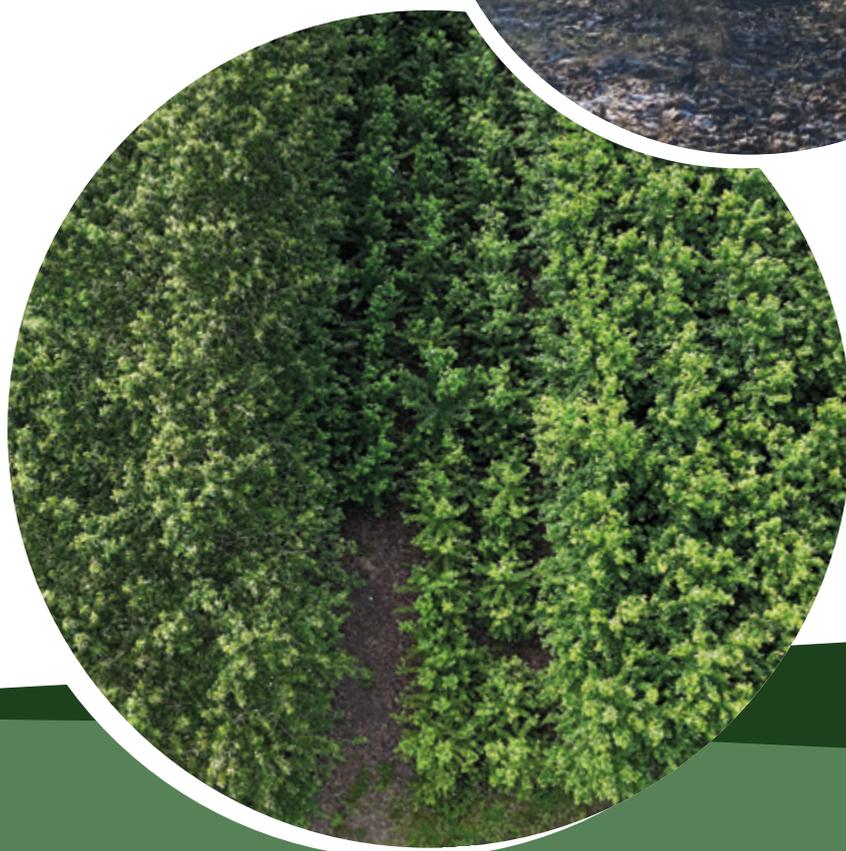


Themenblatt Nr. 10: **Klimawirksamkeit von Agroforstsystemen**





Herausgeber:

Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V.
Karl-Liebknecht-Straße 102 - Haus B, 03046 Cottbus
Tel.: +49 (0) 355 752 132 43
Mail: info@defaf.de
Internet: www.defaf.de



März 2025, 1. Auflage

Autoren: Christian Böhm, Georg Eysel-Zahl, Rico Hübner, Sonja Kay, Wolfram Kudlich, Ernst Kürsten, Christopher Morhart, Konstantin Schwarz, Janos Michael Wack, Michael Weitz, Wolfgang Zehlius-Eckert

Design: DeFAF e.V.

Copyright Fotos: Titelseite oben: I. Frenzel, Titelseite unten rechts, S. 12 unten, S. 17, S. 22, S. 31: R. Hübner, Titelseite unten links, S. 27: L. Bessert; S. 5, S. 9: C. Böhm, S. 12 oben: E. Wiedermann



Der Druck des Themenblattes wurde im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms Horizont Europa der Europäischen Union unter der Fördernummer 101060635 (REFOREST) gefördert. Dieses Themenblatt spiegelt ausschließlich die Meinung der Autor:innen wider, und die Europäische Union übernimmt keine Verantwortung für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen.

Rechtliches:

Copyright © 2025 DeFAF e. V. Die Rechte auf diesem Themenblatt sind vorbehalten. Das Kopieren des Skriptes, die auszugsweise Vervielfältigung, die Digitalisierung sowie die Weitergabe an Dritte ist ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers nicht zulässig. Für die Vollständigkeit und die Richtigkeit des Inhaltes wird keinerlei Gewähr gegeben.



Die wichtigsten Fakten dieses Themenblattes ganz kompakt

- Agroforstsysteme leisten einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz, indem sie als Kohlenstoffsенke wirken. Die durchschnittliche Minderungswirkung beträgt durchschnittlich 10 t CO₂Äq pro Hektar und Jahr.
- Um die rechtlich festgelegten Klimaschutzziele zu erreichen, müssen Agroforstsysteme rasch in großem Umfang umgesetzt werden. Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen kann das zu erschließende Potential auf etwa 1 Mio. Hektar Gehölzfläche geschätzt werden.
- Durch die Skalierung von Agroforstsystemen würden zugleich wertvolle Beiträge zur Sicherung der landwirtschaftlichen Erträge in Zeiten des Klimawandels geleistet und zahlreiche wichtige Ökosystemleistungen bereitgestellt werden (u.a. Schutz gegen Wind- und Wassererosion und Sturzfluten, Kühlung der Landschaft in Hitzeperioden, mehr Arten- und Strukturvielfalt in der Landschaft).
- Aktuell besteht zwischen dem möglichen Klimaschutzpotential der Agroforstwirtschaft und ihrer Stellung in den derzeit vorliegenden Klimaschutzprogrammen der Bundesrepublik Deutschland eine große Diskrepanz. Um diese aufzulösen, sollte die Agroforstwirtschaft als konkrete Klimaschutzmaßnahme benannt und effektive Maßnahmen für deren Umsetzung ergriffen werden.
- Für die verstärkte Umsetzung von Agroforstsystemen sind finanzielle Anreize unerlässlich. Hierbei stellt die Einbeziehung der Agroforstwirtschaft in den Kohlenstoffzertifikatehandel zur gezielten Entlohnung der zusätzlichen CO₂-Senkenleistung eine vielversprechende Option dar. Zugleich bedarf es intensiver Anstrengungen zur Verbreitung von Fachwissen bei Landeigentümern und -nutzern, sowie Behörden und Politikern.

Anlass und Zielstellung

Die immer stärker spürbar werdenden Auswirkungen des Klimawandels erhöhen den Druck, den Schutz des Klimas zu intensivieren. Ausgehend von der „Pariser Klimakonferenz“ (COP 21) im Jahr 2015, auf der sich die Staatengemeinschaft erstmals völkerrechtlich verbindlich darauf geeinigt hat, die Erderwärmung auf deutlich unter 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, wurden für Deutschland konkrete Ziele zur Vermeidung von Treibhausgasen (THG) sowie zur Bindung von Kohlendioxid (CO₂) rechtlich verankert. Gemäß dem Pariser Klimaschutzabkommen sind auch in den Bereichen Landwirtschaft und Landnutzung konkrete Klimaschutzziele zu erfüllen. Hierbei herrscht allgemeiner Konsens, dass eine landwirtschaftliche Nutzung nicht emissionsfrei erfolgen kann. Da jedoch auch hier Klimaneutralität angestrebt wird, sind Maßnahmen dringend erforderlich, die zu einer zusätzlichen Bindung von CO₂ aus der Atmosphäre beitragen.

Solche Klimaschutzmaßnahmen reichen von vergleichsweise (kosten-)günstigen, naturbasierten Ansätzen bis zu sehr aufwendigen und teuren technischen Lösungen. Im Bereich der Landnutzung bietet das Pflanzen von Bäumen und Sträuchern in Form der Agroforstwirtschaft ein erhebliches Potential für die Umsetzung naturbasierter Ansätze. CO₂ wird aus der Atmosphäre entzogen, Sauerstoff (O₂) produziert und Kohlenstoff (C) für längere Zeiträume gespeichert. Die C-Speicherung (auch C-Sequestrierung) erfolgt unmittelbar in der ober- und unterirdischen Biomasse. Gleichzeitig wird die C-Bindung durch den Aufbau von Humus im Boden unterstützt.

Deutlich wurde die Effizienz von Agroforstsystemen in einer EU-weiten Studie, in der verschiedene landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmethoden (u.a. Verzicht auf Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau, Agroforstwirtschaft) hinsichtlich ihrer Klimaschutzwirksamkeit – gemessen in Kohlendioxid-Äquivalenten (CO₂Äq) – verglichen wurden [1]. Die Agroforstwirtschaft stellte gemäß dieser Studie die klimawirksamste Bewirtschaftungsmethode dar. Ihr Potential wurde mit 90 % des Gesamtpotentials der untersuchten Maßnahmen als wichtigster und größter verfügbarer Hebel angegeben.

Ein weiterer großer Vorteil der Agroforstwirtschaft ist ihre Multifunktionalität. So werden durch sie nicht nur bedeutende Beiträge zum Klimaschutz erbracht, sondern auch weitere wichtige Leistungen bereitgestellt, die für die Ziele einer zukunftsorientierten Landwirtschaft von erheblicher Bedeutung sind. Agroforstsysteme tragen unter anderem dazu bei, die Klimaresilienz landwirtschaftlich genutzter Flächen zu erhöhen, die biologische Vielfalt zu fördern und den Boden- und Gewässerschutz zu verbessern [2]. Daher ist es wichtig, sich zu verdeutlichen, dass Agroforstsysteme – selbst, wenn sie überhaupt keinen Kohlenstoff binden würden – durch diese zusätzlichen Leistungen dennoch sehr wertvoll wären. Diese vielfältigen Eigenschaften steigern den gesellschaftlichen Wert von Agroforstsystemen immens. Und das bei gleichzeitiger Produktion holziger Biomasse für die stoffliche und energetische Verwertung sowie von Futter- und Nahrungsmitteln. Aus der Perspektive der Gesellschaft ist folglich die Investition in diese Form der Landnutzung (beispielsweise im Rahmen der Agrarförderung) als sehr effizient zu betrachten, denn es wer-

den mit der Förderung von nur einer Maßnahme stets mehrere Ziele adressiert, sowohl mit Blick auf die landwirtschaftliche Bewirtschaftung als auch in Bezug auf die Gesellschaft allgemein. Diesen Umstand unterstreichen auch die Ausführungen des Weltklimarates (IPCC), der in seinem 800 Seiten mächtigen „Sondergutachten über Klimawandel und Landsysteme“ der der Agroforstwirtschaft weltweit nicht nur beträchtliche, sondern – volkswirtschaftlich betrachtet – vor allem kostengünstig umzusetzende Potentiale beimisst [3]. Die Agroforstwirtschaft muss als effiziente Klimaschutzstrategie im Bereich der Landnutzung auch in Deutschland künftig eine bedeutende Rolle einnehmen, da auf ihren Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele nicht länger verzichtet werden kann. Um dies in der Praxis umzusetzen, müssen allerdings die politischen und sozioökonomischen Rahmenbedingungen zeitnah noch weiter deutlich verbessert werden.

Ein weiterer, sehr wichtiger Hebel für mehr Agroforstwirtschaft können marktwirtschaftliche Mechanismen sein. In diesem Kontext ist es als Erfolg zu werten, dass sich auf europäischer Ebene die Kommission, das Parlament und der Rat auf ein Rahmenwerk für die Zertifizierung von CO₂-Senkenleistungen einigten. Mit der *Carbon Removals and Carbon Farming Certification (CRCF) Regulation* wurde ein EU-weiter, freiwilliger Rahmen für die Zertifizierung von Maßnahmen zur CO₂-Entnahme initiiert. Hierbei wird nach drei Aktivitäten differenziert: 1) Langzeit-Entnahme von CO₂ (Festlegung > 100 Jahre; z. B. technische C-Senke durch Abscheiden und Speichern von CO₂), 2) C-Speicherung in Produkten (≥ 35 Jahre; z. B. Pflanzenkohle, Holzbaustoffe) [4] und 3) Art der Landnutzung bzw. Landbewirtschaftung (≥ 5 Jahre; z. B. Vernässung von Mooren, Agroforstwirtschaft) [5]. Auf diese Weise sollen künftig Maßnahmen, die durch C-Bindung zusätzlich Emissionen kompensieren, monetär honoriert werden. So eröffnen sich im Zusammenwirken mit handelbaren CO₂-Zertifikaten neue Finanzierungs- und Umsetzungsoptionen, die unbedingt auch für die Agroforstwirtschaft genutzt werden sollten. Da sich Agroforstsysteme im Landnutzungsbereich durch eine vergleichsweise sehr hohe Klimaschutzwirkung auszeichnen und die Landwirtschaft zeitgleich immer häufiger und intensiver von Extremwetterereignissen betroffen ist, könnte die Nachfrage nach diesen Landnutzungssystemen künftig deutlich zunehmen.



Voraussetzung hierfür sind allerdings eine allgemein gültige Anerkennung und Quantifizierung der Klimaschutzwirkung von Agroforstsystemen. Daher ist es das Ziel dieses Themenblattes, die Klimawirksamkeit von Agroforstsystemen auf der Basis wissenschaftlicher Studien einzuordnen. Im Fokus steht dabei zunächst die quantifizierbare C-Speicherung in der ober- und unterirdischen Holzbiomasse. Aufgezeigt werden aber auch, auf welchen Wegen darüber hinaus die Agroforstwirtschaft zum Klimaschutz beitragen kann und wie weit die Nutzung dieses Potentials und die Umsetzung in Deutschland derzeit noch voneinander entfernt sind. Die diesem Themenblatt zu Grunde liegende Analyse enthält darüber hinaus wichtige Eckpunkte für die Erstellung des Delegierten Rechtsakts im Rahmen der CRCF, der bis Juni 2025 fertiggestellt werden soll. In diesem Kontext sind konkrete Anforderungen an die Überwachung, Berichterstattung und Überprüfung der Kohlenstoffbindung bzw. -freisetzung sowie an die mit der Agroforstwirtschaft verbundenen THG-Emissionen auszuarbeiten.

Einordnung nach Klimaschutzsektoren

Vor dem Hintergrund des Pariser Klimaschutzabkommens beschloss die Bundesregierung im November 2016 den „Klimaschutzplan 2050“ [6]: Darin werden die klimaschutzpolitischen Grundsätze und Ziele der Bundesregierung beschrieben. Der Plan orientiert sich am Leitbild einer weitestgehenden Treibhausgasneutralität, wobei bis 2030 im Vergleich zu 1990 mindestens 55 % weniger Treibhausgase (THG) emittiert werden sollen. Im „Klimaschutzplan 2050“ wurde das Gesamtziel der CO₂-Einsparung erstmals auch auf einzelne Sektoren heruntergebrochen und 2019 mit Verabschiedung des ersten Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) [7] in nationales Recht umgesetzt. Die Systematik in der Differenzierung nach Klimaschutzsektoren wurde gleichfalls übernommen und entspricht internationalen wie EU-Bilanzierungsstandards.

2021 wurden von der Bundesregierung noch ambitioniertere Ziele beschlossen, wonach die THG-Emissionen bis 2030 auf 65 % gegenüber 1990 reduziert werden sollen, um in Deutschland bereits 2045 Treibhausgasneutralität zu erreichen bzw. klimaneutral zu werden. Mit der dritten Änderung des KSG im Jahr 2024 wurden die starren Sektorziele zu Gunsten von sektorübergreifenden Jahresemissionsgesamtmengen aufgegeben [8]. Diese dürfen zwar in den jeweiligen Jahren nicht überschritten werden, jedoch sind bilanzneutrale Verschiebungen zwischen den einzelnen Sektoren erlaubt. Das heißt, geringere THG-Emissionen in einem Sektor können durch sehr starke THG-Reduktionen in einem anderen Sektor kompensiert werden.

Gemäß Anlage 1 des KSG wird bei der Bewertung des Klimaschutzbeitrages nach sieben Sektoren unterschieden [8]. Bei sechs dieser Sektoren handelt es sich um sogenannte CO₂-Quellen. Diese sind zusammen mit den rechtlich festgelegten zulässigen Jahresemissionsmengen für die Jahre 2020 und 2030 in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Im Klimaschutzgesetz festgelegte, zulässige Jahresemissionsmengen für 2020 und 2030.

Klimaschutzsektor	Jahresemissionsmenge [in Mio. Tonnen CO ₂ Äq]	
	2020	2030
1. Energiewirtschaft	280	108
2. Industrie	186	118
3. Gebäude	118	67
4. Verkehr	150	85
5. Landwirtschaft	70	56
6. Abfallwirtschaft und Sonstiges	9	4
7. Landnutzung, Landnutzungs- änderung und Forstwirtschaft (LULUCF)	Bestandskonto, keine Limitationen Zielwert Netto-THG-Senke -25	
Jahresemissionsgesamtmenge	813	438

Quelle: [8]

Der siebte Sektor befasst sich mit Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (*Land Use, Land Use Change and Forestry*, LULUCF). Hierbei handelt es sich – anders als bei den vorgenannten sechs Sektoren – nicht per se um eine Quelle, sondern um ein Bestandskonto des sich in natürlichen Prozessen bewegenden Kohlenstoffs. Es wird jährlich per Inventur ermittelt, ob innerhalb des Sektors im Jahresvergleich (Saldo) zusätzlich Kohlenstoff gespeichert (Senke) oder Kohlenstoff freigesetzt wurde [9]. So ist beispielsweise ein bereits vorhandener Waldbestand keine Senke, sondern nur dessen Beitrag in Form einer über den vorhandenen Holzvorrat hinausgehenden Zuwachsleistung.

Unbedingtes Ziel ist es, dass bilanziell mehr CO₂Äq gebunden als freigesetzt werden und der LULUCF-Sektor somit als Senke fungiert. Nur so können teils unvermeidbare oder aufwändig zu reduzierende Emissionen aus den anderen sechs Sektoren, wie zum Beispiel der Landwirtschaft, kompensiert werden. Deutschland hat sich dabei gemäß des KSG 2024 folgende Ziele für den LULUCF-Sektor gesetzt [8]:

- bis 2030 sollen im Jahresmittel 2027-2030 im Saldo mindestens 25 Mio. Tonnen CO₂Äq,
- bis 2040 sollen im Jahresmittel 2037-2040 im Saldo mindestens 35 Mio. Tonnen CO₂Äq,
- bis 2045 sollen im Jahresmittel 2041-2045 im Saldo mindestens 40 Mio. Tonnen CO₂Äq pro Jahr eingebunden werden.

Hierbei ist es wichtig zu beachten, dass es sich bei den Zielwerten um Salden handelt, also sowohl die Senken- als auch die Quellenwirkung der für diesen Sektor relevanten Maßnahmen berücksichtigt werden. Ob diese Ziele unter den aktuellen Rahmenbedingungen erreicht werden können, bleibt derzeit allerdings fraglich. So war der Saldo der Treibhausgasemissionen aus dem LULUCF-Sektor in den vergangenen Jahren häufig positiv und betrug beispielsweise im Jahr 2022 netto ein Plus von 4,4 Mio. Tonnen CO₂Äq [10]. Dieser Sektor fungiert daher aktuell eher als Quelle denn als Senke. Durch Stürme sowie die ausgeprägten Dürrephasen der letzten Jahre und das damit verbundene Waldsterben wurde dieser Effekt verstärkt. Maßnahmen, die zu einer Senkenleistung des LULUCF-Sektors führen, sind daher dringend geboten.



Schon gewusst?

Unser Wald stellt aktuell keine Kohlenstoff-Senke mehr dar

Die Ende 2024 vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) veröffentlichten Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur offenbarten, dass der Kohlenstoffvorrat der ober- und unterirdischen lebenden Biomasse im Wald im Zeitraum der Kohlenstoffinventur 2017 bis 2022 um insgesamt 41,5 Mio. Tonnen C (-3 % in 5 Jahren) abgenommen hat [11]. Somit stellt der Wald netto keine Kohlenstoff-Senke, sondern erstmals eine Kohlenstoff-Quelle dar. Als wesentlicher Grund für den Rückgang des Kohlenstoffvorrats in lebenden Bäumen wird der hohe Holzvorratsverlust durch Kalamitäten angeführt, insbesondere als Folge der großen Dürre 2018 bis 2021. Gleichzeitig führten die trockenen Jahre zu einem verminderten Zuwachs und damit zu einer geringeren CO₂-Bindung.

Zu den für den LULUCF-Sektor relevanten Maßnahmen gehören neben der Speicherung von CO₂ in Holzprodukten beispielsweise die Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren, die Umwandlung von Ackerland in Wald (Erstaufforstung) oder die Erhöhung des organischen Kohlenstoffgehalts in Ackerböden (Humusaufbau). Eine weitere Maßnahme ist die hier im Fokus stehende Etablierung von Agroforstsystemen.

Klimaschutz durch Agroforstwirtschaft

Klimaschutz durch Agroforstwirtschaft wird auf EU-Ebene als sehr wichtig erachtet. So heißt es unter Punkt 8 der LULUCF-Verordnung: „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.“ [9].

Das Potential der Agroforstwirtschaft für die Zielerreichung innerhalb des LULUCF-Sektors ist deshalb so groß, da die erstmalige Pflanzung der Gehölze eine zusätzliche Leistung darstellt – im Gegensatz zur Nachpflanzung im Wald. Zudem treten Agroforstsysteme – anders als bei Erstaufforstungen – nicht in Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion, sondern gelten aufgrund positiver mikroklimatischer Wirkungen durch Wind- und Erosionsschutz

als wichtige Maßnahme hin zu einer klimaresilienteren Landwirtschaft. Gleichzeitig trägt diese Form der Landnutzung zum Humusaufbau in landwirtschaftlich genutzten Böden bei und mindert den Abtrag von Boden und damit organischer Bodenbestandteile (Bodenfruchtbarkeit, Ernährungssicherung). Humose, lockere Böden verringern ihrerseits den Einsatz fossiler Treibstoffe für die Bodenbearbeitung. Neben dem verminderten Einsatz von Treibstoffen und Düngemitteln tragen Agroforstsysteme auch zu verringerten Methan- (CH₄) und Lachgasemissionen (N₂O) bei, u.a. als Folge geringerer Schwankungen zwischen Feucht- und Trockenphasen im Boden [12].



Durch die Einbringung von Bäumen oder Sträuchern auf landwirtschaftlichen Flächen, auf denen vorher keine Gehölze standen, entstehen signifikante CO₂-Speicherpotentiale: Einerseits wird in der ober- und unterirdischen Biomasse der Gehölze sowie im Boden Kohlenstoff angereichert.

Hinzu kommen verringerte Treibhausgasemissionen durch eine Änderung der Bewirtschaftungsweise (z. B. geringerer Düngemittel- und Pflanzenschutzmitteleinsatz). Schließlich wird durch eine stoffliche Nutzung des Holzes nicht nur langfristig Kohlenstoff im Produkt gespeichert, sondern es können durch die Nutzung des erzeugten Holzes auch zusätzliche Substitutionseffekte entstehen, wenn z. B. Stahl oder erdölbasierte Produkte ersetzt werden (Abbildung 1).



Abbildung 1: Teilbereiche von Agroforstsystemen bzw. der Agroforstwirtschaft in denen THG-Minderungspotentiale bestehen.

Quelle: [13]



Hinweis zur Einordnung des hier vorgestellten Klimaschutzpotentials

Da für die Ermittlung von bewirtschaftungsbedingten Änderungen des Bodenkohlenstoffgehaltes längere Zeiträume erforderlich sind und diese zudem stark zwischen unterschiedlichen Systemen und Standorten variieren können, konzentriert sich diese Ausarbeitung auf die C-Bindung in der ober- und unterirdischen Holzbiomasse mit der funktionellen Einheit CO₂Äq pro Hektar und Jahr, wobei die Gehölzfläche eines Agroforstsystems als Bezugsfläche zählt.

Auch die anderen in der Abbildung 1 ersichtlichen THG-Minderungspotentiale aus dem vor- und nachgelagerten Bereich werden hier nicht mit betrachtet, weil sie sehr schwer zu kalkulieren und ihre absoluten THG-Minderungswerte von Fall zu Fall sehr stark variieren können und daher nur sehr bedingt verallgemeinerbar sind. Ebenso wenig wird berücksichtigt, dass Agroforstgehölze auf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche zur Erhaltung von bereits festgelegtem Kohlenstoff beitragen, indem sie beispielsweise verhindern, dass Humuspartikel durch Wind- und Wassererosion aus der Fläche getragen werden.

Insgesamt ergibt sich damit eine systematische Unterschätzung der Klimawirksamkeit von Agroforstsystemen. Ihr tatsächlicher Klimaschutzeffekt dürfte deutlich höher liegen. Dies hat den Vorteil, dass die unterstellte Klimaschutzleistung auch tatsächlich gegeben und die aufwändige Erhebung zusätzlicher Parameter nicht zwangsläufig notwendig ist.

Einstufung der Klimawirksamkeit von Agroforstsystemen

Das auf die C-Bindung in der Biomasse bezogene THG-Minderungspotential der Agroforstwirtschaft ist in den verfügbaren und ausgewerteten wissenschaftlichen Studien ebenfalls sehr heterogen und schwankt in den Angaben zwischen 1,8 und 25 t CO₂Äq pro Hektar Agroforstgehölzfläche* und Jahr (Tabelle 2). Dies ist zunächst der Agroforstwirtschaft als diverses und komplexes System zugutezuhalten, mit unterschiedlichen Ausprägungen bzw. Bewirtschaftungsformen, zum anderen beruht es auf der Tatsache, dass Einzelstudien jeweils spezifischen Forschungshypothesen unterliegen bzw. durchaus Systeme beinhalten, die in der landwirtschaftlichen Praxis kaum im größeren Stil Anwendung finden (z. B. Versuchsflächen mit Tests verschiedener Ansätze hinsichtlich Baumart, Pflanzverfahren, Standortbedingungen). Breit angelegte Metastudien sind deutlich besser für einen solchen Vergleich geeignet, allerdings sind beispielsweise oft angegebene Mittelwerte nicht trivial zu berechnen bzw. konservativ zu interpretieren, je nachdem, ob Ausreißer einbezogen oder von der Berechnung ausgeschlossen wurden.

Der Erfahrungsschatz bei der Etablierung von Agroforstsystemen wächst stetig

Im Bereich der Agroforstwirtschaft wurde in den letzten Jahren eine beachtliche Lernkurve absolviert. So erfolgte die Anlage von Agroforstsystemen auf Basis einer deutlich verbesserten Wissensgrundlage. Hierbei haben sich bestimmte Anbauverfahren als "gute landwirtschaftliche Praxis" bewährt. Dadurch, dass die Bewirtschaftenden bei allen zu pflanzenden Bäumen und Sträuchern auf eine hohe Standortanpassung achten und das Pflanzdesign hierauf abstimmen sowie die Optimierung des jeweiligen Produktionsziels im Blick haben, werden die Wachstumsleistung und die damit verbundene C-Speicherung in der Biomasse optimiert. Dennoch besteht noch zusätzliches Optimierungspotential und die Systeme werden sich zukünftig auch weiterentwickeln, insbesondere hinsichtlich sich ändernder Bedingungen in Zeiten des Klimawandels.

* Als Agroforstgehölzfläche wird in diesem Themenblatt jene Fläche bezeichnet, die in einem Agroforstsystem von Gehölzen eingenommen bzw. beansprucht wird.

Mehrere Studien haben das Potential der C-Speicherung für verschiedene Agroforstsysteme in Europa untersucht (Tabelle 2). Forschende haben in ihrer breit angelegten Analyse zur CO₂-Bindungskapazität von verschiedenen Agroforstsystemen Werte zwischen 2 und 25 t CO₂Äq/ha*a errechnet [14, 15]. Eine weitere umfangreiche vergleichende Studie zu C-Speicherungspotentialen in der europäischen Landwirtschaft kommt auf durchschnittlich 10,1 t CO₂Äq/ha*a für die Agroforstwirtschaft [1].

Auch in nationalen Studien wird der Agroforstwirtschaft eine große Senkenwirkung zugerechnet. Tsonkova und Böhm (2020) kommen in Abhängigkeit des betrachteten Systems auf ein zusätzliches Speicherpotential der Agroforstwirtschaft von 5,2 bis 21,6 t CO₂Äq/ha*a [16]. In einer Bewertung der GAP-Förderung hinsichtlich ihres Beitrags zu den Zielen im KSG wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) das Sequestrierungspotential aktuell geförderter Agrarumweltmaßnahmen und Öko-Regelungen (EcoSchemes) bewertet. Wiegmann et al. schätzten hier das Sequestrierungspotential von Agroforstsystemen in Deutschland auf 10,4 t CO₂Äq/ha*a. Davon werden 9,6 t CO₂Äq/ha*a der ober- und unterirdischen Biomasse sowie dem Aufbau von Bodenkohlenstoff zugerechnet [17]. Darüber hinaus werden noch 0,8 t CO₂Äq/ha*a für die THG-Minderung durch eingesparte Stickstoff-Düngung angesetzt. Das Öko-Institut geht von einer Senkenleistung von 8 t CO₂Äq/ha*a aus [18].



Tabelle 2: Übersicht zu ausgewählten internationalen und nationalen Studien zur Bewertung von Agroforstsystemen bezüglich ihrer Klimawirksamkeit.

THG-Minderungs-Potential*	Berücksichtigte Bereiche	Anmerkungen	Region	Quelle
1,8 bis 25	<ul style="list-style-type: none"> C-Bindung in ober- und unterirdischer Biomasse 	<ul style="list-style-type: none"> Variiert in Abhängigkeit von Baumart, Pflanzdichte und Umtriebszeit 	EU	[15]
10,1	<ul style="list-style-type: none"> C-Bindung in ober- und unterirdischer Biomasse 	<ul style="list-style-type: none"> Durchschnittswert aus anderen Studien 	EU	[1]
5,2 bis 21,6	<ul style="list-style-type: none"> C-Bindung in ober- und unterirdischer Biomasse 	<ul style="list-style-type: none"> Variiert in Abhängigkeit von Baumart, Pflanzdichte und Umtriebszeit 	DE	[16]
10,4	<ul style="list-style-type: none"> C-Bindung im Boden C-Bindung in ober- und unterirdischer Biomasse THG-Vermeidung durch Einsparung von N-Düngemitteln 	<ul style="list-style-type: none"> 9,6 t CO₂Äq/ha*a bezüglich Biomasseaufwuchs und Einbindung von Bodenkohlenstoff 0,8 t CO₂Äq/ha*a für THG-Einsparung durch Verzicht auf N-Düngung 	DE	[17]
6,0	<ul style="list-style-type: none"> C-Bindung im Boden C-Bindung in ober- und unterirdischer Biomasse 	<ul style="list-style-type: none"> Bezogen auf einen Zeitraum von 20 Jahren 	DE	[19]
1,8 bis 5,5	<ul style="list-style-type: none"> C-Bindung in ober- und unterirdischer Biomasse 	<ul style="list-style-type: none"> Zwischen 15 und 45 Walnussbäumen zur Wertholzerzeugung 	DE	[20]
7,0	<ul style="list-style-type: none"> C-Bindung in ober- und unterirdischer Biomasse 	<ul style="list-style-type: none"> Bezug auf die Systemfläche: 1,4 t CO₂Äq/ha*a Kein signifikanter C-Anstieg im Boden verglichen zu Grünland-Referenzflächen 	DE	[21]
19,1	<ul style="list-style-type: none"> C-Bindung im Boden C-Bindung in ober- und unterirdischer Biomasse 	<ul style="list-style-type: none"> Bezug auf Hecken und einen Zeitraum von 20 Jahren 16,0 t CO₂Äq/ha*a bezüglich ober- und unterirdischer Biomasse 3,1 t CO₂Äq/ha*a bezüglich Boden 	DE	[22]
8,0	<ul style="list-style-type: none"> CRF Methodik des UBA 	<ul style="list-style-type: none"> 7,94 t CO₂Äq/ha*a Umwandlung von Ackerland auf mineralischen Böden zu gehölzbasierter Dauerkulturen 9,57 t CO₂Äq/ha*a Umwandlung von Ackerland auf mineralischen Böden zu Gehölzen 	DE	[18]

* in Tonnen CO₂-Äquivalent je Hektar Agroforstgehölzfläche und Jahr

Laserscan-Untersuchungen von Walnussbäumen, die eine sehr präzise Erfassung der oberirdischen Biomasse erlauben, ergaben jährliche Sequestrierungsraten zwischen 1,84 und 5,51 t CO₂Äq/ha*a für die oberirdische Biomasse, wobei die Anzahl der Walnussbäume zwischen 15 und 45 je Hektar variierte [20]. Bei Untersuchungen von mehreren repräsentativen Streuobstwiesen auf Grünland des Alpenvorlandes wurde in der Holzbiomasse eine C-Speicherung von rd. 7,0 t CO₂Äq/ha*a ermittelt [21]. Diese errechnet sich aus 1,4 t CO₂Äq/ha*a, bezogen auf die Agroforstsystemfläche bei einem Gehölzanteil von durchschnittlich 20 %. Eine gewisse Sonderrolle nehmen “natürliche” Hecken ein, die als überwiegend nicht-produktive und geschützte Landschaftselemente förderlich zwar nicht zu den Agroforstsystemen im engeren Sinne zählen, funktional allerdings den “Bäumen / Gehölzen außerhalb des Waldes” zuzurechnen sind. Das Thünen Institut schätzt das jährliche C-Speicherpotential von Hecken in der Biomasse (ohne Bodenkohlenstoff) auf 16 t CO₂Äq/ha*a [22].

Die großen Unterschiede hinsichtlich der in Tabelle 2 aufgeführten Werte spiegeln u. a. die Vielfalt der Gehölzarten, Pflanzdichten und Standorte wider. Beispielsweise liegt das jährliche C-Speicherpotential von locker mit Obst- und Nussbäumen bestockten Agroforstgehölzflächen aufgrund der üblicherweise geringeren Pflanzdichte und der niedrigeren Zuwachsleistung allgemein unter jenen mit schnellwachsenden Pionierbaumarten.

Insgesamt lässt sich unter Berücksichtigung der ausgewerteten Studien eine durchschnittliche jährliche C-Sequestrierungsleistung von rund 10 t CO₂Äq je Hektar Gehölzfläche ableiten. Dieser als realistisch angesehener Wert wird als Basis für weitere in diesem Themenblatt dargestellte Berechnungen herangezogen.



Schon gewusst?

In Agroforstsystemen ist die durchschnittliche Zuwachsleistung der Bäume zumeist höher als im Wald

Bäume in Agroforstsystemen erhalten mehr Licht als in einem Waldbestand. Dies gilt bei mehrreihigen Gehölzstreifen besonders für die Randreihen. Außerdem ist das Nährstoffangebot auf landwirtschaftlich genutzten Standorten zumeist höher als im Wald. Daher ist der Holzzuwachs und damit die Kohlenstoffbindung je Flächeneinheit beim Anbau in Agroforstsystemen höher als in einem Bestand. Beispielsweise betrug der Mehrzuwachs bei Pappel in vierreihigen Gehölzstreifen 20 % im Vergleich zu einer Plantage [23].

Anforderungen an die Agroforstwirtschaft zur Berücksichtigung als Klimaschutzmaßnahme

Bestehenden Agroforstsystemen kann folglich eine effektive CO₂-Senkenleistung zugeschrieben werden. Sie tragen bereits jetzt aktiv zum Klimaschutz in der Landnutzung bei. Doch das Potential der Agroforstwirtschaft für den Klimaschutz ist weitaus größer. Um dieses zu heben, muss die Anbaufläche für Agroforstsysteme in den nächsten Jahren erheblich zunehmen. Dann könnte diese Form der Landnutzung als bedeutende CO₂-Senke innerhalb des gesamten LULUCF-Sektors wirken.

Für eine bessere Anerkennung der CO₂-Kompensationsleistung von Agroforstsystemen ist es sinnvoll, diese künftig in den Kohlenstoffmarkt einzubinden. Verbunden mit dem Handel entsprechender Kohlenstoffzertifikate wären auch – wie bereits erwähnt – marktwirtschaftliche Anreize für die Umsetzung von Agroforstsystemen. Damit der zukünftige Kohlenstoffmarkt die Integrität der erteilten Zertifikate aus agroforstlichen Maßnahmen gewährleisten kann, ist es angeraten, dass diese mit international anerkannten Grundsätzen etablierter Zertifizierer konform gehen (z. B. Gold Standard, Verified Carbon Standard (VCS) von Verra) und dabei auch die Anforderungen internationaler Abkommen und politischer Entwicklungen berücksichtigen (z. B. Übereinkommen von Paris zum Klimaschutz COP21 von 2015, EU Carbon Farming-Verordnung) [13]. Wichtige Qualitätskriterien für die Bewertung solcher Zertifikate sind:

Nachhaltigkeit

Klimaschutz sollte andere Schutzziele nicht kompromittieren. Daher dürfen bei der Konzeption agroforstlicher Klimaschutzmaßnahmen die fünf Nachhaltigkeitsbereiche, wie sie in Artikel 7 der CRCF definiert sind, nicht wesentlich beeinträchtigt werden: Klimaanpassung, Umweltverschmutzung, Wasserressourcen, Kreislaufwirtschaft, biologische Vielfalt und Ökosysteme [24].

Zusätzlichkeit / Additionalität

Ein Projekt muss zusätzlichen Kohlenstoff speichern, der ohne dieses Projekt nicht gespeichert worden wäre. So ist Zusätzlichkeit nur dann gegeben, wenn die CO₂-Bindung nicht durch Maßnahmen erfolgt, die ohnehin vorgeschrieben sind. Zudem muss sichergestellt sein, dass die CO₂-Bindung an einem bestimmten Ort nicht durch eine entsprechende oder sogar höhere CO₂-Freisetzung an diesem oder einem anderen Ort „erkauft“ wurde, also sogenannte „Leakage-Effekte“ auftreten. Beispielsweise, wenn ein Wald zu Gunsten eines Agroforstsystems gerodet wurde. Daher ist es wichtig, dass bei bereits bestehenden Agroforstsystemen der Zeitpunkt von deren Etablierung eindeutig nachweisbar ist und Kenntnisse zur Vornutzung der Fläche vorhanden sind.

Dauerhaftigkeit

Die Projekte müssen eine langfristige Speicherung des Kohlenstoffs anstreben (Artikel 2 [24]). Während dies mit langlebigen Bäumen und einer anschließenden stofflichen Nutzung des Holzes, z. B. im Möbel- und Holzbau, ermöglicht werden kann, ist die langfristige Bindung von Bodenkohlenstoff nicht verlässlich zu gewährleisten.

Ausschluss der Doppelerfassung

Die gleiche Kohlenstoffspeichermenge darf nicht in zwei (oder mehr) Bilanzen angerechnet werden. Wenn das Agroforstsystem beispielsweise in die Bilanz des landwirtschaftlichen Betriebs aufgenommen wird, kann es nicht gleichzeitig Einsparungen für die Molkerei bringen. Eine genaue und transparente Buchhaltung ist daher notwendig.

Externe Überprüfung

Carbon Farming und Klimaschutzprojekte unterliegen der Pflicht eines regelmäßigen, externen Audits, damit das Speicherpotential objektiv nachgewiesen werden kann.

Messbarkeit

Sollten finanzielle Beiträge für die Kohlenstoffspeicherung pro Tonne Kohlenstoff gezahlt werden, muss die gespeicherte Menge sowohl quantifizierbar als auch regelmäßig überprüfbar sein. Dazu muss zu Beginn und am Ende eines jeden Projekts die Kohlenstoffmenge in der Biomasse und ggf. im Boden gemessen werden [13]. Die sich daraus ergebende Bilanz entspricht dem zusätzlich gespeicherten Kohlenstoff. Während dies recht einfach bei neu gepflanzten Bäumen anhand der oberirdischen Biomasse gemessen werden kann, gibt es beim Boden einige Einschränkungen. Messungen des Bodenkohlenstoffgehaltes können je nach Jahr und Saison sehr variabel sein und daher zu großen Unterschieden zwischen Anfangs- und Endbilanz führen.

Kohärenz mit anderen Verordnungen

Insofern die Erfassung der C-Sequestrierung auch den Boden betrifft, wäre diese mit den technischen Entwicklungen und Erfassungsregularien der Soil Monitoring Directive [25] abzustimmen bzw. kohärente Standards zu entwickeln. Auch mit der am 18. August 2024 in Kraft getretenen EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur [26] bieten sich einige Möglichkeiten der Zusammenarbeit für die Umsetzung und Förderung der Agroforstwirtschaft in Deutschland.

Zukunftspotential der Agroforstwirtschaft beim Klimaschutz in Deutschland

Deutschland will bis 2045 klimaneutral werden [8] und braucht dazu sowohl technische als auch biologische landbasierte Verfahren, um CO₂-Restemissionen durch eine gezielte CO₂-Entnahme mittels CDR-Technologien auszugleichen (*Carbon Dioxide Removal* – CDR). Agroforstsys-

teme stellen eine sehr effiziente und kostengünstige natürliche Maßnahme dar [19]. Allerdings benötigen Bäume je nach Baumart Zeit, um zu wachsen und damit Kohlenstoff zu speichern. Damit Agroforstsysteme ihren Beitrag als biologische CO₂-Entnahmemethode für das erwähnte Klimaneutralitätsziel leisten können, sind daher rasch Maßnahmen für eine zeitnah verstärkte Umsetzung der Agroforstwirtschaft zu ergreifen. Wie groß der tatsächliche realistische Beitrag ist, hängt maßgeblich von der Gesamtfläche ab, auf der agroforstlich bewirtschaftete Gehölze angebaut werden.

Das folgende Szenario zeigt, dass bereits viel erreicht werden kann, wenn die Hälfte der deutschen Landwirtschaftsbetriebe auf einem kleinen Teil ihrer Fläche Agroforstgehölze anpflanzen und dadurch neben Klimaschutz auch viele weitere Vorteile generieren.

Basisszenario und Überleitung zur Abschätzung verschiedener Flächenpotentiale

In Deutschland wurde 2023 eine Fläche von rd. 16,6 Mio. ha landwirtschaftlich genutzt. Davon waren ca. 11,7 Mio. ha Ackerland, 4,7 Mio. ha Dauergrünland und 0,2 Mio. ha Dauerkulturen. Diese Fläche wurde von ungefähr 255.000 Landwirtschaftsbetrieben bewirtschaftet. Deren Betriebsfläche betrug im Durchschnitt 63 ha [27]

Würden nun 50% der Betriebe im Mittel auf 5% ihrer Fläche (unterstellt wird die mittlere Betriebsgröße von 63 ha) Agroforstgehölze pflanzen, so ergäbe sich insgesamt eine Agroforstgehölzfläche von knapp 400.000 ha, was 2,5% der Landwirtschaftsfläche Deutschlands entspräche. Multipliziert mit einem durchschnittlichen THG-Minderungswert von 10 t CO₂Äq/ha*a könnten so jährlich rund 4 Mio.t CO₂Äq gebunden werden. Das entspricht 16% des für den LULUCF-Sektor bis 2030 festgesetzten Zielwertes.

Zu ähnlichen Werten kommt auch das Öko-Institut, das allerdings von einer niedrigeren Sequestrierungsleistung von 8 t CO₂Äq je Hektar und Jahr und einer etwas niedrigeren Gehölzfläche von 375.000 ha ausgeht. Sie berechnen für die Agroforstwirtschaft eine jährliche Senkenleistung von 3 Mio.t CO₂Äq [18].

Die potentiell für Agroforstgehölze zur Verfügung stehende Fläche und damit der potentielle Klimaschutzbeitrag ist allerdings noch deutlich höher. Dies soll eine stark vereinfachte Betrachtung unterschiedlicher Flächenpotentiale verdeutlichen.



So beschreibt das technische Potential die maximale Fläche, die aufgrund ihrer pflanzenbaulichen Eignung und unabhängig rechtlicher Rahmenbedingungen für Agroforstsysteme in Deutschland nutzbar wäre. Das wirtschaftliche Potential berücksichtigt, inwieweit es sich für Landwirte unter entsprechenden Rahmenbedingungen rentieren kann, diese Flächen auf diese Weise auch tatsächlich zu bewirtschaften. Das nachhaltige Potential schließlich bezieht sich darauf, welche Flächen langfristig unter Berücksichtigung ökologischer und sozioökonomischer Faktoren im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung agroforstlich genutzt werden können.

Einordnung des Technischen Potentials

Aufgrund der Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten und Baumarten ist die Anlage eines standortgerechten Agroforstsystems pflanzenbaulich grundsätzlich nahezu auf allen landwirtschaftlich genutzten Flächen möglich. Für das technische Potential wären von der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (16,6 Mio. ha) daher lediglich Standorte abzuziehen, auf denen keine produktiv nutzbaren Gehölzbestände etabliert werden können. Hierzu gehören vor allem sehr flachgründige Standorte und (zu renaturierende) Moorflächen. Würde die Hälfte der aktuell landwirtschaftlich genutzten Moorflächen (ca. 910.000 ha [28]) renaturiert und wiedervernässt, wären sie für Bäume weitgehend ungeeignet. Diese Flächen (455.000 ha) müssen bei der Abschätzung des technischen Potentials abgezogen werden. Für andere ungeeignete Standorte wurde ein weiterer Abschlag von pauschal 7,5 % der verbliebenen Landwirtschaftsfläche abgezogen. Folglich wäre auf ca. 90 % (= 14,9 Mio. ha) der potentiell verfügbaren landwirtschaftlichen Fläche die Etablierung von Agroforstsystemen möglich. Unter der Annahme eines durchschnittlichen Gehölzflächenanteils von 15 %, ergibt sich damit ein technisches Potential von über 2,2 Mio. ha Agroforstgehölzfläche.

Einordnung des Wirtschaftlichen Potentials

Ausgehend vom technischen Potential können Annahmen zum wirtschaftlichen Potential getroffen werden. Dies betrifft primär die betriebsindividuelle Betrachtung und die Frage, wie sich Agroforstwirtschaft zukünftig finanziell rentiert. Die Argumente dafür sind reichlich und betreffen die zukünftige Nachfrage nach Holz, die Verbesserung von Wertschöpfungsketten und Skalenerträge sowie die dringend notwendige verbesserte Honorierung von Ökosystemdienstleistungen.

Die positive wirtschaftliche Perspektive von Agroforstsystemen lässt sich am Beispiel des Produktes Holz darstellen. So zeigen verschiedene Szenarien (z. B. bei einem verstärkten Fokus auf Naturschutz), dass das Holzaufkommen aus dem Wald zukünftig tendenziell sinken wird [29]. Gleichzeitig bleibt der Bedarf an lignocellulosehaltigen Rohstoffen für die Bioökonomie erhalten oder steigt sogar an, so dass Holz zukünftig knapp wird. Überdies ist wahrscheinlich, dass die Einführung des Emissionshandels ETS II im Gebäude- und Industriesektor (primär durch den Verbrauch fossiler Rohstoffe) ab 2027 zu einem kontinuierlich starken Anstieg der Nachfrage

nach Holz führt. Dies wird sich zwangsläufig im Holzpreis widerspiegeln. Denn hohe CO₂-Preise führen unabdingbar zur Substitution von energieintensiven Produkten und würden auch hohe Holzpreise rechtfertigen bzw. die Entscheidung der Abnehmer, vermehrt Holzprodukte nachzufragen, absichern.

Das in Agroforstsystemen produzierte Holz könnte folglich zumindest einen Teil der Nachfrage abdecken, was den Schluss zulässt, dass die Nachfrage nach agroforstlich erzeugtem Holz in Zukunft deutlich ansteigen und aufgrund des zunehmenden Holzpreises ein wirtschaftlicher Holzanbau innerhalb einer großen Spannweite an landwirtschaftlich genutzten Standorten möglich sein wird.



Schon gewusst?

Der Emissionshandel wird auf den Gebäude- und Verkehrssektor ausgeweitet

Der europäische Emissionshandel für CO₂-Emissionen aus Energieerzeugungs- und energieintensiven Industrieanlagen (ETS I) ist zu einem wichtigen Faktor der europäischen Klimapolitik geworden. Mit dem ab 2027 geltenden ETS II wird nun ein weiteres europäisches Emissionshandelssystem eingeführt, das vor allem Emissionen aus dem Verkehrs- und dem Gebäudesektor erfasst. Alle Unternehmen, die fossile Brennstoffe für Heizung und Treibstoffe in Verkehr bringen, nehmen an diesem Emissionshandel teil. Durch eine verbindliche Höchstmenge an auszustößenden Emissionen und die zunehmende Verknappung an Emissionszertifikaten bildet sich ein CO₂-Preis für diese fossilen Bren- und Treibstoffe. Die Unternehmen können diese dann an ihre Kundschaft über höhere Brennstoffpreise weiterleiten. Der ETS II wird den wenig wirkungsvollen nationalen Brennstoffemissionshandel, den es in Deutschland seit 2021 gibt, zukünftig ersetzen. Ziel des ETS II ist es, bis 2030 eine Reduktion der Emissionen um 43 % gegenüber 2005 zu erreichen, was den europäischen Klimaschutzzielen entspricht. Die aus der Landwirtschaft stammenden Emissionen fallen nicht unter das ETS.

Weiterführende Informationen: Agora Energiewende und Agora Verkehrswende [30]

Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit der Vermarktung von Agroforstprodukten ist auch der Aufbau neuer bzw. die bessere Nutzung vorhandener Wertschöpfungsketten für Holz, Nahrungsmittel und andere Erzeugnisse. Damit sich solche Wertschöpfungsketten etablieren, ist es häufig erforderlich, dass in einer Region Mindestmengen für bestimmte Produkte anfallen. Hierfür bedarf es wiederum einer entsprechenden Mindestfläche an Agroforstsystemen. Mit zunehmender Agroforstfläche verbessert sich folglich auch die wirtschaftliche Rentabilität für einzelne Produkte.

Ein für die Wirtschaftlichkeit positiver Aspekt wäre auch eine angemessene Honorierung der agroforstlichen Leistungen (z. B. Förderung der Biodiversität, Vermeidung von Erosionsschäden) seitens des Staates und der Gesellschaft, die als Antrieb für grundlegende ökologische und sozioökonomische Verbesserungen im Landwirtschaftssektor unbedingt erforderlich sind. Vor diesem Hintergrund wäre auch eine staatlich beworbene Honorierung der Klimaschutzleistung von Agroforstsystemen im Rahmen eines CO₂-Zertifikatehandels im Landwirtschaftssektor eine geeignete Maßnahme, um die wirtschaftliche Attraktivität der Agroforstwirtschaft weiter zu erhöhen.

Unter Annahme der geschilderten Aspekte ist das wirtschaftliche Potential nicht wesentlich geringer als das technische Potential anzusehen. Um der wirtschaftlichen Unsicherheit Rechnung zu tragen, wird dennoch mit einem pauschalen Abschlag von weiteren 10% kalkuliert. Ausgehend von der abgeschätzten Fläche des technischen Potentials würde das wirtschaftliche Potential also knapp 2,0 Mio. ha Gehölzfläche betragen.



Schon gewusst?

Die EU möchte mit dem 2025 verabschiedeten „Gesetz zur Wiederherstellung der Natur“ auch die Umsetzung von Agroforstsystemen unterstützen

Mit dem Gesetz zur Wiederherstellung der Natur (Nature Restoration Law) verfolgt die EU das übergeordnete Ziel, in 20% der geschädigten Ökosysteme in der EU bis 2030 und in allen Ökosystemen bis 2050, Renaturierungsmaßnahmen zu ergreifen. Diese Maßnahmen sollen allerdings nicht nur innerhalb von Schutzgebieten, sondern in der gesamten Landschaft durchgeführt werden. Sowohl die EU-Kommission als auch der EU-Rat sehen in der Agroforstwirtschaft eine sehr geeignete Maßnahme, um die Landnutzung zugunsten des langfristigen Funktionierens und der langfristigen Produktivität der landwirtschaftlichen Ökosysteme anzupassen. Es wird gefordert, Flächen mit agrarökologischer Bewirtschaftung, zu denen insbesondere auch die Agroforstwirtschaft gezählt wird, auszudehnen. Diese freiwillig erbrachten, nachhaltigen Bewirtschaftungsmethoden sollen auch honoriert werden. Somit birgt dieses Gesetz einige Potentiale für die Umsetzung und Förderung der Agroforstwirtschaft, die auch in Deutschland genutzt werden sollten.

Einordnung des Nachhaltigen Potentials

Das nachhaltige Potential bezieht sich auf die Eigenschaft, dass Agroforstsysteme langfristig genutzt werden können, ohne negative Auswirkungen auf die Umwelt, die Gesellschaft und die Wirtschaft zu haben. Es berücksichtigt ökologische Verträglichkeit, soziale Gerechtigkeit und wirtschaftliche Tragfähigkeit im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung.

Ein wichtiges Kriterium hierbei ist beispielsweise die Frage, ob Agroforstsysteme die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln einschränken. Dies ist bei guter Planung der Gehölzflächen in den meisten Regionen Deutschlands nicht bzw. nur sehr begrenzt der Fall, da vor allem auf trockenheitsanfälligen Standorten die Gehölzfläche durch verbesserte Wuchsbedingungen teilweise oder sogar vollständig durch Mehrerträge kompensiert werden kann [31]. Hinzu kommt, dass auf ca. 60 % der landwirtschaftlichen Fläche Futterpflanzen angebaut werden [32]. Hiervon sind 30 % Grünland, auf denen der Anbau von Gehölzen gerade in den zunehmend heißen und trockenen Sommermonaten zu einer Erhöhung des Grünlandertrages und gleichzeitig zu einer deutlichen Verbesserung des Tierwohls beitragen kann. Auf Ackerflächen ist ferner aufgrund des abnehmenden Fleischkonsums kurz- bis mittelfristig mit einem Rückgang der Anbaufläche für Futterpflanzen und damit mit einer gewissen Entspannung der Verfügbarkeit von Anbaufläche für einjährige Kulturen zu rechnen. Überdies werden aktuell auf etwa 17 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche nachwachsende Rohstoffe für die energetische oder industrielle Verwertung angebaut [32]. Hier kann ein Teil durch nachhaltig erzeugtes Agroforstholz substituiert werden.

Festzustellen ist zudem, dass sich die ökologische Verträglichkeit hinsichtlich der Schutzgüter Boden, Wasser und Klima durch mehr Agroforstflächen nicht verschlechtert. Lediglich mit Bezug auf das Vorkommen einzelner Arten und das Landschaftsbild kann die Agroforstwirtschaft im Einzelfall auch nachteilige Effekte haben. Mit Blick auf die Gesamtfläche fällt der Anteil dieser Standorte jedoch nicht ins Gewicht. So gesehen wären beim nachhaltigen Potential gegenüber dem wirtschaftlichen Potential nur geringe Abstriche zu machen. Jedoch gibt es andere Aspekte, die bezüglich einer möglichst realistischen Potentialabschätzung zu einer Einschränkung des nachhaltigen Flächenpotentials führen. So besteht hinsichtlich des Naturschutzrechtes im Umgang mit Agroforstsystemen in wichtigen Fragen Rechtsunsicherheit. Auch die Tatsache, dass bis 2030 ca. 30 % der Fläche Deutschlands unter Schutz gestellt werden soll [33], wird die potentiell mögliche Fläche von Agroforstsystemen voraussichtlich einschränken. Zwar soll durch das kürzlich auf EU-Ebene verabschiedete „Gesetz zur Wiederherstellung der Natur“ explizit auch Agroforstsysteme fördern, aber ob diese Form der Landnutzung auch in Deutschland als geeignetes Werkzeug für einen höheren Stellenwert des Naturschutzes in der Landwirtschaft angesehen wird, ist fraglich. So oder so ist abzusehen, dass Agroforstflächen in bestimmten Schutzgebietskategorien (z. B. FFH-Gebiete) kaum umgesetzt werden.

Weiterhin können Agroforstsysteme in sehr kleinstrukturierten Agrarlandschaften mit vielen Knicks und Windschutzstreifen sowie in Gebieten mit sehr hohem Waldanteil deutlich weniger

positive Wirkungen erzielen. Daher ist es auch hier wahrscheinlich, dass Agroforstsysteme kaum umgesetzt werden. Eine negative Auswirkung auf das nachhaltige Potential hat darüber hinaus auch die Eigentümerstruktur von landwirtschaftlichen Nutzflächen bzw. der aktuelle Pachtflächenanteil von 60 % [31] und damit die hohe Heterogenität in der Besitzstruktur. So sind u.a. die langen Nutzungszeiten von Agroforstsystemen nicht mit den zumeist deutlich kürzeren Laufzeiten kompatibel, wodurch sich das Risiko in die Investition eines Agroforstsystems erhöht. Problematisch wirkt sich dabei aus, dass häufig sowohl auf Pächter- als auch auf Verpächterseite die Vorteile von Agroforstsystemen wenig bekannt sind.

Diesen bestehenden Unsicherheiten wird mit einem pauschalen Abschlag von 50 % gegenüber dem wirtschaftlichen Potential Rechnung getragen. Ein solch großer Abschlag führt mutmaßlich zwar zu einer deutlichen Unterschätzung des nachhaltigen Potentials, garantiert aber, dass diese Fläche tatsächlich verfügbar ist, auch wenn Annahmen, wie der prognostizierte Rückgang der Futtermittelerzeugung, nicht eintreten.

Das grob veranschlagte nachhaltige Flächenpotential beträgt nach dieser vereinfachten Betrachtung folglich 1 Mio. ha Agroforstgehölzfläche.

Soweit man unterstellt, dass in Agroforstsystemen pro Hektar Gehölzfläche durchschnittlich 10 t CO₂Äq/ha*a gespeichert werden, beträgt die Klimaschutzleistung der Agroforstwirtschaft jährlich 10 Mio. t CO₂Äq. Dies entspräche 40 % der Minderungsziele bis 2030 bzw. 25 % der Minderungsziele bis 2045 aus dem KSG 2024.

Verschiedene Studien zeigen, dass die Ausschöpfung dieses Flächenpotentials für die Erreichung der nationalen Klimaschutzziele unabdingbar ist. So stellt der Anbau von Gehölzen auf landwirtschaftlichen Flächen in einer Ende 2024 erschienenen Studie des *Think Tank Agora Agrar* ein sehr wichtiger Baustein zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 dar. In dem hier vorgestellten Szenario wird unterstellt, dass bis 2045 auf 8 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche, überwiegend auf Ackerland (entspricht über 1,3 Mio. Hektar), lignozellulosehaltige Pflanzen angebaut werden [34]. In der aktuell in Arbeit befindlichen Langfriststrategie Negativemissionen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), mit der die Bundesregierung ein gemeinsames Verständnis der Rolle der CO₂-Entnahme für den



Klimaschutz in Deutschland schaffen möchte, wird angenommen, dass für den Erhalt und die Steigerung der CO₂-Senken im LULUCF-Sektor bis 2030 450.000 ha und bis 2045 1.050.000 ha Agroforstgehölze etabliert werden müssen [35].

Unter der bereits erwähnten Annahme, dass der Gehölzflächenanteil eines Agroforstsystems im Mittel 15% beträgt, würde die Ausschöpfung des errechneten nachhaltigen Potentials zu einer Agroforstsystemfläche (Fläche, die das gesamte Agroforstsystem einschließt) von knapp 6,7 Mio. ha führen. Dies hätte zur Folge, dass nicht nur die Klimaschutzleistung landwirtschaftlich genutzter Flächen deutlich erhöht, sondern auch andere Probleme, wie das Auftreten von Bodenerosion, maßgeblich verringert werden würden.

Honorierung der Klimaschutzleistung von Agroforstsystemen als Umsetzungstreiber

Eine vielversprechende Möglichkeit, kurzfristig wirtschaftliche Anreize für die Etablierung von Agroforstgehölzen zu schaffen, wäre die Einbindung der Agroforstwirtschaft in den Emissionshandel. Ähnlich wie für die Waldwirtschaft angedacht könnte durch den Verkauf von CO₂-Zertifikaten an Firmen zur Kompensation von CO₂-Emissionen gezielt die zusätzliche CO₂-Senkenleistung entlohnt und wiederkehrendes Einkommen generiert werden.

Bei Unterstellung des CO₂-Preises aus dem nationalen Emissionshandel EHS, der 2021 mit einem CO₂-Preis von 25 €/t CO₂ startete und 2025 bei 55 €/t CO₂ lag, würde ein Landwirtschaftsbetrieb bei der angenommenen mittleren C-Sequestrierungsleistung von rund 10 t CO₂Äq/ha Gehölzfläche bezogen auf das Jahr 2025 jährlich 550 €/ha Gehölzfläche erhalten.

Der CO₂-Preis wird weiter ansteigen. So ist bereits 2026 mit einem Preis von 55 bis 65 €/t CO₂ zu rechnen und ab dem Jahr 2027 wird sich der CO₂-Preis im Rahmen des europäischen Emissionshandelns frei auf dem Markt für Emissionszertifikate bilden, indem Emissionszertifikate an die Verkäufer von Brennstoffen versteigert werden [36]. Das bedeutet, dass bereits Ende der Zwanziger Jahre CO₂-Preise von 100 €/t CO₂ absolut realistisch sind. Vorstellbar sind sogar Preise, die deutlich darüber liegen. Für einen Landwirtschaftsbetrieb wären diesbezügliche CO₂-Kompensationszahlungen, die bei einem CO₂-Preis von 100€/t CO₂ bereits 1.000€/ha Gehölzfläche jährlich betragen würden, eine attraktive Einnahmequelle, die zudem eine angemessene Honorierung der Klimaschutzleistung darstellen würde. Voraussetzung für eine längerfristige Senkenwirkung ist die Langlebigkeit der Holzprodukte. Daher wäre eine stoffliche Nutzung zu forcieren. Bei einer energetischen Verwertung könnten die Pyrolyse bzw. die Produktion von langlebiger Pflanzenkohle an Bedeutung gewinnen.

Als Folge hiervon ist von einem starken Wachstum der Agroforstfläche in Deutschland auszugehen. Begleitend könnten Wertschöpfungsketten aufgebaut werden, die auf Agroforstprodukte in geforderter Qualität und entsprechender Menge basieren und so die Wirtschaftlichkeit der Agroforstwirtschaft weiter beflügeln.

Aktuelle Stellung der Agroforstwirtschaft in konkreten Klimaschutzprogrammen in Deutschland

Trotz des großen Potentials der Agroforstwirtschaft für den Klimaschutz geht die Etablierung von Agroforstsystemen nur sehr schleppend voran, so dass deren Verbreitung in Deutschland aktuell noch sehr gering ist. Eine genaue Erfassung der Flächen existiert nicht. Nach der Agroforst-Landkarte des DeFAF e. V. betrug die agroforstlich bewirtschaftete Gehölzfläche Ende 2024 ungefähr 375 ha [37]. Sicher ist die tatsächliche Agroforstgehölzfläche um einiges höher, in Bezug zur gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche von etwa 16,6 Mio. ha allerdings dennoch verschwindend gering.

Im deutschen Strategieplan der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) wurde zu Beginn das Ziel formuliert, die Agroforstgehölzfläche bis zum Jahr 2027 auf 200.000 ha auszuweiten [38]. Verbunden wurde dies mit einer jährlichen Prämie von 60 €/ha Gehölzfläche für die Beibehaltung der agroforstlichen Bewirtschaftung, denn um die positiven Effekte durch die zusätzliche Kohlenstoffspeicherung in Boden und Biomasse aufrecht zu erhalten, muss eine kontinuierliche Pflege des Agroforstsystems erfolgen. Da diese Prämie jedoch viel zu niedrig angesetzt war, um die entstehenden Pflegekosten in den ersten Jahren zu decken und zudem für deren Inanspruchnahme vergleichsweise hohe Hürden bestanden [39], wurde sie im ersten Jahr 2023 so gut wie nicht nachgefragt. Die Erhöhung der Beibehaltungsprämie auf 200 €/ha Gehölzfläche führte 2024, auch aufgrund des praxisfernen Förderrahmens der Ökoregelung 3, ebenfalls zu keiner nennenswerten Umsetzung neuer Agroforstflächen. Mit der Erhöhung der Prämie wurde, in Anbetracht der geringen Inanspruchnahme, die bis 2027 anvisierte Zielfläche im GAP-Strategieplan (Version 4) schließlich auf 11.500 ha Gehölzfläche herabgesetzt [40]. Dieser Schritt lässt vermuten, dass die Bundesregierung die Agroforstwirtschaft nicht als eine wesentliche Maßnahme zur Erreichung der im KSG formulierten Klimaschutzziele im Bereich des LULUCF-Sektors betrachtet.

Diese Annahme deckt sich auch mit der Tatsache, dass das C-Speicherpotential der Agroforstgehölze bei den vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) veröffentlichten Klimaschutzmaßnahmen keine Berücksichtigung findet [41]. Lediglich im Bereich "Humuserhalt und -aufbau im Ackerland" wird die Agroforstwirtschaft neben anderen Maßnahmen erwähnt. Im vom Bundeskabinett im Herbst 2023 beschlossenen „Klimaschutzprogramm 2023“ wird die Agroforstwirtschaft – abgesehen von Waldgärten im urbanen Raum – überhaupt nicht als konkrete Klimaschutzmaßnahme genannt [42]. In Anbetracht dessen, dass die Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele gerade im LULUCF-Sektor sehr begrenzt sind, ist dies bemerkenswert. In einer vom Umweltbundesamt herausgegebenen Studie kommt das Öko-Institut in seinem Vergleich der Potentiale verschiedener Klimaschutzmaßnahmen im LULUCF-Sektor zu dem Schluss: "Im Vergleich zu Waldflächen kann die Anlage von Agroforst auf mineralischen Ackerböden schnell und effektiv erfolgen" [19]. Die Autoren bestätigen, dass Agroforstwirtschaft sowohl ein hohes THG-Minderungspotential besitzt als auch vergleichsweise schnell

wirken kann. Ein höheres THG-Minderungspotential wurde lediglich beim Schutz und der Wiedervernässung von Moorböden gesehen. Jedoch ist diese Maßnahme in größerem Stil sowohl technisch als auch gesellschaftlich keinesfalls einfacher umzusetzen sein, als Agroforstgehölze zu pflanzen.

Aktuell besteht zwischen dem möglichen Potential der Agroforstwirtschaft und ihrer Stellung in den derzeit vorliegenden Klimaschutzprogrammen der Bundesrepublik Deutschland eine extrem große Diskrepanz. Um diese aufzulösen, sollte die Agroforstwirtschaft klar als konkrete Klimaschutzmaßnahme benannt, ihr potentieller Beitrag bei den Zielsetzungen berücksichtigt, finanzielle Unterstützung bei der Etablierung zur Verfügung gestellt und jegliche Hürden, die einer verstärkten Umsetzung im Wege stehen, beseitigt werden.

Ein positives Signal geht diesbezüglich vom Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) aus [43]. So ist geplant, hierüber ab 2025 die Etablierung von Agroforstflächen zu fördern. Insgesamt sollen bis 2028 100 Mio. € für die Anlage von Agroforstsystemen und Hecken zur Verfügung stehen. Das sind 2,5% des voraussichtlichen Gesamtbudgets dieses Programms von 4 Mrd. €. Zwar zeigen diese Zahlen, dass der Hauptfokus auch hier nicht auf einer nennenswerten Nutzung des Agroforstpotentials liegt, dennoch könnten diese Mittel einen wichtigen, positiven Impuls zu mehr Agroforstwirtschaft und damit zu mehr Klimaschutzleistung im LULUCF-Sektor setzen. Ob das gelingt, hängt jedoch nicht zuletzt davon ab, ob die hiermit verbundene Investitionsförderung entsprechend unbürokratisch umgesetzt wird [44].

Mehr Agroforstwirtschaft bedeutet nicht nur mehr Klimaschutz

Agroforstsysteme können nicht nur Klimaschutz. Agroforstsysteme wirken multifunktional. Würden aus Klimaschutzgründen deutlich mehr Agroforstsysteme umgesetzt werden, so hätte dies auch viele weitere positive Wirkungen, von denen auf einige im Folgenden kurz verwiesen wird.

Agroforstsysteme adressieren alle drei Säulen der Nachhaltigkeit, indem sie gleichzeitig auf derselben Fläche ökologische, ökonomische und soziale Vorteile bieten. Zusätzlich zum Klimaschutz können in Abhängigkeit von der individuellen Ausgestaltung gezielt Schwerpunkte auf die Ausprägung bestimmter positiver Wechselwirkungen gelegt werden.

Agroforstsysteme fördern die Biodiversität sowohl ober- als auch unterirdisch sowie auch in angrenzenden aquatischen Lebensräumen. Neben der Bereitstellung von zusätzlichem Habitat- und Nahrungsangebot bieten die Gehölzelemente grüne Korridore bzw. Trittsteine für Wildtiere, was ihre Mobilität in der Landschaft unterstützt (Biotopvernetzung). Die Vielfalt der Landschaft und die erhöhte Biodiversität unterstützen komplexe Nahrungsnetze und verbessern das ökologische Gleichgewicht. So bilden die Bodenvegetation in den Gehölzstreifen wertvolle Überwinterungsmöglichkeiten u.a. für Laufkäfer, die als natürliche Gegenspieler von Schadinsekten wirken [45].

Untersuchungen belegen, dass Böden in Agroforstsystemen eine höhere biologische Aktivität aufweisen [46]. Agroforstsysteme verbessern zudem die Bodenfruchtbarkeit durch die Rückführung organischer Materialien. Durch den Schutz des Bodens vor Erosion und Austrocknung tragen Agroforstsysteme langfristig zur Erhaltung fruchtbarer Böden bei. Abhängig von den spezifischen Umweltbedingungen und der Art der eingesetzten Agroforstpraktiken belegen wissenschaftliche Studien vielfach, dass Agroforstsysteme die Erosion durch Wasser und Wind deutlich reduzieren können. In einem Agroforstsystem in Südbrandenburg betrug beispielsweise die Minderung der potentiellen Erosionsgefährdung durch Wind bis zu 97 % [47].

Die Anlage von Agroforstsystemen muss auch als sehr wichtige Maßnahme zur Minderung der Folgen des Klimawandels angesehen werden. Durch ihre Verdunstungsleistung und den Schattenwurf mindern sie die Temperatur bis in 75 m Entfernung [48] und reduzieren damit, aber vor allem auch durch ihre Windschutzwirkung, den Wasserverbrauch landwirtschaftlicher Kulturen in Dürreperioden. Auch bei den immer häufiger werdenden Starkregenereignissen können gut geplante Agroforststreifen zur Minimierung von Sturzfluten und damit auch zur Verringerung von Hochwasserlagen beitragen, indem sie den Oberflächenabfluss verringern und die Infiltration erhöhen. Insgesamt werden die Risiken von Ernteaussfällen und Sachschäden bei extremen Wetterlagen verringert. Gleichzeitig tragen die Erträge aus den Gehölzstreifen zur Diversifizierung und damit zur Stabilisierung des Einkommens in der Landwirtschaft bei. Die höhere Flächenproduktivität und Flächennutzungseffizienz können sogar zu einer Ertragssteigerung führen. Agroforstsysteme können die Produktivität landwirtschaftlicher Flächen erhöhen, nach einigen Wissenschaftlern um 30 bis 60 % [11]. Bei der Tierhaltung sorgen Schattenbäume auf Weideflächen und Futtergehölze zu messbaren Vorteilen hinsichtlich des Tierwohls, insbesondere in Hitzeperioden.

Auch auf sozialer Ebene fördern Agroforstsysteme die gesellschaftliche Akzeptanz landwirtschaftlicher Tätigkeit. Sie tragen zur Aufwertung des Landschaftsbildes bei und bieten Möglichkeiten für Naherholung, was wiederum die Attraktivität von und die Lebensqualität in ländlichen Gebieten verbessert.

Fazit

Die Klimawirksamkeit von Agroforstsystemen ist hoch. Durch eine starke Ausweitung der Agroforstwirtschaft in Deutschland (und in Europa) könnte ein signifikanter Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden, insbesondere auf Grund der hiermit verbundenen C-Senkenleistung. Zugleich können Agroforstsysteme neben zahlreichen anderen Vorteilswirkungen gerade bei Extremwetterlagen zur Sicherung der landwirtschaftlichen Produktion und damit zur Klimaanpassung beitragen. Dies ist weithin bekannt und unbestritten. Renommiertere Institutionen sehen die Agroforstwirtschaft in ihren Zukunftsszenarien als wichtigen Landnutzungsbaustein im Maßnahmenportfolio zur Erreichung der gesteckten Klimaschutzziele. Dennoch wird aktuell viel zu wenig getan, um mehr Agroforstsysteme in die Fläche zu bringen. Ein großes Potential im Rahmen des natürlichen Klimaschutzes bleibt damit derzeit ungenutzt. Damit sich dies ändert und die Agroforstwirtschaft ihrer wichtigen Rolle bei der Klimaschutzdiskussion im Landwirtschaftssektor gerecht werden kann, müssen schnell Maßnahmen ergriffen werden, die Landwirte ermuntern, in Agroforstsysteme zu investieren. Allen voran besitzen die politischen Entscheidungsträger hier eine steuernde Funktion, indem sie Anreize schaffen und Hürden beseitigen. Aber auch andere Akteure wie Verbände des Berufsstandes der Landwirte und Landbesitzer können diesbezüglich eine lenkende Wirkung entfalten. Gemeinsames Ziel muss es sein, das Potential der Agroforstwirtschaft in Sachen Klimawirksamkeit möglichst effizient zu nutzen.



Quellen

- [1] Aertsens, J., L. De Nocker, und A. Gobin, Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture. *Land Use Policy*, 2013. 31: S. 584-594.
- [2] Kumar, B.M. und P.K.R. Nair, Hrsg. *Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems – Opportunities and Challenges*. 2011, Springer. 310.
- [3] IPCC, *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, P.R. Shukla, et al., Hrsg. 2019.
- [4] Malins, C., et al., *Support to the development of methodologies for the certification of industrial carbon removals with permanent storage - Review of certification methodologies and relevant EU legislation*. 2023.
- [5] Europäisches Parlament, *REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a Union certification framework for permanent carbon removals, carbon farming and carbon storage in products*. 2024; Council of the European Union, *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a Union certification framework for permanent carbon removals, carbon farming and carbon storage in products*. 2024.
- [6] BMUB, *Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung*. 2016, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). S. 92.
- [7] Deutsche Bundesregierung, *Gesetz zur Einführung eines Bundes-Klimaschutzgesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften Vom 12. Dezember 2019*, *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2019 Teil I Nr. 48*. 2019.
- [8] Deutsche Bundesregierung, *Zweites Gesetz zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes Vom 15. Juli 2024*, *BGBl. 2024 – Nr. 235 vom 16.07.2024*. 2024.
- [9] Europäisches Parlament, *VERORDNUNG (EU) 2018/841 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 30. Mai 2018 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 und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 und des Beschlusses Nr. 529/2013/EU*. 2018.
- [10] Gensior, A., et al. *Zahlen & Fakten – Treibhausgasemissionen durch Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)*. 2025 15.01.2025; URL: <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/treibhausgas-emissionen-lulucf> [abgerufen 16.02.2025].
- [11] BMEL, *Der Wald in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur*. 2024, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). S. 60.
- [12] Kim, D.-G., M.U.F. Kirschbaum, und T.L. Beedy, *Carbon sequestration and net emissions of CH4*

and N₂O under agroforestry: Synthesizing available data and suggestions for future studies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2016. 226: S. 65-78; Baah-Acheamfour, M., et al., Forest and grassland cover types reduce net greenhouse gas emissions from agricultural soils. *Sci Total Environ*, 2016. 571: S. 1115-27.

[13] Hübner, R., et al., Kohlenstoffzertifizierung in der Agroforstwirtschaft?! Potentiale, Erfassung und Handlungsempfehlungen. *Berichte über Landwirtschaft*, 2022. 100(2): S. 1-33.

[14] Kay, S., et al., Agroforestry is paying off – Economic evaluation of ecosystem services in European landscapes with and without agroforestry systems. *Ecosystem Services*, 2019. 36.

[15] Kay, S., et al., Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land Use Policy*, 2019. 83: S. 581-593.

[16] Tsonkova, P. und C. Böhm, CO₂-Bindung durch Agroforst-Gehölze als Beitrag zum Klimaschutz, in *AUFWERTEN Loseblattsammlung*, C. Böhm, Hrsg. 2020, BTU Cottbus-Senftenberg: Cottbus.

[17] Wiegmann, K., et al., Klimaschutz in der GAP 2023-2027: Wirkungsbeitrag und Ausgaben – 2. Auflage, in *TEXTE*, Umweltbundesamt, Hrsg. 2023: Dessau-Rosslau. S. 94.

[18] Hennenberg, K., et al., Interpretation des Klimaschutzgesetzes für die Waldbewirtschaftung verlangt adäquate Datenbasis – Reaktion auf die Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Waldpolitik beim BMEL (vom 22.06.2021), in *Öko-Institut Working Paper*. 2021, Öko-Institut e.V. S. 28.

[19] Reise, J., et al., Abschlussbericht – Klimaschutzmaßnahmen im LULUCF-Sektor: Potenziale und Sensitivitäten – Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt Transformation zu einem vollständig treibhausgasneutralen Deutschland (CARE), in *CLIMATE CHANGE*. 2024, Umweltbundesamt: Öko-Institut, Berlin. S. 71.

[20] Schindler, Z., et al., In a nutshell: exploring single tree parameters and above-ground carbon sequestration potential of common walnut (*Juglans regia* L.) in agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 2023. 97(6): S. 1007-1024.

[21] Wiedermann, E., et al., Festlegung von Kohlenstoff in Streuobstwiesen des Alpenvorlands. *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft*. Vol. 1. 2022, Freising: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). 65.

[22] Drexler, S., A. Gensior, und A. Don, Carbon sequestration in hedgerow biomass and soil in the temperate climate zone. *Regional Environmental Change*, 2021. 21(3).

[23] Böhm, C., M. Kanzler, und R. Pecenka, Untersuchungen zur Ertragsleistung (Land Equivalent Ratio) von Agroforstsystemen, in *AUFWERTEN Loseblattsammlung*, C. Böhm, Hrsg. 2020, BTU Cottbus-Senftenberg: Cottbus.

[24] Council of the European Union, Interinstitutional File: 2022/0394(COD) – Union certification framework for carbon removals. 2024: Brussels.

- [25] Council of the European Union, Interinstitutional File: 2023/0232(COD): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law). 2024.
- [26] Europäisches Parlament, Verordnung 2024/1991 – VERORDNUNG (EU) 2024/1991 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 24. Juni 2024 über die Wiederherstellung der Natur und zur Änderung der Verordnung (EU) 2022/869. 2024.
- [27] BMEL, Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2023. 2023, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). S. 150.
- [28] Joosten, H., F. Tanneberger, und A. Moen, Hrsg. Mires and peatlands of Europe – Status, distribution and conservation. 2017, Schweitzerbart Science Publishers: Stuttgart. 780.
- [29] Iost, S., et al., Holzaufkommen und -verwendung in Deutschland – Entwicklung seit 2000 und Ausblick bis 2040, in Thünen Working Paper. 2024, Johann Heinrich von Thünen-Institut – Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei: Hamburg.
- [30] Agora Energiewende und Agora Verkehrswende, Der CO₂-Preis für Gebäude und Verkehr - Ein Konzept für den Übergang vom nationalen zum EU-Emissionshandel. 2023, Agora Energiewende: Berlin. S. 51.
- [31] Kanzler, M., et al., Microclimate effects on evaporation and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield within a temperate agroforestry system. *Agroforestry Systems*, 2018. 93(5): S. 1821-1841.
- [32] BLE. Bundesinformationszentrum Landwirtschaft – Was wächst auf Deutschlands Feldern? 2024 05.02.2024; [abgerufen am 2024 09.09.].
- [33] Beierkuhnlein, C., R. Stahlmann, und J. Geist, Erfüllung der Ziele im Flächennaturschutz bis zum Jahr 2030 – Kriterien und Prioritäten. *Naturschutz und Landschaftsplanung (NuL)*, 2023. 55(7): S. 16-21.
- [34] Agora Agriculture, Agriculture, forestry and food in a climate neutral EU. The land use sectors as part of a sustainable food system and bioeconomy. 2024. S. 212.
- [35] Prognos und Öko-Institut e.V. Erstellung einer Szenarioanalyse für Bedarfe und Potenziale von Negativemissionen in Deutschland im Rahmen der Langfriststrategie Negativemissionen (LNe) – Szenariodesign, Varianten und Sensitivitäten. 2024 17.10.2024; URL: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/Negativemissionen-Dokumente/241017-l-ne-2-ag1-prasentation.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [abgerufen 16.02.2025].
- [36] BMWK. Der CO₂-Preis: Wichtiger Beitrag zum Klimaschutz. 2025; URL: <https://www.energie-wechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Dossier/co2-preis.html> [abgerufen 14.02.2025].
- [37] DeFAF e.V. DeFAF Agroforst-Landkarte – Übersicht zu eingetragenen Agroforstflächen 2024 – Stand 31.12.2024. 2025; URL: <https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2025/02/DeFAF-2025-Uebersicht-zu-Agroforstflaechen-in-Deutschland-2024.pdf> [abgerufen 14.02.2025].

[38] BMEL, Referentenentwurf des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft – Dritte Verordnung zur Änderung der GAP-Direktzahlungen-Verordnung – Bearbeitungsstand: 14.08.2023. 2023, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).

[39] Böhm, C., Themenblatt Nr. 3: Agroforstsysteme in der GAP ab 2023 – ein Überblick, Deutscher Fachverband für AGroforstwirtschaft (DeFAF) e.V., Hrsg. 2024: Cottbus.

[40] BMEL, DE - GAP-Strategieplan für die Bundesrepublik Deutschland – Version 4.0. 2024, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).

[41] BMEL, Land- und Forstwirtschaft stärken – Klima schützen – Maßnahmen der Land- und Forstwirtschaft für den Klimaschutz. 2024, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). S. 22.

[42] Deutsche Bundesregierung, Klimaschutzprogramm 2023 der Bundesregierung. 2023, BMWK,.

[43] BMUV. Lemke: Mit Natürlichem Klimaschutz Ökosysteme stärken und gegen Klimakrise angehen – Bundesregierung verabschiedet Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz zur Stärkung und Wiederherstellung von Ökosystemen. 2024 29.03.2023; URL: <https://www.bmuv.de/PM10537> [abgerufen am 2024 09.09.].

[44] Böhm, C., et al., Kurzanalyse Agroforst Jetzt! Gute Gründe für mehr Agroforst-Förderung in Deutschland 2024, Agroforst Jetzt!, Hrsg. 2024. S. 8.

[45] Boinot, S., et al., Distribution of overwintering invertebrates in temperate agroforestry systems: Implications for biodiversity conservation and biological control of crop pests. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2019. 285.

[46] Jose, S., Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 2009. 76(1): S. 1-10.

[47] Udawatta, R.P., H.E. Garrett, und R. Kallenbach, Agroforestry buffers for nonpoint source pollution reductions from agricultural watersheds. *J Environ Qual*, 2011. 40(3): S. 800-6.

[48] Ghafarian, F., et al., The impact of small woody features on the land surface temperature in an agricultural landscape. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2024. 349.



Der Deutsche Fachverband für Agroforstwirtschaft

Sie interessieren sich für die Agroforstwirtschaft, haben aber noch Fragen dazu?

Sprechen Sie uns gerne an!

Der DeFAF e.V. steht als zentraler Ansprechpartner zu allen Themen rund um die Agroforstwirtschaft in Deutschland zur Verfügung und setzt sich dafür ein, dass die Agroforstwirtschaft als nachhaltiges Landbausystem verstärkt umgesetzt wird. Ziel ist es, die ver-

schiedenen Akteure aus Land- und Ernährungswirtschaft, Politik und Verwaltung, Naturschutz und andere Interessierte zum Thema Agroforstwirtschaft besser zu vernetzen. Nur so können gemeinsam praktikable und nachhaltige Lösungen für die zukünftige Agrarwirtschaft gefunden werden.

Der gemeinnützige Verein wirkt in mehreren Fachbereichen, die sich u. a. mit Themen wie Beratung, ökonomischen, ökologischen und rechtlichen Aspekten beschäftigen. Bei Fragen oder Anregungen kommen Sie gerne auf uns zu!

www.defaf.de

