nr. 5 der Verordnung (EU) 2018/841 heißt es:

Der LULUCF-Sektor „[...] verfügt über das Potenzial, für langfristige Klimaschutzvorteile zu sorgen und so zur Verwirklichung der von der Union angestrebten Reduzierung der Treibhausgasemissionen sowie zum Erreichen der langfristigen Klimaschutzziele des Übereinkommens von Paris beizutragen. Außerdem bringt der LULUCF-Sektor Biomaterialien hervor, die fossile oder CO₂-intensive Materialien ersetzen können, und spielt daher eine wichtige Rolle beim Übergang zu einer Wirtschaft mit geringen Treibhausgasemissionen.“

Außerdem wird die Förderung von Agroforstwirtschaft als nachhaltige Bewirtschaftungsmethode in Grund Nr. 8 explizit erwähnt:

„Die Entwicklung von nachhaltigen und innovativen Verfahren und Technologien, einschließlich der Agrarökologie und der Agroforstwirtschaft, können die Rolle des LULUCF-Sektors in Bezug auf die Eindämmung des Klimawandels und die Anpassung an den Klimawandel fördern sowie die Produktivität und die Widerstandsfähigkeit dieses Sektors stärken.“

Die CO₂-Minderungsleistungen von Agroforstsystemen wirken sich demnach positiv auf die CO₂-Minderungsbilanz der EU-Mitgliedstaaten aus. Würde der Beitrag an Dritte weiterverkauft, würde er keine CO₂-Minderung erzeugen, da die Leistung doppelt beansprucht wird (DUPRAZ et al., 2018). Die Europäische Kommission hat in ihrem Paket „fit for 55“ 2021 sogar noch eine ambitionierteres Ziel für den LULUCF-Sektor vorgeschlagen, der eine 15% Steigerung der Senkenleistung erfordern würde. Unter anderem soll durch die Kaskadennutzung von Holz mehr CO₂ gespeichert werden (VOSSEN, 2021), die bei einer sofortigen energetischen Nutzung des Holzes übersprungen wird. Ein Verkauf der CO₂-Minderungsleistungen würde diesem Ziel entgegen steuern, wenn die Leistungen aus den EU-Bilanzen herausgerechnet werden würden, um eine Doppelzählung zu vermeiden.

In Deutschland zählt der Sektor Landwirtschaft nun auch seit dem Klimaschutzplan 2050 in die Nationalen Minderungsbeiträgen hinein (BUNDESREGIERUNG, 2016). Alle Emissionsminderungsbeiträge werden automatisch mit der Bilanz des Sektors verrechnet, sodass nationale Klimaschutzprojekte in diesem Bereich zu Deutschlands NDC beitragen. Werden diese Einsparungen zusätzlich an Dritte weiterverkauft, kommt es zu einer Doppelbeanspruchung der Emissionsminderung. Hierfür gibt es momentan zwei Lösungsansätze. Zum Einen der nahe liegende Weg: das Gastland rechnet die CO₂-

Minderungsleistungen aus seinen NDC heraus, das sogenannte „corresponding adjustment“. Damit werden jedoch die NDC immer unwahrscheinlicher erreicht und es bedeutet für das jeweilige Land mehr bürokratischen Aufwand. Die zweite Alternative nennt sich „financial contribution claim“. Die CO₂-Minderungsleistungen zählen in die NDC des Gastlandes hinein und der Kompensationsanspruch des Käufers entfällt – der Kauf des Zertifikats unterstützt dementsprechend das Gastland im Erreichen seiner Ziele. Firmen oder Körperschaften, die Klimaneutralität für Marketing-Zwecke nutzen, lehnen diese Möglichkeit jedoch in der Mehrheit ab (MACHNIK et al., 2021). Die EU legte bisher keine der beiden Optionen für ein nachvollziehbares Monitoring- und Kontrollverfahren fest.

Da eine Emissionsminderung im Bereich Landwirtschaft im Klimaschutzplan Deutschlands festgehalten ist, kann nicht mehr von regulatorischer Zusätzlichkeit der Projekte gesprochen werden. Der politische Rahmenplan der Regierung gibt vor, dass die Minderungen umgesetzt werden müssen und stellt gleichzeitig öffentliche Gelder/Förderung dafür bereit. Die von der Bundesregierung eingesetzte Zukunftskommission Landwirtschaft nennt beispielsweise den Ausbau von Agroforststrukturen in ihren Leitlinien (ZKL, 2021). Im Rahmen der EU-Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) von 2021 hat der Bundestag entschieden, dass Agroforstsysteme in den freiwilligen EcoSchemes, den sogenannten Öko-Regelungen, über die Säule 1 förderfähig werden. Ab 2023 lösen die EcoSchemes das bisherige Greening ab. Über die Öko-Regelung DZ-0403 „Beibehaltung einer agroforstlichen Bewirtschaftungsweise auf Ackerland und Dauergrünland“ können Landwirten für den Gehölzflächenanteil zukünftig 60€ pro Hektar im Jahr beantragen. Dabei müssen die KUP die Kriterien der Anlage 5 Nr. 3 der GAPDZV vom 21. Januar 2022 erfüllen, um förderfähig zu sein. Das bedeutet, die Landwirte dürfen zwischen 2 und 35 % Gehölzfläche anlegen. Angelegt werden müssen mindestens zwei Gehölzstreifen mit einer Breite von 3 bis 25 m und einem Reihenabstand von mindestens 20 bis maximal 100 m. Der Abstand zwischen dem Rand der Parzelle und den Gehölzstreifen muss des weiteren mindestens 20 m betragen. Nur an Gewässerrändern darf die Entfernung zur Flächengrenze geringer ausfallen. Zudem soll es beispielsweise in Sachsen in der nächsten Förderperiode des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) eine Investitionsförderung zur Anlage von Agroforstsystemen geben. Diese Mittel der sogenannten 2. Säule sind jedoch in den Ländern noch in Verhandlung (HÜBNER, 2022). Sind die Investitionskosten von KUP gedeckt (z.B. zukünftig durch ELER), trägt sich die Plantage wirtschaftlich selbst. Auf marginalen Standorten ist sie wettbewerbsfähig mit einjährigen Kulturen. Im Schnitt erbringen sie meist weniger Gewinn als andere landwirtschaftliche Nutzpflanzen, aber sind dennoch profitabel. Wie profitabel die KUP sind, hängt außerdem stark vom aktuellen Hackschnitzel-Preis ab (RANACHER et al., 2021; WOLBERT-HAVERKAMP & MUSSHOFF, 2014). Die Entscheidung liegt demnach beim Landwirt, der im Falle einer Kultivierung von KUP von den ökologischen Vorteilen auf seiner Fläche profitiert (RANACHER et al.,

2021). Durch den Angriffskriegs Russlands auf die Ukraine sind die Heizölpreise um durchschnittlich 60 % gestiegen (LESCHÉ, 2022). In Abbildung 2 ist zu erkennen, dass der Preis von Hackschnitzeln im Jahr 2022 durch die erhöhte Nachfrage ebenfalls gestiegen ist, jedoch gegenüber der fossilen Alternative einen deutlichen Preisvorteil hat. Das gleiche gilt für die anderen Holzbrennstoffe, wie beispielsweise Holzpellets. Der nEHS sollte im Laufe der Zeit nachhaltig produzierte Hackschnitzel im Vergleich zu fossilen Brennstoffen ebenfalls wettbewerbsfähiger machen. Die finanzielle Zusätzlichkeit ist folglich nur im geringen Maße bis nicht gegeben.

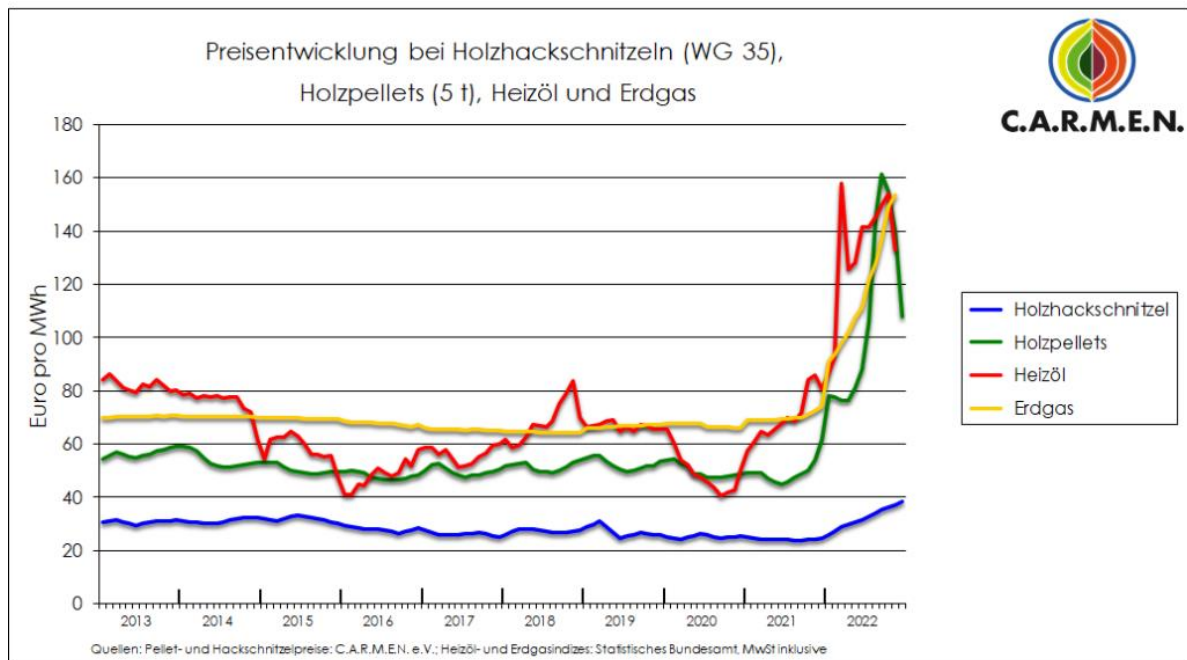


Abbildung 2: Preisentwicklung für Scheitholz, Hackschnitzel und Holzpellets im Vergleich zum Heizölpreis (vgl. C.A.R.M.E.N.E.V., <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreiseenergieholz/marktpreisvergleich/>)

Auch als Substitutionsprodukt von fossilen Brennstoffen ist Agrarholz im Ausbau Erneuerbarer Energien im Klimaschutzplan Deutschlands aufgelistet und vom nationalen Brennstoffemissionshandel betroffen, wie in Kapitel 3.3.2. erläutert.

In Ländern, die den Sektor Landwirtschaft nicht in ihre NDCs aufgenommen haben, sind die Projekte immer noch als zusätzlich zu bewerten, da sie nicht gesetzlich vorgeschrieben und durch öffentliche Gelder unterstützt werden (MICHAELOWA et al., 2022).

Zusätzlich legt die Nutzungsart fest, wie lange der Kohlenstoff im produzierten Holz gespeichert wird. Da es in dieser Arbeit vorrangig um Agrarholz zur energetischen Nutzung geht, ist eine längerfristige Speicherung des gebundenen CO₂ nicht gegeben (TSONKOVA & BÖHM, 2022). Wird das Holz zunächst beispielsweise in Gebäuden verbaut, bleibt die Speicherfunktion erhalten. Dasselbe gilt für die schon erwähnte Kaskadennutzung des Holzes. Bei der energetischen Nutzung handelt es sich dagegen nur um einen Substitutionseffekt. Statt fossiler Brennstoffe wie Kohle oder Erdgas wird Holz verbrannt.

Dabei werden ebenfalls Emissionen erzeugt, aber eben nur so viel, wie zuvor durch das Pflanzenwachstum gebunden wurde (ÖKO-INSTITUT E.V., 2021). Das EU Parlament verbucht seit der Verordnung (EU) Nr. 841/2018 vom 19.06.2018 (L 156/3) die Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse mit Null. Nach den Qualitätsstandards muss bei den Projekten Permanenz gewährleistet werden. Soll die Kohlenstoffspeicherung im Gehölz zertifiziert werden, ist die Permanenz nicht gegeben, da das Holz energetisch genutzt und folglich verbrannt wird. Der gespeicherte Kohlenstoff wird wieder freigesetzt. Der Substitutionseffekt ist wiederum permanent, so lange es die Plantage Energieholz produziert und dieses abgenommen wird. Jedoch ist Agrarholz als Substitutionsprodukt von fossilen Brennstoffen, wie erwähnt, vom nEHS betroffen und unterliegt damit politischen Regularien, die einer Zertifizierung im Wege stehen.

4.1.4 Nationaler Brennstoffemissionshandel

Als erneuerbare Energie bzw. als Substitutionsoption für fossile Brennstoffe mindert Agrarholznutzung zumindest dann Emissionen, wenn das Holz nachhaltig angebaut wird. Damit fällt es seit Januar 2021 unter den nationalen Brennstoffemissionshandel, wie in Kapitel 3.3.2. erläutert. Als nachhaltig produzierter fester Biomassebrennstoff nach der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EU) 2018/2001 und der darauf beruhenden nationalen Biokraft-NachV sowie der BioSt-NachV ist Agrarholz weder für die Wärme- noch für die Stromproduktion zertifizierungspflichtig. Brennholz oder Hackschnitzel hat so gegenüber den fossilen Alternativen einen erheblichen Preisvorteil. Wie schon erwähnt, wird dieser durch die angespannte Lage auf dem Energiemarkt verstärkt. Dieser preisliche Unterschied soll Verbrauchern einen Wechsel zu klimafreundlicheren Optionen, z.B. Biomasseheizungen oder Blockheizkraftwerke zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung, nahebringen. Dieser Wechsel ist also die anvisierte Emissionsminderung durch den Emissionshandel statt der Nutzung fossiler Brennstoffe (BMU, 2019). Zusätzlich gibt es beispielsweise Förderungen für Heizungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energien durch die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) oder sogar die Pflicht nach dem Erneuerbaren-Energie-Wärme-Gesetz (EEG), die Wärmeversorgung in Neubauten anteilig mit Erneuerbaren Energien zu decken (HENNENBERG et al., 2022). Dadurch steigt die Nachfrage nach nachhaltig erzeugter Biomasse, wie Hackschnitzel. KUP, die nachhaltig Holz produzieren werden rentabel, da der Kreislauf der regionalen Produktion und der gesicherten Abnahme gestärkt wird.

Auch neben diesem immer noch auf Freiwilligkeit basierten Wechsel von Endkonsumenten schließen politische Strategien, wie auf Bundesebene der Klimaschutzplan 2050 oder auf regionaler Ebene das Energie- und Klimakonzept Sachsens, den Ausbau erneuerbarer Energien mit ein (SMEKUL, REFERAT KLIMASCHUTZ, KLIMAAANPASSUNG, 2021; BUNDESREGIERUNG, 2016).

4.1.5 Carbon Farming

Die Carbon-Farming-Initiative der EU hat viel Kritik geerntet, denn die Kohlenstoff-Sequestrierung gilt aus wissenschaftlicher Sicht in klimarelevanter Größenordnung als aufwändig und unsicher. In einer Vielzahl von Studien wird der Bodenkohlenstoffgehalt von KUP gemessen, jedoch auf unterschiedliche Weisen mit unterschiedlichen Ergebnissen. Neben den verschiedenen Messmethoden/-modellen und Messtiefen im Boden variiert der Kohlenstoffgehalt außerdem je nach Baumart/-sorte, Boden und Klima. Marginalisierten Standorte und Standorte mit erhöhtem Tongehalt im Boden fördern die Kohlenstoff-Speicherung im Boden (FÜRTNER et al., 2022; KALITA et al., 2021). Einige Studien kommen zu dem Schluss, dass es zu keinen signifikanten Veränderungen im Bodenkohlenstoffgehalt unter KUP kommt (WIESMEIER et al., 2020; HAMMAR et al., 2017; WALTER et al., 2015; DON et al., 2012). Andere messen einen mittleren bis hohen Kohlenstoffgehalt (FÜRTNER et al., 2022; RUGANI et al., 2015). Alle erwähnten Studien weisen jedoch auf die Messunsicherheiten oder -unterschiede hin.

Die Speicherung von Kohlenstoff in ackerbaulich genutzten Böden ist nur langsam möglich und nimmt über die Zeit ab. Werden die Humus-aufbauenden Bewirtschaftungsmethoden gestoppt, verliert der Boden den gespeicherten Kohlenstoff wieder. Der Umgang mit der Wiederfreisetzung von Kohlenstoff innerhalb der Laufzeit eines Zertifikats nicht geregelt. Landwirte, die schon immer auf einen stabilen Humusgehalt und fruchtbaren Boden achten, werden in diesem System benachteiligt. Zudem wird argumentiert, dass ein guter Kohlenstoffgehalt im Boden zur guten fachlichen Praxis gehört und deshalb in den meisten Fällen nicht als zusätzliche Maßnahme bewertet werden kann (WIESMEIER et al., 2020). Agroforstsysteme werden von WIESMEIER et al. im Hinblick auf die Kohlenstofffixierung im Boden als eher ungeeignet bewertet, da bei der Anlage von KUP in Deutschland kein nennenswerter Kohlenstoff-Aufbau im Boden gemessen werden konnte. Auf marginalen Standorten wie z.B. frühere Tagebauflächen kann der Humusgehalt erhöht werden.

NYSENS (2021) betont im Namen des European Environmental Bureau (EEB) in einem Bericht die positive Wirkung von Bäumen in der Landschaft. Demnach stärken sie die Resilienz und Produktivität des Ackerlands durch die in Kapitel 2.1 genannten ökologischen Vorteile. Jedoch stellt NYSENS das Instrument des Emissionshandels und der Kompensation für natur-basierte Lösungen im Allgemeinen in Frage.

4.2 Die Rolle der Kommunen

Das Amt Kleine Elster geht mit seinem Modellprojekt einer regionalen Wärmeversorgung als Beispiel voran. Auch wenn Klimaschutz in Kommunen nicht zu den Pflichtaufgaben gehört, können kommunale Klimaschutzaktivitäten auf freiwilliger Basis durchgeführt werden. Maßnahmen können in

Klimaschutzkonzepten festgehalten oder sogar in Klimaschutzgesetzen gesetzlich verankert werden (HERTLE et al., 2018).

Um den Anbau von Agrarholz voranzutreiben, braucht es neue, regionale Wertschöpfungsketten, die allen Akteuren wirtschaftliche Stabilität zusichern. Die Entwicklung von Bioenergiedörfern und -regionen können diesen Kreislauf stützen (HECK et al., 2014). Land- und Kommunalwirtschaft müssen eng zusammenarbeiten, um die möglichen Synergien von Erneuerbaren Energien und den Anbau von Agrarholz zu nutzen. Durch ein kommunales Blockheizkraftwerk beispielsweise steigt die Nachfrage nach Holzhackschnitzeln. Um das BHKW nachhaltig zu betreiben, sollten die Hackschnitzel keinen weiten Transportwege zurückgelegt haben, um auch dabei Emissionen zu sparen (LINDEGAARD et al., 2016). Ein regionaler Anbau des Energieholzes bietet sich also an. Wie im vorgestellten Beispiel in der Niederlausitz können Kommunen gemeindeeigene Flächen an lokale Landwirte verpachten, um die Energieholz-Produktion zu gewährleisten. Pachtverträge mit längeren Laufzeiten und ein Abnahmevertrag für das produzierte Holz nehmen den Landwirten die Sorge um potentielle Risiken der Wirtschaftlichkeit (SCHULZE, 2020b). Außerdem wird ein Bezug zu der mehrjährigen Bewirtschaftungsform geschaffen, der möglicherweise zuvor für Skepsis gesorgt hat und der unmittelbar Nutzen des Energieholzes in der Region wird sichtbar.

Da Energieholz als Energieträger, wie im vorigen Ergebnisteil erwähnt, vom nationalen Brennstoffemissionshandel betroffen ist, lassen sich weder ein Blockheizkraftwerk oder ähnliche mit Energieholz betriebene Heizhäuser noch die Produktion des Energieholzes in Deutschland zertifizieren. Deshalb können Kommunen Energieholz nicht als Kompensation der von ihnen verursachten Emissionen nutzen und damit ihre Klimabilanz aufbessern. Das kommunale Energie- und Wärmemanagement zählt auch in diese Bilanz hinein. Vermindert werden die Emissionen faktisch dennoch durch den Substitutionseffekt des Energieholzes. Sie wirken sich also senkend auf die Bilanz aus. Fraglich wäre deshalb ohnehin, ob der Zertifizierungsprozess inklusive des Monitorings und der CO₂-Messungen bei einer Projektrealisierung nicht unnötig teuer wäre, wenn es eine Zertifizierungsmöglichkeit gäbe. Als Zertifikat-Käuferin müsste die Kommune den Preis des Zertifikats tragen, in dem auch Monitoring-Kosten mit eingerechnet sind.

Vor allem Landesförderprogramme können von Kommunen für den Ausbau Erneuerbarer Energien genutzt werden. Diese sind in den Ländern unterschiedlich. In Bayern gibt es beispielsweise das Programm „BioKlima“, das explizit Biomassenutzung in Form von Holz zur Wärmeerzeugung fördert. Das Errichten eines Biomasseheizwerks wird mit 30% bis 40% Grundförderung bezuschusst (HENNENBERG et al., 2022). Wird ein Heizwerk errichtet, sollte die Kommune die lokale

Energieholzproduktion sichern, um wie schon erwähnt den emissionsreichen Transport des Holzes zu minimieren (LINDEGAARD et al., 2016).

Die steigenden Energiepreise sind ebenfalls ein Argument, die Energieversorgung regional anzusiedeln. Erneuerbare Energien lassen die Kommunen unabhängig von fossiler Energie werden und machen sie dadurch autarker (HECK et al., 2014).

5 Diskussion

5.1 Zertifizierung von Agrarholz-Anbau

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde untersucht, ob Agrarholz in Form von Alley-Cropping zur Energieholzproduktion in Deutschland CO₂-zertifiziert und so finanziert werden kann. Um diese Frage zu beantworten, wurden in den letzten Kapiteln die relevanten Emissionshandelssysteme vorgestellt und analysiert. Agrarholz wurde in den Projekttyp NbS zur Erneuerbaren-Energie-Gewinnung zugeordnet und die damit einhergehenden Zertifizierungsmöglichkeiten dargelegt. Außerdem wurde die Frage nach kommunaler Beteiligung an der Implementierung von Agrarholzflächen beleuchtet.

5.1.1 Hemmende Faktoren

Viele Hürden bei der Zertifizierung von Agrarholz-Anbau bedingen sich gegenseitig. Wird das Agrarholz energetisch genutzt, ist es als Brennstoff vom nationalen Brennstoffemissionshandel betroffen. Das steht einer Zertifizierung auf dem freiwilligen Markt und auch als Kompensation am Verpflichtungsmarkt entgegen, denn zu zertifizierende Prozesse oder Produkte dürfen keinen anderen Emissionshandelssystemen unterliegen. Energieholz ist zwar nicht zertifizierungspflichtig, aber vom Gesetzgeber neben den anderen Erneuerbaren Energieträgern als Alternative zu fossilen Brennstoffen vorgesehen. Würde die angestrebte CO₂-Minderung des Handels auch am Markt als Kompensationszertifikat verkauft, gäbe es netto keine CO₂-Minderung. Auch die ambitionierten EU-CO₂-Minderungsziele, die für den Landwirtschafts- sowie den LULUCF-Sektor gelten, kollidieren mit einer Zertifizierung. Die europäischen Staaten konnten sich bis heute nicht zu einer Lösung der potentiellen Doppelbeanspruchung von CO₂-Minderung durchringen. NYSSENS (2021) listet dies in einem Bericht als eine der Herausforderungen von NbS und Carbon Farming auf. Demnach müssten die genannten Legitimationsprobleme zuerst behoben werden, bevor Projekte solcher Art sinnvoll in den Emissionshandel eingebunden werden könnten. WIESMEIER et al. (2020) nennen ebenfalls Teile der Liste und kommt aufgrund dessen zu dem Schluss, dass der Markt-basierte Ansatz für die Carbon Farming Initiative kein geeignetes Finanzierungsinstrument ist. Im Folgenden werden die hemmenden Faktoren für die verschiedenen Themenkomplexe diskutiert, Abbildung 2 fasst die potentielle Zertifizierung von Agrarholz-Projekten auf den unterschiedlichen Märkten im europäischen und deutschen Emissionshandel zusammen. Die hemmenden Faktoren, die der Zertifizierung entgegen stehen, sind ebenfalls dargestellt.

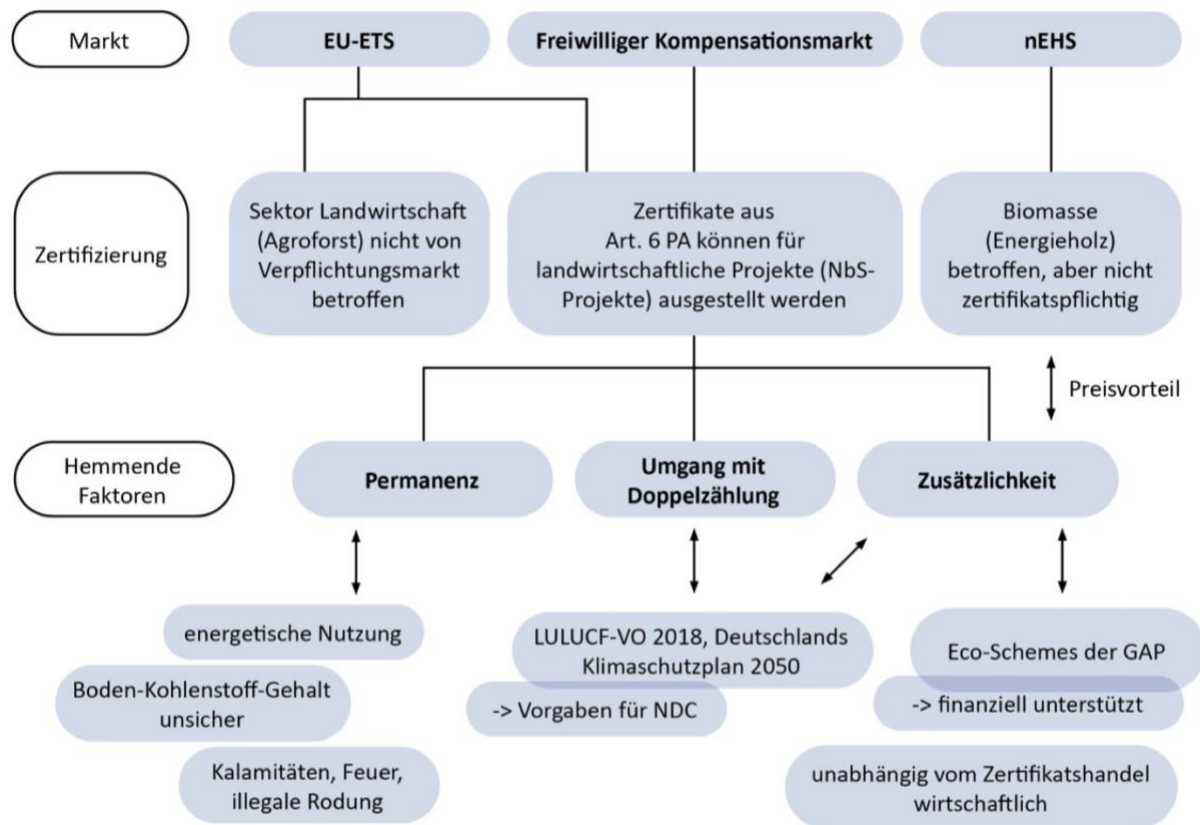


Abbildung 3: Übersicht der potentiellen Zertifizierung von Agrarholz-Projekten im europäischen und nationalen Emissionshandel und deren hemmende Faktoren

5.1.1.1 Freiwilliger Kompensationsmarkt

HOLDERIEATH et al. (2012) untersuchten das Potential von CO₂-Kompensation als Anreiz zur Implementierung von AC und anderen Agroforstsystemen in Missouri (USA). Dabei wurden das lokale Emissionshandelssystem, der Chicago Climate Exchange, und dessen Preise, Gebühren und Vorgaben analysiert. Diese regulatorischen Gegebenheiten der Emissionshandelssysteme sind mit denen der EU nicht vergleichbar. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass der Handel mit Kohlenstoffzertifikaten vor allem wegen des geringen Profits scheitert und nicht aufgrund der gesetzlichen Barrieren. Da die meisten Agrarholzflächen in Streifen-Form nur wenige Hektar betragen, lohnt sich der finanzielle Aufwand einer Zertifizierung selten, verglichen mit anderen potentiellen Nutzungsarten.

Auch das Umweltbundesamt (UBA) stellt fest, dass der bürokratische und praktische Aufwand für solche Kleinst-Projekte sehr hoch ist, was sie wirtschaftlich benachteiligt (WOLTERS et al., 2018; HOLDERIEATH et al., 2012). Wie im Ergebnisteil erwähnt, sind Kleinstprojekte nach Gold Standard immer noch bis zu 500 ha groß. Somit verteilen sich die Kosten des Monitorings und der Zertifizierung auf potentiell mehr Zertifikate als bei einem wenige Hektar großen AC-System. In Deutschland kommen höhere Kosten für die Produktion einer Tonne CO₂ hinzu. Die Ursache dafür ist unter anderem der Mindestlohn für die Arbeitskräfte, wie SCHWARZ et al. (2021) herausarbeiteten. Auch deshalb werden

die meisten Projekte in sogenannten Entwicklungsländern durchgeführt. Bei einer Umfrage des UBA (MACHNIK et al., 2021) geben zwar die meisten Käufer an, der Preis des Zertifikats sei nicht so wichtig, die Anbieter-Seite gibt jedoch an, dass der Preis den stärksten Einfluss auf die Kaufentscheidung hat. Deshalb können die Zertifikatspreise nur in einem gewissen Maß erhöht werden, bis sie für die Käufer unattraktiv werden.

5.1.1.2 Standards am freiwilligen Kompensationsmarkt

Hinzu kommt, dass die meisten großen Standardanbieter am freiwilligen Markt Klimaschutzprojekte nur in sogenannten Entwicklungsländern zertifizieren. Mittlerweile wird beim Zertifizierungsprozess auch auf die Förderung der nachhaltigen Entwicklung in den Gastländern geachtet. Da Deutschland als Industriestaat keine Entwicklungshilfe benötigt, sind die hier erwähnten co-benefits der SGDs viel geringer bis gar nicht ausgeprägt. Gleichzeitig werden Effekte wie die Steigerung von Biodiversität und Bodenschutz nicht honoriert, obwohl diese ökologischen Auswirkungen deutlich in der Mehrzahl im Vergleich zu der umstrittenen CO₂-Sequestrierung von KUP (Kapitel 4.1.5) sind. Da keine Einheit existiert, um die ökologischen Auswirkungen und die CO₂-Sequestrierung von KUP in ihrer Wirkung für den Klimaschutz zu vergleichen, ist es schwierig, eine Aussage zu treffen. Festzuhalten ist, dass die Klima-Anpassung, die durch die ökologischen Effekte vorangetrieben wird, beim Emissionshandel nicht berücksichtigt wird, da der Fokus nur auf dem gebundenen CO₂ bzw. dem vermiedenen Ausstoß liegt. Dieser wiederum ist im Bezug auf KUP wie erwähnt umstritten, während die ökologischen Vorteile nachgewiesen sind (TSONKOVA & BÖHM, 2022; MEYER et al., 2021; WOLBERT-HAVERKAMP & MUSSHOFF, 2014). Das EEB bestätigt, dass Agrarholz auf den Ackerschlägen zu mehr Klimaanpassung der Landwirtschaft führen kann. Außerdem wird die Wichtigkeit von klimaangepassten Anbausystemen unterstrichen. Agrarholz in der sonst relativ strukturarmen Kulturlandschaft fördert deren Resilienz und Produktion neben der vom Emissionshandel in den Fokus gesetzten CO₂-Speicherung (NYSENS, 2021). Auch HERNÁNDEZ-MORCILLO et al. (2018) stellten fest, dass die Anpassungslösungen mit Agrarholz deutlich effektiver sind als die Emissionsminderungslösungen. Es besteht ein großes öffentliches Interesse, die Bedrohung durch den Klimawandel zu verringern und die Widerstandsfähigkeit der Agrarsysteme zu erhöhen. Vorrangig soll diese Anpassung laut HERNÁNDEZ-MORCILLO et al. (2018) durch Maßnahmen zur Veränderung des Mikroklimas erreicht werden. Multifunktionale Hecken oder Windschutzstreifen, die auch als AC-System gepflanzt werden können, sichern die Produktivität, verhindern Bodenerosionen etc.

5.1.2 Kritik am Prinzip der Kompensation

ELKERBOUT & BRYHN (2022) stellen die Frage, welche Auswirkungen der Zertifizierungsmechanismus für Negativemissionen aus NbS-Projekten haben soll. Auf der einen Seite wird natürlich ein finanzieller Anreiz für die Landwirte geschaffen. Auf der anderen Seite kann der Anreiz aber auch auf anderem Wege erreicht werden. Welche positiven Auswirkungen hat es, den Output der Aktivität in CO₂-Äquivalente umzurechnen? Denn werden diese CO₂-Äquivalente verkauft, muss vorher klar sein, welche CO₂-Minderungen zertifiziert und von wem sie genutzt werden können. Außerdem müssen die schon bestehenden Systeme der Kohlenstoffbilanzierung berücksichtigt werden, um Doppelzählungen zu vermeiden. Auf eine Lösung dieser Probleme konnte sich die EU bisher nicht einigen.

In einem Bericht des EEBs wird ebenfalls in Frage gestellt, ob der Kompensationsmarkt überhaupt ein sinnvolles Instrument darstellt (NYSSENS, 2021). Der Zertifikatshandel mit NbS wird als Widerspruch in sich dargestellt. Der Kompensationswillen der Menschen fördert zwar die Kohlenstoffbindung, jedoch nicht zusätzlich, sondern als Ersatz für Emissionsminderungen. Der letzte IPCC-Bericht über den Klimawandel kommt zu dem Schluss, dass der Temperaturanstieg unter allen Umständen unter 2 °C gehalten werden muss, um weitere negative Klimafolgen einzudämmen (IPCC, 2022). Dafür müssen CO₂-Emissionen gemindert werden, und gleichzeitig ist Kohlenstoff zu speichern. Die Kohlenstoffspeicherung geschieht im Moment hauptsächlich durch naturbasierte Ansätze. Das bedeutet Wälder, Böden und Moore werden beispielsweise durch Wiederherstellung als Senke genutzt. Es sollte also generell die Frage gestellt werden, wann Kompensation sinnvoll ist. Das UBA errechnete eine Schadenssumme von 195€ pro emittierte Tonne CO₂ infolge von Naturkatastrophen, Ernteausfällen etc. (MATTHEY & BÜNGER, 2020). Der Zertifikatspreis am Markt liegt deutlich darunter. Kompensation ist also meist attraktiver, als die dringend benötigte Emissionsminderung. Diese kann nur durch den Wechsel auf klimaschonendere Produktionsabläufe erreicht werden. Klar ist nämlich, dass durch Kompensation nicht eingespart wird. Der Begriff „Verschmutzungsrecht“ als Synonym für CO₂-Zertifikat macht es deutlich: Die eingesparte Minderung wird an anderer Stelle von dem Verschmutzungsberechtigten wieder ausgestoßen. Nur zusätzlich erworbene Zertifikate, die stillgelegt werden, sind tatsächliche Emissionsminderungen.

Ferner kann hinterfragt werden, ob im Hinblick auf naturbasierte Lösungen, zu denen der Agrarholz-Anbau gehört, der biologische Kohlenstoff fossilen Kohlenstoff überhaupt kompensieren kann. Biologischer Kohlenstoff fluktuiert viel schneller, auf kürzeren Zeitskalen; er kann also viel schneller freigesetzt, aber genauso schnell wieder gespeichert werden. Fossiler Kohlenstoff ist über Millionen von Jahren unter den Erd- und Meeressedimenten entstanden und würde von Natur aus auf ähnlichen langen Zeitskalen abgebaut werden. Ihn zu verbrennen, stört diesen Fluss. Werden diese Emissionen

durch biologisch gespeicherten Kohlenstoff ausgeglichen, wird das Risiko eingegangen, diesen schnell wieder freizusetzen (CARBON MARKET WATCH, 2015). Die Permanenz der Projekte ist gefährdet. ELKERBOUT & BRYHN (2022) schlussfolgern, dass nur NbS-Projekte in den Emissionshandel eingebunden werden können, die volle Permanenz gewährleisten. Da die Bodenkohlenstoff-Speicherung unter KUP unsicher in der Messung und auch bezüglich der Permanenz ist, kann es laut NYSENS (2021) generell problematisch sein, Unternehmen im Rahmen der Carbon Farming Initiative der EU zu erlauben, NbS-Zertifikate zu kaufen, um ihre vorgeschriebenen Emissionsreduktionen zu erreichen.

5.1.3 Andere mögliche Finanzierungsmechanismen

In Missouri existierte schon eine Struktur der Kostenbeteiligung an der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen durch die öffentliche Hand, an die sich die ansässigen Landwirte gewöhnt haben. Deshalb wäre der bessere Weg, diese schon vorhandenen Strukturen auszubauen, um einen Anreiz für den Anbau von Agrarholz zu schaffen (HOLDERIEATH et al., 2012). Eine Fokussierung auf das CO₂-Speicherungs- bzw. -Vermeidungspotential von Agrarholz-Anbau greift also zu kurz, so die ökonomische Bewertung dieser Studie. Die Ökosystemdienstleistungen, die außerdem durch den Anbau erbracht werden, sollten mehr in den Vordergrund gerückt werden. Das geschieht in Europa und somit auch in Deutschland durch die EcoSchemes der GAP. Die Förderung von 60€/ha sollen für die Landwirte Anreiz sein, Natur- und Umweltschutz zu betreiben. Die Zahlungen sollen die Maßnahme als Ganzes honorieren. Die Förderhöhe wird jedoch vom DeFAF in einer Pressemitteilung als zu niedrig eingestuft, da der Betrag nicht kostendeckend ist. In der Praxis stellt die Förderung keinen Anreiz dar, Agroforstsysteme zu implementieren. Dies steht der propagierten „Grünen Architektur“ der GAP entgegen (GÜNZEL, 2021). Die agrarrechtliche Definition im nationalen Recht (Kap. 2.1.3.) und die Integration von Agroforstsystemen in die EcoSchemes ist ein erster Schritt Richtung Honorierung der gesellschaftlichen und ökologischen Vorteile, der nun mit Blick auf die realen Gegebenheiten ausgebaut werden muss (ZEHLIUS-ECKERT, 2022).

Eine andere Möglichkeit, Agrarholz-Anbau zu fördern, sind nach ZEHLIUS-ECKERT (2017) die „produktionsintegrierten Kompensationsmaßnahmen (PiK) im Rahmen der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung“. Notwendige Eingriffe in die Natur müssen nach dem BNatschG §13 ff. durch „Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen“ kompensiert werden. Die landwirtschaftliche Fläche muss also durch die Maßnahme naturschutzfachlich aufgewertet werden. Bezahlt werden sie nicht von der öffentlichen Hand, sondern von den Personen, die einen Eingriff kompensieren müssen. Agroforstsysteme und KUP in der Landwirtschaft eignen sich aufgrund der schon genannten ökologischen Vorteile grundsätzlich als Kompensationsmaßnahmen. Bisher gibt es aber nur in drei Bundesländern eine konkrete Regelung zu Agroforstsystemen oder KUP als PiK und wenige Beispiele

in der Praxis. Um die Situation zu verbessern, müssten sich die anderen Bundesländer an den schon bestehenden Regelungen orientieren und Agroforstsysteme sowie KUP in ihre Verordnungen zu PiK aufnehmen.

5.2 Die Rolle der Kommunen

Laut einer Studie des Umweltbundesamts wünscht sich die Mehrheit der Menschen in Deutschland mehr Klimaschutz (BMUB & UBA, 2017). Kommunen, die sich um Klimaschutz kümmern, gewinnen also an Image. Gleichzeitig erfüllen sie ihre Vorbildfunktion und können als gutes Beispiel vorangehen. Eine Kommune, die Klimaneutralität anstrebt, sollte zunächst Emissionen mindern, bevor sie nicht vermeidbare Emissionen kompensiert. Im Energie- und Wärmemanagement sind Emissionsminderungen durch den Wechsel auf Erneuerbare Energien wie Hackschnitzel möglich. Dieser Wechsel muss durch den Gemeinderat beschlossen werden. Deshalb kommt der Kommune besonders in der Initialphase solcher Projekte große Verantwortung zu (ORLANDO et al., 2015). Statt Kompensationszertifikate für Energieholzproduktion und die zugehörigen Erzeugungsanlagen zu kaufen, kann diese Emissionsvermeidung direkt in die Bilanz der Kommune eingerechnet werden.

Wichtig für die Landwirte ist neben dem finanziellen Anreiz und der Wirtschaftlichkeit vor allem Aufklärung und Informationen über Bewirtschaftungstechniken und -ausstattung. Dabei sollten Bildungsprogramme über Agroforstsysteme helfen, die auch durch öffentliche Hand initiiert werden könnten (FÜRTNER et al., 2022; HERNÁNDEZ-MORCILLO et al., 2018). Durch Information kann die Skepsis gegenüber dem Wechsel von konventioneller Landwirtschaft auf KUP abgebaut werden. Modellprojekte wie das Hackschnitzel-Heizhaus in der Lausitz können als praktische Beispiele ebenfalls zur Veranschaulichung dienen und Bedenken bei den Landwirten abbauen.

Die Lage auf dem Energiemarkt ist zurzeit angespannt. Auf Russlands Angriffskrieg gegen die Ukraine seit Februar 2022 reagierten viele Länder mit Sanktionen gegen Russland, wie beispielsweise die EU mit einem Teilembargo von russischem Rohöl (mit Ausstiegsfristen). Eine Antwort Russlands auf die Sanktionen ist der Exportstopp von Gas, was wiederum zu Lieferengpässen in Europa führt. Die Brennstoffpreise in Deutschland sind seitdem stark gestiegen, die Abhängigkeit von den wenigen Lieferanten fossiler Brennstoffe weltweit wird dadurch mehr als deutlich (CONCEIÇÃO, 2022; KOLEV & OBST, 2022). Diese Entwicklung macht einen dezentralen, regionalen Ansatz in der Energieerzeugung wieder attraktiv. Denn durch den Preisanstieg der fossilen Brennstoffe verkleinert sich der finanzielle Unterschied zwischen der Investition in Erneuerbare Energien und dem Import fossiler Brennstoffe. Biomasse-Heizhäuser, beispielsweise mit Hackschnitzeln betrieben, sind eine Möglichkeit, um sich in kurzer Zeit aus dieser Abhängigkeit zu lösen (HECK et al., 2014).

5.3 Schlussfolgerung

Die Schwierigkeiten einer Zertifizierung von Agrarholz-Anbau als KUP zur Energieholz-Produktion wurden identifiziert. Der Anbau stellt keine gesicherte zusätzliche CO₂-Speicherung dar. Der Zertifizierungsmechanismus des Emissionshandels rückt jedoch die Kohlenstoffspeicherung in den Mittelpunkt. Das gilt für die verpflichtenden sowie für die freiwilligen Märkte. Das Vermeidungspotenzial von Energieholz als erneuerbarer Energieträger, das auf die Substitution von fossilen Brennstoffen zurückzuführen ist, ist politisch vorgesehen. Es kann daher nicht mehr als zusätzliche Maßnahme gewertet werden. Vor allem in der EU und somit auch in Deutschland gibt es mittlerweile viele Regelungen zur Kohlenstoffbilanzierung in den verschiedenen Sektoren wie in der Landwirtschaft und -nutzung. Dazu kommen die bestehenden nationalen Emissionshandelssysteme, die diesen Mechanismus ebenfalls einschränken. Die politischen Ziele bezüglich der Emissionsminderungen innerhalb der EU und in Deutschland sind sehr ambitioniert. Werden die erzielten Minderungsleistungen aus z.B. Agroforstwirtschaft an Dritte verkauft und aus der Bilanzierung herausgerechnet, haben die EU oder Deutschland noch geringere Chancen, ihre Minderungsziele wie beispielsweise Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen. Kleine streifenförmige Flächen, die mit kostspieligem Monitoring kontrolliert werden, sind für eine Zertifizierung nicht besonders rentabel. Vor allem nicht in EU-Ländern, in denen die Bewirtschaftung infolge höherer Personalkosten teurer ist als beispielsweise im globalen Süden. Zudem trägt sich das Anbau-System in Europa nach anfänglicher Investition in den meisten Fällen selbst. Zwar ist es noch nicht vergleichbar profitabel mit anderen Ackerkulturen, jedoch steigt die Wirtschaftlichkeit im Moment in Hinblick auf die steigenden Energiepreise der fossilen Energieträger. Hackschnitzel profitieren gerade am Markt durch einen erheblichen Preisvorteil, die Investition wird somit attraktiver. Ob nun von finanzieller Zusätzlichkeit gesprochen werden kann, ist deshalb strittig. Demzufolge kommt die vorliegende Arbeit zu dem Schluss, dass es keinen sinnvollen Weg gibt, Agrarholz-Anbau zur Energieholz-Produktion in Deutschland zu zertifizieren.

Doch AC-Systeme sollten nicht nur unter dem Aspekt der CO₂-Speicherkapazität betrachtet werden. Sie haben vielfältige ökologische Vorteile: Sie machen die Kulturlandschaft strukturreicher und erhöhen durch neue Lebensräume und Habitate die Biodiversität. Die Bewirtschaftung wird zumindest auf einem Teil der Fläche extensiviert. Der Klimawandel erfordert eine resilientere Landwirtschaft, die Extremwetterereignisse und deren verheerende Auswirkungen abpuffern kann. Gleichzeitig bringt die Produktion von Energieholz den Erneuerbaren-Energien-Sektor voran und hilft Deutschland, seine Minderungsziele im Rahmen des Pariser Klimaabkommens zu erreichen. Deswegen ist die Förderung von Agroforstsystemen wünschenswert.

Statt auf restriktivere Regeln seitens der Gesetzgeber und besseres Monitoring im Emissionshandel zu hoffen, wäre es effektiver, die schon bestehende Direktzahlungen der öffentlichen Hand auszubauen. Die bekannten Strukturen des Fördersystems der GAP sind den Landwirten vertraut. Die Kohlenstoff-Sequestrierung steht im Fördersystem der Eco Schemes (Säule I) und ELER (Säule II) nicht im Mittelpunkt, sondern das Management der Fläche. Honoriert werden Maßnahmen, die nachweislich dem Klima- und Biodiversitätsschutz dienen und die Landwirtschaft nachhaltig resilienter machen. Wenn die EU ihre ambitionierten Minderungsziele erreichen will, müsste sie dafür Anreize setzen. Beim Zertifikatshandel müsste sie ein verlässliches Monitoring garantieren und den Umgang mit Doppelbeanspruchung zu regeln. Tut sie das nicht, lagert sie die Verantwortung für die eigenen Ziele aus. Die Eco Schemes der GAP stufen Agroforstflächen und KUP ab 2023 als förderfähig ein. Zwar wird die Förderung aufgrund ihrer Höhe kritisiert, aber der erste Schritt ist getan. In der nächsten Förderperiode sollte die Förderhöhe angepasst werden, sodass sich die Investitionskosten decken und/oder ein gewisser Ausgleich zu den sonstigen Bewirtschaftungsformen besteht, um einen echten Anreiz zu schaffen.

Potential liegt außerdem in der Zukunft auch in PiKs im Rahmen des BNatschG. Hier besteht noch Forschungsbedarf, um den Finanzierungsmechanismus sinnvoll auszubauen. Im nächsten Schritt bedarf es Regelungen in allen Bundesländern, um die Maßnahmen umsetzbar zu machen.

Auch Kommunen können Agrarholz-Flächen als Ausgleichmaßnahmen zum Beispiel für Neubauten oder andere Flächenversiegelung begründen. Klimaschonendere Energiemanagementpläne können Energieerzeugung aus Holzhackschnitzeln beinhalten, z.B. durch ein kommunales BHKW, welches Einrichtungen wie Schwimmbäder oder Schulen mit Wärme und Strom versorgt. Dadurch steigt die regionale Nachfrage nach Energieholz. Um die Transportwege kurz zu halten, können Kommunen gemeindeeigene Flächen an Landwirte in der Umgebung verpachten. So können sie zum Aufbau neuer, regionaler Wertschöpfung im Bereich Erneuerbare Energie beitragen und die Landwirte bei der Anlage von Agrarholz-Flächen unterstützen. In den Kommunen scheitert eine Zertifizierung solcher Energieerzeugungsanlagen als Kompensationsmaßnahme am nationalen Brennstoffemissionshandel.

Wichtig sind vor allem Leuchtturm-Projekte, die als Vorbild fungieren und Umsetzbarkeit demonstrieren. Da die Gegebenheiten sehr unterschiedlich sein können, ist eine Bandbreite an Beispielen wichtig. Die Wissenslücken sollten mit praktischen Beispielen im Laufe der Zeit geschlossen werden. Mithilfe der Modellprojekte kann eine Vernetzung unter Praktikern stattfinden, die Kommunen können dafür z.B. durch Begehungen oder Informationsveranstaltungen eine Plattform schaffen.

6 Zusammenfassung

Agrarholz-Anbau in Form von Alley-Cropping zur Brennholz-Produktion kann sowohl zu ökologischen Vorteilen auf dem Acker sowie zur Substitution von fossilen Brennstoffen beitragen. Auf dem Feld können die Bäume kombiniert mit Ackerpflanzen und/oder Tierhaltung die Bodenqualität verbessern und die Biodiversität fördern. Das landwirtschaftliche System wird resilienter und struktureicher.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Finanzierungsmechanismus des Emissionshandels, um den Ausbau von Agroforstsystemen auch von der finanziellen Seite her praktikabler zu machen. Es wurde untersucht, ob es möglich ist, Flächen mit streifenförmigem Agrarholz-Anbau in Deutschland durch Zertifizierung und Verkauf der CO₂-Äquivalente in den Emissionshandel einzubinden. Nach einer intensiven Literaturrecherche und der Betrachtung der bestehenden Emissionshandelssysteme kommt die Arbeit zu dem Ergebnis, dass eine Zertifizierung nicht zielführend ist. Den Fokus nur auf die Kohlenstoff-Speicherung des Anbaus zu legen, obwohl diese neben den anderen ökologischen Vorteilen eher gering ausgeprägt ist, greift zu kurz. Für die Durchführung einer Zertifizierung von Emissionen aus Klimaschutzprojekten ist die Zusätzlichkeit sowie die Permanenz ein ausschlaggebendes Kriterium. Beide Kriterien sind bei Agrarholz-Anbau schwer zu gewährleisten bzw. nachzuweisen. Das Monitoring von kleinen Flächen ist aufwendig und teuer, was sich im Zertifikatspreis niederschlägt und es möglicherweise für den Käufer unattraktiv macht. Die Emissionsminderungen, die bei der Substitution fossiler Brennstoffe durch z.B. Energieholz entstehen, sind von der Politik vorgesehen. In Deutschland wurde beispielsweise der Brennstoffemissionshandel beschlossen, der fossile Energieträger besteuert und dadurch erneuerbare Energieträger wie Energieholz begünstigt. Damit ist das Kriterium der Zusätzlichkeit nicht erfüllt.

Schlussfolgernd wäre ein Ausbau des bestehenden GAP-Fördersystems zum einen die logische Konsequenz aus den ambitionierten Klimaschutz-Zielen der EU und zum anderen der Einfachheit halber für die Landwirte eine gute Lösung. Agroforstsysteme sind in der neuen GAPDZV gesetzlich definiert und werden ab der Förderperiode 2023 bezuschusst. Dabei geht es um das Management der Fläche und nicht um die Kohlenstoff-Speicherung. Die Förderhöhe sollte in der nächsten Periode angeglichen werden, um einen realen Anreiz zu schaffen.

Kommunen können bei der Anlage der Flächen ebenfalls unterstützen, indem sie regionale Wertschöpfungsketten durch ein regeneratives Energie- und Wärmemanagement schaffen. BHKW, die mit Holzhackschnitzel betrieben werden, sichern den Landwirten in der Region die Energieholzabnahme. So werden Leuchtturmprojekte geschaffen, die eine mögliche Umsetzung demonstrieren.

7 Quellenverzeichnis

ANDOR, Mark, FRONDEL, Manuel, SOMMER, Stephan (2015): Reform des EU-Emissionshandels: Alternativen zur Marktstabilitätsreserve. (Bd. 87). Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

APPEL, Ilka, LANGEL, Nicole, VÖLKER, Vera, WAGNER, Andrea, WILLEN, Luise, BREI, Björn, HORNBERG, Claudia, KEYDEL, Anne, MCCALL, Timothy, STEINKÜHLER, Nadja, WATTENBERG, Yvonne (2013): Hinweise für Kommunen: Klimawandel und Klimaanpassung in urbanen Räumen – eine Einführung. (DEUTSCHES INSTITUT FÜR URBANISTIK GMBH (DIFU), UNIVERSITÄT BIELEFELD, Hrsg.)Komma Klima

ASADNABIZADEH, Majid (2019): Development of UN Framework Convention on Climate Change Negotiations under COP25: Article 6 of the Paris Agreement perspective. *Open Political Science*, 2 (1): S. 113–119. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1515/openps-2019-0012>

BÄRWOLFF, Manuela, REINHOLD, Gerd, FÜRSTENAU, Cornelia, JUNG, Linda, VETTER, Armin (2013): Gewässerrandstreifen als Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsysteme. (UMWELTBUNDESAMT, Hrsg.)UBA Texte, 2013 (94)

BEHR, Frederike, KAMLAGE, Jan-Hendrik (2015): Kommunaler Klimaschutz: Handlungsmöglichkeiten und Rahmenbedingungen in deutschen Städten und Gemeinden. *KWI-Working Paper*, 2 (2015)

BENDER, Bela, CHALMIN, Anja, REEG, Tatjana, KONOLD, Werner, SPIECKER, Heinrich, MASTEL, Klaus (2009): Agroforst-Systeme zur Wertholzerzeugung. Leitfaden für die Praxis. (1. Aufl.). Universität Freiburg

BERGER-GRABNER, Doris (2016): Wissenschaftliches Arbeiten in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. (3., aktualisierte und erweiterte Auflage.). Springer Gabler, Wiesbaden, 246 S. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-13078-7>

BLUM, Mareike, LÖVBRAND, Eva (2019): The return of carbon offsetting? The discursive legitimation of new market arrangements in the Paris climate regime. *Earth System Governance*, 2. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esg.2019.100028>

BMU (Hrsg.) (2019): Eckpunkte zur Ausgestaltung eines nationalen Emissionshandels für Wärme und Verkehr. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)

BMUB (HRSG.), UBA (HRSG.) (2017): Umweltbewusstsein in Deutschland 2016 - Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage

BRÜNIG, Gerd, DOMIN, Thomas, EHRRIT, Julia, KOPPLIN, Cristopher (2020): Bäume als Bereicherung für landwirtschaftliche Flächen: Ein Innovationskonzept für die verstärkte Umsetzung der Agroforstwirtschaft in Deutschland. (Christian BÖHM, Rico HÜBNER, Hrsg.). IG AUFWERTEN, Cottbus

BUNDESREGIERUNG (2016): *Klimaschutzplan 2050*. Kabinettsbeschluss. Bundesregierung, Berlin

CARBON MARKET WATCH (2015): *Fossil and Biological Carbon: a Tonne is not a Tonne*

CONCEIÇÃO, Pedro (2022): *The 2021/2022 Human Development Report*. (UNDP, Hrsg.) (Bd. 2021/22). Bernan Press, Lanham

COOPER, Harris M., HEDGES, Larry V., VALENTINE, Jeff C. (Hrsg.) (2009): *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. (2nd ed.). Russell Sage Foundation, New York, 615 S.

DEUTSCHER BUNDESTAG (HRSG.) (2019): *Sachstand: Anrechnung von klimaschützenden Maßnahmen im Ausland bei der Klimabilanzierung*. Nr. WD 8-3000-121/19. Deutscher Bundestag

DIETER, Matthias, ENGLERT, Hermann, WEIMAR, Holger (2021): Holz aus illegalem Einschlag in Deutschland und der EU. *Holz-Zentralblatt*, 2012 (10): S. 257–258

DON, Axel, OSBORNE, Bruce, HASTINGS, Astley, SKIBA, Ute, CARTER, Mette S., DREWER, Julia, FLESSA, Heinz, FREIBAUER, Annette, HYVÖNEN, Niina, JONES, Mike B., LANIGAN, Gary J., MANDER, Ülo, MONTI, Andrea, DJOMO, Sylvestre Njakou, VALENTINE, John, WALTER, Katja, ZEGADA-LIZARAZU, Walter, ZENONE, Terenzio (2012): Land-use change to bioenergy production in Europe: implications for the greenhouse gas balance and soil carbon. *GCB Bioenergy*, 4 (4): S. 372–391. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2011.01116.x>

DRÖGE, Susanne, GEDEN, Oliver (2015): *Die EU und das Pariser Klimaabkommen. Ambitionen, strategische Ziele und taktisches Vorgehen*. Stiftung Wissenschaft und Politik -SWP- Deutsches Institut für Internationale Politik und Sicherheit, 2015 (42)

DUPRAZ, C., LAWSON, G. J., LAMERSDORF, N., PAPANASTASIS, V. P., ROSATI, A., RUIZ-MIRAZO, J. (2018): *Temperate agroforestry: the European way*. In: A. M. GORDON, S. M. NEWMAN, B. R. W. COLEMAN (Hrsg.): *Temperate agroforestry systems* (2. Aufl., S. 98–152). CAB International, UK. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1079/9781780644851.0098>

ELKERBOUT, Milan, BRYHN, Julie (2022): *Carbon removals on the road to net zero: CEPS Policy Insights*, 22 (08)

ELLERMAN, Denny, JOSKOW, Paul (2008): *The European Union's Emissions Trading System in Perspective*. Pew Center Report, 17

ESPELAGE, Aglaja, BUTZENGEIGER, Sonja, GERES, Roland, WEIDACHER, Sengül, BEEG, Joe (2021a): *Artikel 6 des Pariser Abkommens und der freiwillige Markt für Treibhausgaskompensation*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn und Eschborn

ESPELAGE, Aglaja, BUTZENGEIGER, Sonja, GERES, Roland, WEIDACHER, Sengül, BEEG, Joe (2021b): *Vermeidung von Doppelzählung und Unterstützung der Gaststaaten im freiwilligen Markt*. Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn und Eschborn

EU COMISSION (2019): *European Green Deal*. Nr. COM(2019) 640 final. European Union, Brussels

EU COMISSION (2020): *Farm to Fork Strategy - For a fair, healthy and environmentally-friendly food system*. European Union, Brussels

EU COMISSION (2021, Dezember): *Sustainable Carbon Cycles*. EU Kommission, Brussels. Online verfügbar unter DOI: https://doi.org/10.1163/2210-7975_HRD-4679-0058

FÜRTNER, Daniela, PERDOMO ECHENIQUE, Enrique Alejandro, HÖRTENHUBER, Stefan J., SCHWARZBAUER, Peter, HESSER, Franziska (2022): *Beyond Monetary Cost-Benefit Analyses: Combining Economic, Environmental and Social Analyses of Short Rotation Coppice Poplar Production in Slovakia*. *Forests*, 13 (2): S. 349. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.3390/f13020349>

FUTURECAMP HOLDING GMBH, PERSPECTIVES CLIMATE GROUP GMB (2020): *Aktueller Stand des freiwilligen Treibhausgaskompensationsmarktes in Deutschland*. Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn und Eschborn

GEHRIG-FASEL, Jaqueline, GEHRIG, Martin, HEWLETT, Owen (2021): *Nature-based Solutions in Carbon Markets*. Stiftung Zukunft des Kohlenstoffmarktes, Frankfurt am Main

GERNER, Daria (2012): *Zuteilung der CO₂-Zertifikate in einem Emissionshandelssystem*. (Bd. 9). Institut für Wirtschaftsrecht an der Universität Kassel, Kassel, 98 S.

GOLD STANDARD (2019): *Principles & Requirements*. Gold Standard for the Global Goals. Online verfügbar unter URL: https://globalgoals.goldstandard.org/standards/101_V1.2_PAR_Principles-Requirements.pdf [30.09.2022]

GOLD STANDARD (2020): *Land Use & Forests Activity Requirements*. Gold Standard for the Global Goals. Online verfügbar unter URL: https://globalgoals.goldstandard.org/standards/203_V1.2.1_AR_LUF-Activity-Requirements.pdf [09.09.2022]

GOLD STANDARD (2022): *GHG Emissions Reduction & Sequestration Product Requirements*. Gold Standard for the Global Goals

GRAICHEN, Verena, FÖRSTER, Hannah, GRAICHEN, Jakob, HEALY, Sean, REPENNING, Julia, SCHUMACHER, Katja, DUSCHA, Vicki, FRIEDRICHSEN, Nele, LEHMANN, Sascha, ERDOGMUS, Gizem, HAUG, Ines, KIM, Solbin, ZAKLAN, Alexander, DIEKMANN, Jochen (2019): *Evaluierung und Weiterentwicklung des EU-Emissionshandels aus ökonomischer Perspektive für die Zeit nach 2020 (EU-ETS-7)*. (UBA, Hrsg.) Umweltbundesamt, 2019 (29): S. 289

GÜNZEL, Julia (2021): *Geplante Förderung von Agroforstsystemen entwickelt sich zum Förderflop*. Pressemitteilung. DeFAF e.V., Cottbus

HAMMAR, Torun, HANSSON, Per-Anders, SUNDBERG, Cecilia (2017): Climate impact assessment of willow energy from a landscape perspective: a Swedish case study. *GCB Bioenergy*, 9 (5): S. 973–985. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12399>

HARGITA, Yvonne, GERBER, Kristin, OEHMICHEN, Katja, DUNGER, Karsten, RÜTER, Sebastian (2016): Die Umweltauswirkungen der Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) in einem zukünftigen Klimaschutzabkommen. (UBA, Hrsg.) *Climate Change*, 2016 (32)

HÄRTERICH, Claudia, HARTMANN, Hauke, PETERSEN, Thieß (2021): *Geteilte Verantwortung beim globalen Klimaschutz*. Bertelsmann Stiftung

HECK, Peter, ANTON, Thomas, BÖHMER, Jörg, HUWIG, Patrick, MEISBERGER, Jochen, MENZE, Sebastian, PIETZ, Christoph, REIS, Alexander, SCHIERZ, Sara, SYNWOLDT, Christian, WAGENER, Frank, WANGERT, Susanne (2014): *Bioenergiedörfer - Leitfaden für eine praxisnahe Umsetzung*. (1. überarb. Aufl.). Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow-Prüzen, 168 S.

HENNENBERG, Klaus, BÖTTCHER, Hannes, BRAUNGARDT, Sibylle, KÖHLER, Benjamin, REISE, Judith, KÖPPEN, Susanne, BISCHOFF, Mascha, FEHRENBACH, Horst, PEHNT, Martin, WERLE, Mandy, MANTAU, Udo (2022): Aktuelle Nutzung und Förderung der Holzenergie - Teilbericht zu den Projekten BioSINK und BioWISE. (UBA, Hrsg.), 22 (12)

HERMWILLE, Lukas, KREIBICH, Nicolas (2016): Identity Crisis? Voluntary Carbon Crediting and the Paris Agreement. Wuppertal Institute, 2016 (2)

HERNÁNDEZ-MORCILLO, Mónica, BURGESS, Paul, MIRCK, Jaconette, PANTERA, Anastasia, PLIENINGER, Tobias (2018): Scanning agroforestry-based solutions for climate change mitigation and adaptation in Europe. *Environmental Science & Policy*, 80: S. 44–52. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.11.013>

HERTLE, Hans, WITTKÖTTER, Franziska, DÜNNEBEIL, Frank, RECHSTEINER, Eva, GUGEL BANJAMIN (2018): Kapitel B - Entwicklung von Klimaschutzkonzepten. In: DEUTSCHES INSTITUT FÜR URBANISTIK (Hrsg.): *Klimaschutz in Kommunen: Praxisleitfaden* (3., aktualisierte und erweiterte Auflage., S. 158–304). Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, Berlin

HIRSCHL, Bernd, ARETZ, Astrid, PRAHL, Andreas, BÖTHER, Timo (2010): *Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien*. (IÖW, Hrsg.) Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

HOLDERIEATH, Jason, VALDIVIA, Corinne, GODSEY, Larry, BARBIERI, Carla (2012): The potential for carbon offset trading to provide added incentive to adopt silvopasture and alley cropping in Missouri. *Agroforestry Systems*, 86 (3): S. 345–353. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9543-3>

HÜBNER, Rico (2022): Der Weg der Agroforstwirtschaft Entwicklung der politischen Rahmenbedingungen. (AGRARSOZIALE GESELLSCHAFT E.V., Hrsg.) *Ländlicher Raum*, 2022 (01): S. 30–32

IPCC (2022): Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels in context of strengthening response to climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. (1. Aufl.). Cambridge University Press. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157940>

ISERMEYER, Folkhard, HEIDECKE, Claudia, OSTERBURG, Bernhard (2019): Einbeziehung des Agrarsektors in die CO₂-Bepreisung. (Bd. 136). Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, DE. Online verfügbar unter URL: <https://doi.org/10.3220/WP1576588334000> [04.05.2022]

KALITA, Saurav, POTTER, Hanna Karlsson, WEIH, Martin, BAUM, Christel, NORDBERG, Åke, HANSSON, Per-Anders (2021): Soil Carbon Modelling in Salix Biomass Plantations: Variety Determines Carbon Sequestration and Climate Impacts. *Forests*, 12 (11)
Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.3390/f12111529>

KEMFERT, Claudia, SCHMALZ, Sophie, WÄGNER, Nicole (2019): *CO₂-Bepreisung im Wärme- und Verkehrssektor: Erweiterung des Emissionshandels löst aktuelles Klimaschutzproblem nicht*. Discussion Paper Nr. 1818. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin

KERN, Kristine, NIEDERHAFNER, Stefan, RECHLIN, Sandra, WAGNER, Jost (2005): Kommunalen Klimaschutz in Deutschland - Handlungsoptionen, Entwicklung und Perspektiven. Discussion Papers / Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Forschungsschwerpunkt Zivilgesellschaft, Konflikte und Demokratie, Abteilung Zivilgesellschaft und transnationale Netzwerke

KOLEV, Galina V, OBST, Thomas (2022): Gesamtwirtschaftliche Effekte eines höheren Gaspreises. (, INSTITUT DER DEUTSCHEN WIRTSCHAFT (IW), Hrsg.)IW-Kurzbericht, 2022 (14)
KONOLD, Werner (2018): Feldholzanbau im kurzen Umtrieb: ein Rückblick in die Geschichte. In: Maik VESTE, Christian BÖHM (Hrsg.): *Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft: Biologie - Ökologie - Management* (S. 17–56). Springer, Berlin. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49931-3>

KREIBICH, Nicolas, BRANDEMANN, Victoria, HERMWILLE, Lukas (2021): *Ein Preis für Treibhausgasemissionen*. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Wuppertal.

LESCHKE, Simon (2022): Entwicklung der Brennstoffpreise von 2012 bis 2022. Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)

LINDEGAARD, Kevin N., ADAMS, Paul W. R., HOLLEY, Martin, LAMLEY, Annette, HENRIKSSON, Annika, LARSSON, Stig, VON ENGELBRECHTEN, Hans-Georg, ESTEBAN LOPEZ, Gonzalo, PISAREK, Marcin (2016): Short rotation plantations policy history in Europe: lessons from the past and recommendations for the future. *Food and Energy Security*, 5 (3): S. 125–152. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.86>

- LINK, Greta, KRÜGER, Christine, RÖSLER, Cornelia, BUNZEL, Arno, NAGEL, Anna, SOMMER, Britta (2018): Kapitel A - Initiierung, Integration und Begleitung der kommunalen Klimaschutzaktivitäten. In: DEUTSCHES INSTITUT FÜR URBANISTIK (Hrsg.): Klimaschutz in Kommunen: Praxisleitfaden (3., aktualisierte und erweiterte Auflage., S. 1–157). Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, Berlin
- LUNDGREN, B, RAIN TREE, J.B (1983): *Sustainend Agroforestry*. nternational Councilfor Research in Agroforestry (ICRAF). [27.09.2022]
- LÜPKE, Heiner, PIANTIERI, Carlotta (2017): *Das Kyoto-Protokoll feiert 20. Geburtstag*. Nr. 5. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin
- MACHNIK, Denis, SCHAMBIL, Katrin, TÄNZLER, Dennis (2021): Infopapier zur Marktanalyse - Freiwillige Kompensation 2021. (UBA, Hrsg.)Umweltbundesamt, 2022 (22)
- MARTIN, Shaun, BARTLETT, Ryan, KIM, Marcella (2020): Enhancing NDCs through Nature-based Solutions. WWF
- MATTHEY, Astrid, BÜNGER, Björn (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten - Kostensätze. (UBA, Hrsg.)Umweltbundesamt, 2020 (12)
- MEYER, Matthias, TAVARES WAHREN, Filipa, WEBER, Norbert, ZALESNY, Ronald S., WEIH, Martin (2021): Sustainable Biomass Value Chains Based on Poplar Plantations in European Rural Areas. *BioEnergy Research*, 14 (2): S. 355–356. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1007/s12155-021-10275-3>
- MICHAELOWA, Axel, ESPELAGE, Aglaja, MÜLLER, Benito (2019): Negotiating cooperation under Article 6 of the Paris Agreement. European Capacity Building Initiative policy brief. Online verfügbar unter URL: <https://ecbi.org/sites/default/files/Article%206%202019.pdf> [20.06.2022]
- MICHAELOWA, Axel, ESPELAGE, Aglaja, WEBER, Anne-Kathrin, KESSLER, Juliana, HOCH, Stephan (2021): Ausgestaltung von nicht-marktbezogenen Ansätzen als Teil der Regelungen des Artikel 6 des Pariser Übereinkommens. (UBA, Hrsg.)Umweltbundesamt, 2021 (41)
- MICHAELOWA, Axel, WINKLER, Malte, ESPELAGE, Aglaja, KESSLER, Juliana, SINGH, Aayushi (2022): Built on Experience. *Carbon Mechanisms Review*, 10 (1): S. 17–23
- NAIR, P. K. R. (1985): Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 3 (2): S. 97–128. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00122638>
- NIETERS, Andreas (2018): *Nationale Klimabeiträge (NDCs)*. Positionspapier. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn
- NYSSENS, Célia (2021): *Carbon Farming for Climate, Nature and Farmers - Policy Recommendations*. European Environmental Bureau (EEB), Brussels
- ÖKO-INSTITUT E.V. (2021): Natürliche Senken – Die Potenziale natürlicher Ökosysteme zur Vermeidung von THG-Emissionen und Speicherung von Kohlenstoff. Modellierung des

LULUCF-Sektors sowie Analyse natürlicher Senken. Kurzgutachten zur dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. (DEUTSCHEN ENERGIE-AGENTUR GMBH (DENA), Hrsg.) Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena)

ORLANDO, Caterina, REIS, Alexander, THOME, Pascal (2015): Leitfaden Bürgernahwärmenetze im Rhein-Hunsrück-Kreis. (KREISVERWALTUNG RHEIN-HUNSRÜCK-KREIS, Hrsg.)

OTTO, Daniel (2017): Entstehung und Ausdifferenzierung des UN-Klimaregimes. In: Georg SIMONIS (Hrsg.): Handbuch Globale Klimapolitik (1. Aufl., S. 260–300). utb GmbH, Stuttgart, Deutschland. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.36198/9783838586724>

PAAR, Angelika, BERGK, Fabian, DINGELDEY, Miriam, HECKER, Clemens, HERHOFFER, Vanessa (2022): Klimaschutzpotenziale in Kommunen. (UBA, Hrsg.) Umweltbundesamt, 2022 (04)

RANACHER, Lea, POLLAKOVA, Barbora, SCHWARZBAUER, Peter, LIEBAL, Sandra, WEBER, Norbert, HESSER, Franziska (2021): Farmers' Willingness to Adopt Short Rotation Plantations on Marginal Lands: Qualitative Study About Incentives and Barriers in Slovakia. *BioEnergy Research*, 14 (2): S. 357–373. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1007/s12155-020-10240-6>

REEG, Tatjana (2009): Agroforstsysteme mit Wertholzbäumen im Landschaftsbild. In: Heinrich SPIECKER (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen (S. 325–334). Wiley-VCH, Weinheim

REEG, Tatjana, HAMPEL, J, HOHLFELD, F, MATHIAK, V, RUSDEA, E (2009): Agroforstsysteme aus Sicht des Naturschutzes. In: Heinrich SPIECKER (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen (S. 301–311). Wiley-VCH, Weinheim

REPENNING, Julia, HARTHAN, Ralph, BLANCK, Ruth, BÖTTCHER, Hannes, BRAUNGARDT, Sibylle, BÜRGER, Veit, EMELE, Lukas, GÖRZ, Wolf Christian, HENNENBERG, Klaus, JÖRß, Wolfram, LUDIG, Sylvie, MATTHES, Felix, MENDELEVITCH, Roman, MOOSMANN, Lorenz, NISSEN, Christian, RAUSCH, Lothar, SCHEFFLER, Margarethe, SCHUMACHER, Katja, WIEGMANN, Kirsten, WISSNER, Nora, ZERRAHN, Alexander, BRUGGER, Heike, FLEITER, Tobias, REHFELDT, Matthias, ROHDE, Clemens, SCHLOMANN, Barbara, YU, Songmin, STEINBACH, Jan, DEURER, Jana, OSTERBURG, Bernhard, RÖSEMANN, Claus, GENSIO, Andreas, ROCK, Joachim, STÜMER, Wolfgang, RÜTER, Sebastian, FUß, Roland, TIEMEYER, Bärbel, LAGGNER, Andreas, ADAM, Sascha (2021): *Projektionsbericht 2021 für Deutschland*. Umweltbundesamt

RICKELS, Wilfried, PETERSON, Sonja, FELBERMAYR, Gabriel (2019): Schrittweise zu einem umfassenden europäischen Emissionshandel. (KIEL INSTITUTE FOR THE WORLD ECONOMY (IFW), Hrsg.) Kiel Policy Brief, (No. 127)

RUGANI, Benedetto, GOLKOWSKA, Katarzyna, VÁZQUEZ-ROWE, Ian, KOSTER, Daniel, BENETTO, Enrico, VERDONCKT, Pieter (2015): Simulation of environmental impact scores within the life cycle of mixed wood chips from alternative short rotation coppice systems in Flanders (Belgium). *Applied Energy*, 156: S. 449–464. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.07.032>

SCHILLEM, Steffi (2018): Baumarten für die Agrarholzproduktion. In: Maik VESTE, Christian BÖHM (Hrsg.): Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft: Biologie - Ökologie - Management. Springer, Berlin. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49931-3>

SCHULZE, Carmen (2020a): Analyse der kommunalen Wertschöpfung einschließlich potentieller Wertschöpfungssteigerungsmöglichkeiten mit Blick auf regional verfügbare Energieträger aus Agroforstwirtschaft. IG AUFWERTEN, (#24)

SCHULZE, Carmen (2020b): Schlüsselkriterien von Landeigentümern für und gegen Agroforstsysteme mit Lösungsvorschlägen. IG AUFWERTEN, (#57)

SCHWARZ, Benjamin, PISTORIUS, Till, SEEBAUER, Mathias (2021): *Nature-based Solutions im freiwilligen Kohlenstoffmarkt: Aktuelle Bedeutung und Potenziale*. Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn und Eschborn

SMEKUL, REFERAT KLIMASCHUTZ, KLIMAANPASSUNG (2021): *Energie- und Klimaschutzprogramm Sachsen*. Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL), Dresden

STRÖBELE, Wolfgang (2005): Klimapolitik: Kyoto-Protokoll und Emissionshandel für CO₂-Zertifikate in der EU. Perspektiven der Wirtschaftspolitik, 6 (3): S. 325–346. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1465-6493.2004.00183.x>

STRÖBELE, Wolfgang (2022): Energiewende einfach erklärt: Von guten Absichten und unbequemen Fakten. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-36691-9>

TSONKOVA, Penka, BÖHM, Christian (2022): Umweltleistungen von Agroforstsystemen. (AGRARSOZIALE GESELLSCHAFT E.V., Hrsg.) Ländlicher Raum, 2022 (01): S. 38–41

UBA (HRSG.) (2016): Rechtliche Argumentationshilfe: Anpassung an den Klimawandel im Rahmen der kommunalen Daseinsvorsorge. Umweltbundesamt

UNFCCC (1998): *Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen*

UNFCCC (2016): *Paris Agreement*

VESTE, Maik, BÖHM, Christian (Hrsg.) (2018a): Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft: Biologie - Ökologie - Management. Springer, Berlin. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49931-3>

VESTE, Maik, BÖHM, Christian (Hrsg.) (2018b): Agrarholzanbau im Kontext einer modernen Landwirtschaft. In: Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft: Biologie - Ökologie - Management (S. 57–80). Springer, Berlin. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49931-3>

VOLLMER, Miriam (2018): Aller guten Dinge sind vier? Der europäische Rechtsrahmen für die vierte Handelsperiode des Emissionshandels von 2021 bis 2030. *Natur und Recht*, 40 (6): S. 365–368. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1007/s10357-018-3348-8>

Voss, Rödiger (2019): *Wissenschaftliches Arbeiten*. (6., überarbeitete Auflage.). UVK Verlag, München, 206 S.

VOSSEN, Bjela (2021): *LULUCF – Grünrechnen oder Klimarettung durch natürliche CO₂-Senken?* Deutscher Naturschutzring (DNR), Berlin

WALTER, Katja, DON, Axel, FLESSA, Heinz (2015): No general soil carbon sequestration under Central European short rotation coppices. *GCB Bioenergy*, 7 (4): S. 727–740. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12177>

WIESMEIER, Martin, MAYER, Stefanie, PAUL, Carsten, HELMING, Katharina, DON, Axel, FRANKO, Uwe, FRANKO, Markus, KÖGEL-KNABNER, Ingrid (2020): CO₂-Zertifikate für die Festlegung atmosphärischen Kohlenstoffs in Böden: Methoden, Maßnahmen und Grenzen. BonaRes-Zentrum für Bodenforschung. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.20387/BONARES-F8T8-XZ4H>

WOLBERT-HAVERKAMP, Matthias, MUSSHOF, Oliver (2014): Are short rotation coppices an economically interesting form of land use? A real options analysis. *Land Use Policy*, 38: S. 163–174. Online verfügbar unter DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.10.006>

WOLTERS, Stephan, NETT, Katharina, VOGEL, Dana (2015): *Freiwillige Kompensation von klimawirksamen Emissionen. Ratgeber zu Qualitätsstandards*. adelphi/sustainable, Berlin

WOLTERS, Stephan, SCHALLER, Stella, GÖTZ, Markus (2018): *Freiwillige CO₂-Kompensation durch Klimaschutzprojekte*. Ratgeber. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

ZEHLIUS-ECKERT, Wolfgang (2017): Moderne Agroforstsysteme als Option für die produktionsintegrierte Kompensation (PIK) Potenzial, aktuelle Situation und Verbesserungsvorschläge. In: *Bäume in der Land(wirt)schaft – von der Theorie in die Praxis* (S. 25–34). IG AUFWERTEN, Cottbus

ZEHLIUS-ECKERT, Wolfgang (2022): Rechtliche Rahmenbedingungen der Agroforstwirtschaft in Deutschland. (AGRARSOZIALE GESELLSCHAFT E.V., Hrsg.) *Ländlicher Raum*, 2022 (01): S. 33–35

ZKL (HRSG.) (2021): *Zukunft Landwirtschaft. Eine geimeingesellschaftliche Aufgabe*. Zukunftskommission Landwirtschaft (ZKL), Berlin

8 Anhang

8.1 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: ÜBERSICHT DER KOHLENSTOFFMÄRKTE IN DEUTSCHLAND UND DIE ZUGEHÖRIGEN CO ₂ -ZERTIFIKATE ..	16
ABBILDUNG 2: PRESENTWICKLUNG FÜR SCHEITHOLZ, HACKSCHNITZEL UND HOLZPELLETS IM VERGLEICH ZUM HEIZÖLPREIS (VGL. C.A.R.M.E.N.E.V., HTTPS://WWW.CARMEN- EV.DE/SERVICE/MARKTUEBERBLICK/MARKTPREISEENERGIEHOLZ/MARKTPREISVERGLEICH/) ..	35
ABBILDUNG 3: ÜBERSICHT DER POTENTIELLEN ZERTIFIZIERUNG VON AGRARHOLZ-PROJEKTEN IM EUROPÄISCHEN UND NATIONALEN EMISSIONSHANDEL UND DEREN HEMMENDE FAKTOREN	41

8.2 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: KLASSIFIKATION VON MODERNEN AGROFORSTSYSTEMEN	8
TABELLE 2: KATEGORIEN ZUR BEANTWORTUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN	29

Hiermit erkläre ich, dass ich die von mir am heutigen Tage eingereichte Bachelorarbeit zum Thema

CO₂-Zertifizierung von Agrarholz-Anbau – ein mögliches Finanzierungsinstrument?

vollkommen selbständig und nur unter Benutzung der in der Arbeit angegebenen Literatur angefertigt habe.

Die Verbindung mit Betrieben, staatlichen Organen oder Einrichtungen usw. wurde nur in den in der Arbeit genannten Fällen im Einverständnis mit dem Betreuer aufgenommen.

Dresden, den



.....
Unterschrift

Erklärung

Hiermit erteile ich der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden, Zweigbibliothek Forstwesen, das Recht, meine Bachelorarbeit in ihren Räumlichkeiten für jegliche Bibliotheksbenutzung - einschließlich der Präsenznutzung – bereitzustellen.

M. Peteru

.....
Datum, Unterschrift des Verfassers