

© **Schwerpunkt** »Landwirtschaft & Ernährung für eine Welt im Umbruch«

Was bringen Agroforstsysteme für die Umwelt?

Beispiele, Potenzialabschätzung und Bewertung der aktuellen Entwicklung in Deutschland

von Rico Hübner und Penka Tsonkova

Agroforstwirtschaft, also die Anpflanzung von Gehölzen auf Acker- oder Grünland, ist eine alte Form der Landnutzung auch in Deutschland. Streuobstwiesen und Heckenlandschaften in Norddeutschland mit ihren sog. »Knicks« erinnern an eine gemischte Landnutzung, die der Modernisierung der Landwirtschaft und ihren immer größer werdenden Maschinen weitgehend zum Opfer gefallen ist. Dabei könnte Agroforstwirtschaft mit ihrem vielfältigen Nutzen für Natur und Umwelt ein Ausweg aus der Krise der intensiven Landwirtschaft sein. Bislang bestand jedoch für landwirtschaftliche Betriebe die Gefahr, dass ihnen Direktzahlungen verloren gehen, wenn Agroforstflächen angelegt werden. Mit der neuen Förderperiode der gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) ab 2023 werden auch in Deutschland Agroforstsysteme erstmals förderfähig. Der nachfolgende Beitrag erläutert die positiven Effekte solcher Anbausysteme für den Schutz von Boden, Wasser, Klima und Biodiversität und zeigt am Beispiel des Landes Brandenburg die enormen Potenziale der Agroforstwirtschaft beim Schutz der Naturgüter auf. Abschließend werden die Rahmenbedingungen für eine Förderung der Agroforstwirtschaft auf Bundes- und Landesebene umrissen.

Angesichts der Klimakrise und der damit einhergehenden weiteren dramatischen Veränderungen wie Bodendegradation, Wasserknappheit, Auftreten neuer Schadorganismen, Biodiversitätsverlust usw., wird ein Kurshalten nicht zum Ziel führen – aktiv Gegensteuern ist das Gebot der Stunde. Mit der Agroforstwirtschaft lässt sich vielleicht ein Teil der bisherigen Entscheidungen in der Agrarpolitik, der technischen Prämissen und der etablierten Praktiken korrigieren, um systemische Zusammenhänge stärker zu berücksichtigen und damit die natürlichen Ressourcen der Landwirtschaft zu erhalten und – zumindest wäre dies die Idealvorstellung – wieder zu regenerieren.

Unbestritten: die Etablierung und Bewirtschaftung von Agroforstsystemen ist arbeitsintensiver, komplexer, erfordert langfristige Planung und Entscheidungen und ist mit einem finanziellen Aufwand für die Bewirtschaftung verbunden, die vielen positive Effekte für die Gesellschaft, den Landwirtschaftsbetrieb und letztlich die nachfolgende Generation, dürften jedoch überwiegen. Die Anpassung an die Klimakrise, die Sicherung des Bodens und damit unser aller Nahrungsgrundlage und letztlich der Beitrag der Agroforstwirtschaft für Natur und Umwelt rechtfertigen eine finanzielle Beteiligung der Politik und würde die Verbreitung der

Agroforstwirtschaft deutlich beschleunigen. Umweltleistungen der Landwirtschaft fallen nicht vom Himmel, sie erfordern Anstrengungen bei allen Beteiligten.

Warum Agroforstwirtschaft der Landwirtschaft gut tut

Je nach Intensitätsniveau der Landwirtschaft (z. B. Ausbringungsmenge von Pflanzenschutz- und Düngemitteln) werden die für die landwirtschaftliche Produktion notwendigen Ressourcen wie Boden, Wasser und Luft, aber auch die in der Agrarlandschaft lebenden Tiere und Pflanzen beeinflusst. Häufig geht hiermit eine teils erhebliche Beeinträchtigung dieser sog. »Schutzgüter« einher. Die Folgen der jahrzehntelangen Bodenerosion, des zunehmenden Wassermangels, der steigenden Temperaturen mit Dürresommern sind europaweit feststellbar durch Ertragsstagnation (Ausnahme: Mais als C₄-Pflanze) bzw. teilweisen Ertragsrückgang, der wiederum den Eintrag organischer Substanz in den Boden vermindert.¹ Durch die Agroforstwirtschaft kann eine hohe Flächenproduktivität beibehalten und gleichzeitig vielfältige positive Umweltwirkungen erzielt bzw. bestimmte negative Effekte der Landbewirtschaftung abgemildert werden.²

Schutz des Bodens

Die Wind- und Wassererosion von fruchtbarem Boden ist weltweit eine der Hauptursachen für die Bodendegradierung, die durch die Klimakrise weiter zunimmt. Gehölzstreifen in Agroforstsystemen, sog. Alley-Cropping-Systeme, bewirken durch ihre effektive Windschutzwirkung insbesondere auf den angrenzenden Ackerflächen eine deutliche Reduktion des Bodenerosionsrisikos, am effektivsten, wenn die Gehölzstreifen entgegen der Hauptwindrichtung angelegt sind.³ Versuchsmessungen haben gezeigt, dass die mittlere Windgeschwindigkeit auf 96, 48 und 24 Meter breiten Ackerflächen zwischen den Gehölzstreifen eines Alley-Cropping-Agroforstsystems, trotz der geringen Baumhöhe von durchschnittlich 4,5 Meter, auf nur noch 85, 54 bzw. 45 Prozent des Freilandwindes verringert wird (Abb. 1). Erosionsrelevante Windereignisse, die ab Windgeschwindigkeiten von 3,6 Meter pro Sekunde als solche eingestuft werden, reduzierten sich um 41, 89 bzw. 96 Prozent. Die Gehölzstreifen selbst weisen eine ganzjährige Bodenbedeckung auf und sind deshalb nicht von Winderosion betroffen, im Gegenteil, es lagern sich verwehte Bodenbestandteile wieder ab.

Bezüglich der Wassererosion liegt die Schutzwirkung der Gehölze hauptsächlich in der permanenten Bodenbedeckung, der intensiveren Durchwurzelung des Bodens, seiner allgemein verbesserten Infiltrationsfähigkeit und der sich bildenden Laubstreu-schicht.⁴ Eine große Wurzel- und Laubmasse wirkt sich langfristig positiv auf die Anreicherung organischen Materials im Boden aus, wodurch dessen Wasserspeicherkapazität verbessert und die Infiltration gefördert wird.⁵ Für einen effizienten Wassererosionsschutz sollte die Pflanzrichtung hangparallel verlau-

fen. So wird die erosive Hanglänge verkürzt und damit das Bodenabtragsrisiko deutlich gemindert.⁶

Schutz des Wassers

Gehölzstreifen an Gewässerrändern fungieren als Pufferzone zwischen Ackerkultur und Gewässer und bewirken eine deutliche Reduktion der Stoffeinträge.⁷ Die Schutzwirkung der Gehölze liegt in der intensiven Durchwurzelung sowie in der Verminderung der Abflussenergie des Wassers durch die Bodenvegetation. Der Sediment- und Stoffeintrag in Gewässer hängt ebenfalls wesentlich von der Niederschlagsintensität, der Bodenart und der Beschaffenheit der Gehölzfläche ab. Ein Literaturreview kam zu dem Ergebnis, dass zwölf bis 18 Meter breite Gehölzstreifen, die im Kurzumtrieb bewirtschaftet werden, den Stoffaustrag in die Gewässer effektiv reduzieren konnten.⁸ Das im Grundwasser problematische Nitrat konnte in einem Alley-Cropping-System in Brandenburg durch ein zehn Meter breiten Gehölzstreifen deutlich unter dem Trinkwassergrenzwert von 50 Milligramm pro Liter abgesenkt werden.⁹ Die Auswaschungsgefahr für Nitrat in Bäche und Flüsse ist deutlich geringer als in Ackerkulturen.¹⁰ Dies liegt nicht nur am Verzicht auf Düngemittel im Bereich der Gehölze, sondern auch an deren ausgeprägten und tiefreichenden Wurzelsystem sowie der Abdriftminderung (Abb. 2).

Schutz des Klimas

Durch die extensive Bewirtschaftung der Gehölze können die klimaschädlichen Treibhausgase infolge des reduzierten Kraftstoffeinsatzes durch nicht stattfindende Bodenbearbeitungsgänge reduziert werden.¹¹ Durch den reduzierten Stickstoffeinsatz bei der Düngung werden Lachgasemissionen (N₂O) vermieden,

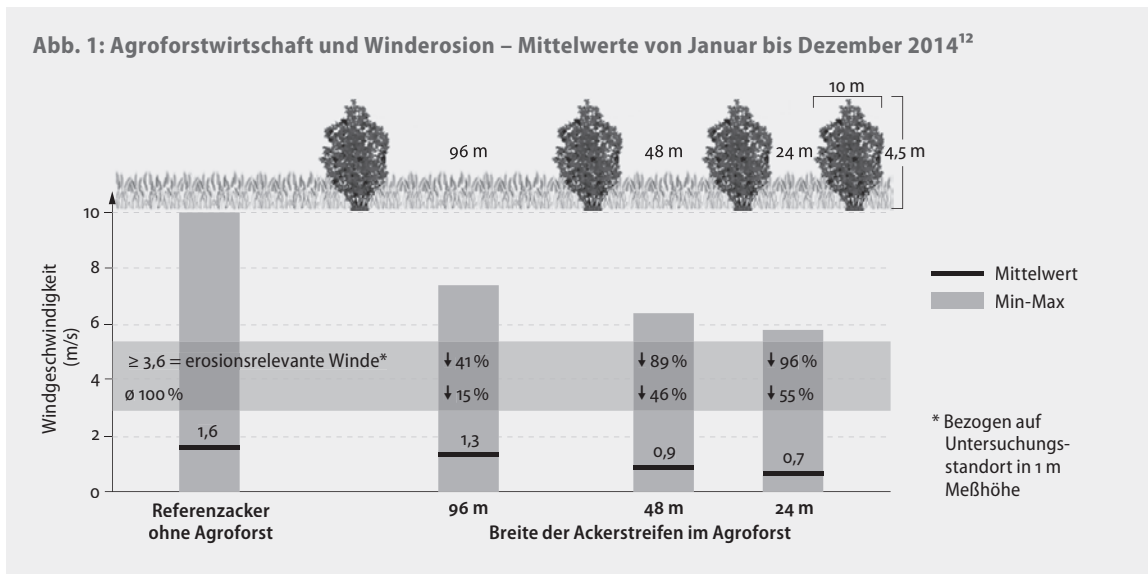
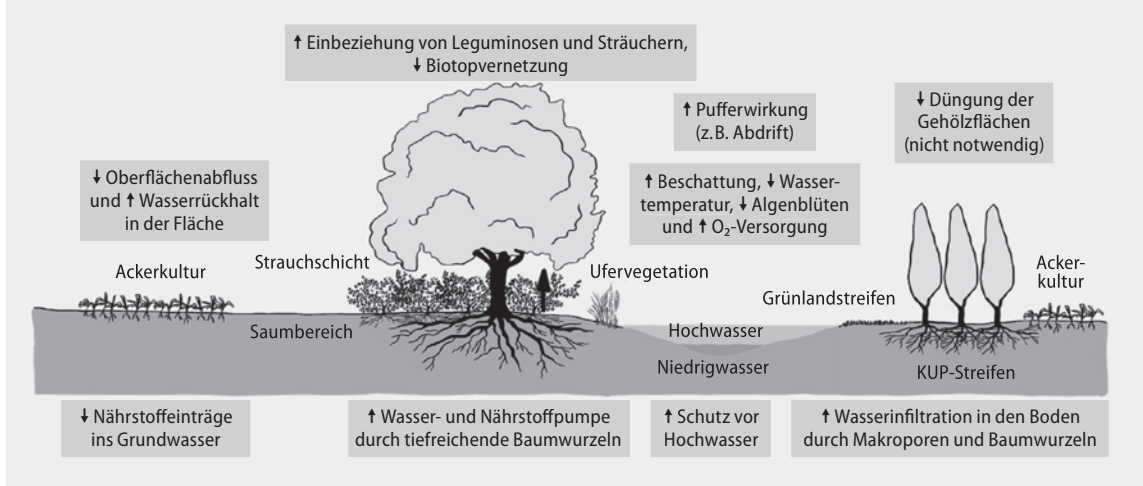


Abb. 2: Beitrag der Agroforstwirtschaft zum Gewässerschutz¹³

verbunden mit der Energieeinsparung aus der Mineraldüngerherstellung. Je größer der Gehölzanteil in einem Agroforstsystem ist, desto stärker fallen die Reduktion der Treibhausgasemissionen je Flächeneinheit ins Gewicht. Von besonderer Bedeutung ist die Bindung von CO₂ in der Holzbiomasse, da so ein erheblicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet wird.¹⁴

Das CO₂-Bindungspotenzial in der ober- und unterirdischen Biomasse kann zwischen unterschiedlichen Agroforstsystemen allerdings stark variieren.¹⁵ Wird Stamm- und Wertholz in langen Umtriebszeiten produziert, würde das CO₂-Bindungspotenzial im Fokus stehen, während bei Agroforstsystemen mit Kurzumtriebswirtschaft, bei denen das Holz häufig für die energetische Verwertung genutzt wird, das CO₂-Vermeidungspotenzial aus dem Ersatz fossiler Brennstoffe ausschlaggebend ist. Das Potenzial der CO₂-Bindung im Boden ist, verglichen zu anderen regenerativen Praktiken, erheblich und vor allem langfristig (Stichwort: Permanenz), wobei der Bodentyp und die Klimazone statistisch den größten Einfluss haben.¹⁶ Auch die vorausgegangene Bewirtschaftung hat einen starken Einfluss auf das Sequestrierungspotenzial.¹⁷ Auf degenerierten humusarmen Flächen, wie z. B. Bergbau-Rekultivierungsflächen, ist das Potenzial besonders hoch.¹⁸ Eine Metastudie über verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen aus der gemäßigten Klimazone konnte durchschnittliche Sequestrierungsraten in den obersten 20 Zentimetern von 0,21 bis 0,79 Tonnen Kohlenstoff je Hektar und Jahr ermitteln, etwas mehr als in 20 bis 40 Zentimeter Bodentiefe (0,15 bis 0,26 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar und Jahr). Heckenartige Systeme wiesen dabei die höchsten Kohlenstoffbindungsraten in Ober- und Unterböden auf, gefolgt von Alley-Cropping-Systemen und silvopastoralen Systemen, also der Agroforstwirtschaft mit Tierhaltung.¹⁹

Schutz der Biodiversität

Agroforstsysteme bewirken eine strukturelle Bereicherung der Agrarlandschaft und tragen damit potenziell zu einer Erhöhung der Artenzahlen bei.²⁰ Aus naturschutzfachlicher Sicht sind vor allem in ausgeräumten, intensiv genutzten Agrarlandschaften viele positive Effekte zu verzeichnen. Besonders vorteilhaft sind breitere Gehölzstreifen mit einer artenreichen Gehölzartenzusammensetzung und einer vielseitigen, in der Wuchshöhe gestaffelten Vegetationsstruktur.²¹ Wichtig für den Biotopverbund sind insbesondere Gehölzstreifen mit einer geschlossenen Baum- und Strauchschicht. In den Randbereichen der Gehölzflächen entstehen vielfältige Ökotope, in denen sich unterschiedliche Arten zurückziehen oder überwintern können. Wenn die Gehölzflächen nah beieinanderliegen, können sie ein Netzwerk aus Rückzugsmöglichkeiten für Insekten und andere Tiere bieten.

Den richtigen Baum am richtigen Ort

Grundsätzlich ist der Ansatz zu verfolgen, »den richtigen Baum, am richtigen Ort« zu pflanzen. Das ist allerdings beileibe nicht profan, weshalb der Deutsche Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) 2021 begonnen hat, Agroforstberater:innen und Praktiker:innen in einem einjährigen Programm der Agroforst-Akademie auszubilden.²² Mittlerweile existiert auch ein eigenes Netzwerk von spezialisierten Berater:innen.²³

Bleibt die Frage nach dem richtigen Ort, oder besser gesagt, dem idealen Ort. Hinsichtlich der maximalen Umweltwirkungen profitieren diejenigen Regionen besonders, die von Erosion, Nitratauswaschung, Bodenabschwemmung in Gewässer betroffen oder die schlichtweg »landschaftlich ausgeräumt« sind. Ge-

rade Regionen, die besonders hart von der Klimakrise betroffen sind, bedürfen dringend angepasster Lösungen. Durch die Anlage von Agroforstsystemen quasi-hangparallel oder nach dem Keyline-Design²⁴ kann sehr effektiv der oberflächige Abfluss bei Starkregenereignissen gestoppt werden, der wertvolle Boden wird in der Fläche gehalten und nicht ins Tal geschwemmt, mit den bekannten positiven Effekten. Aber auch in Zeiten von Trockenheit kann die landwirtschaftliche Produktion unter gravierender werdenden klimatischen Bedingungen aufrechterhalten werden.²⁵ Beispielsweise in Brandenburg, mit seinen leichten Böden, großen Schlägen und vielerorts kaum mehr vorhandenen natürlichen Strukturelementen, kann eine ressourcenintensive Ackerbewirtschaftung kaum einen ausreichenden Schutz des Bodens, des Wassers, der Biodiversität oder des Klimas gewährleisten (Schutzgüter). Die Erträge sind je nach Kultur teilweise im Keller: Selbst wenn das Getreide auf den Feldern sich im Wind wiegt – in vielen Fällen waren die Ähren leer.

Agroforstwirtschaft am Beispiel Brandenburgs

Agroforstsysteme, vor allem auf Ackerland, können die genannten Schutzgüter positiv beeinflussen. Dabei steigt die potenzielle Schutzwirkung in der Regel mit der Gefährdung eines Standortes bzw. einer bestimmten Bewirtschaftungsfläche. Für das Land Brandenburg wurde nach diesem Prinzip das Flächenpotenzial für eine entscheidende Verbesserung der Schutzgüter Boden, Oberflächengewässer, Grundwasser, Klima und Lebensraum, ermittelt.²⁶

Die Klimakrise führt bereits zu einer Häufung von Starkwinden, Starkregenereignissen sowie Trockenperioden, sodass eine Zunahme des Gefährdungspotenzials erwartet wird. Die Schutzgüter Boden und Grundwasser wurden daher in der Studie jeweils durch die Indikatoren potenzielle Erosionsgefährdung durch Wind und Nitratrückhaltevermögen des Bodens bewertet. Böden wurden bereits ab einer mittleren Gefährdung für geeignete Maßnahmen in Betracht gezogen. Ackerflächen, die an Gewässer grenzen und gleichzeitig erosionsgefährdet sind, haben eine besonders hohe Bedeutung für den Gewässerschutz.

Für die Schutzgüter Klimaschutz und Lebensraum wird eine andere Herangehensweise gewählt. Es wurden Flächen ausgeschlossen, wo zurzeit der Anbau von Agroforstsystemen aus verschiedenen Gründen unerwünscht oder ungeeignet ist. So ist beispielsweise in Naturschutz- und FFH-Gebieten eine Genehmigung durch die Naturschutzbehörden notwendig. Beispielsweise kann die Erhaltung ausgeräumter Landschaften zur Förderung bedrohter Vogelarten des Offenlandes eine höhere naturschutzfachliche Wertigkeit haben.

Der Anbau von Gehölzen auf Moorflächen verbietet sich aus Klimaschutzgründen quasi von selbst, da der Wasserentzug die Mineralisation organischen Materials begünstigen kann, sodass – so die Befürchtung – im Laufe der Nutzungsdauer von rund 20 Jahren die Gehölze nicht klimapositiv werden können. Im Falle, dass die Ackerfläche innerhalb eines Feldblocks zu mehr als 85 Prozent innerhalb einer dieser Schutzgebiete lag, wurde es als Potenzialfläche ausgeschlossen. Wobei in der Praxis durchaus auch das Pflanzen von Bäumen auf diesen Flächen nach Absprache mit der Naturschutzbehörde möglich ist.

Das Potenzial ist enorm

Brandenburg umfasst über eine Million Hektar Ackerfläche. Lediglich ein Anteil von sieben Prozent dieser Fläche (73.000 Hektar) würde nach unseren Berechnungen für die Anlage von Agroforst komplett herausfallen, da der Feldblock zu mehr als 85 Prozent innerhalb eines Schutzgebietes liegt. 17 Prozent der Feldblöcke mit Ackerlandnutzung in Brandenburg liegen teilweise in Schutzgebieten, wodurch die Planungen für diese Gebiete räumlich differenziert erfolgen müssten. Insgesamt 767.000 Hektar (76 Prozent der Ackerfläche) wurden als uneingeschränkt geeignet für die Etablierung von Agroforst bewertet. Hier von können auf 23 Prozent der gesamten Ackerfläche Brandenburgs sogar fünf Schutzgüter zeitgleich profitieren – hier liegt also der größte Effekt. Auf den meisten Flächen (41 Prozent) werden immerhin noch vier Schutzgüter verbessert. Die restlichen Flächen dienen zwei bzw. einem Schutzgut (sieben bzw. vier Prozent).

Demzufolge könnten Agroforstsysteme auf circa 230.000 Hektar Ackerfläche Brandenburgs fünf Schutzgütern gleichzeitig verbessern. Das Potenzial ist flächendeckend vorhanden variiert aber in den einzelnen Landkreisen erheblich (zwischen 4.000 und 48.000 Hektar). Die Schutzwirkung steht dabei in Abhängigkeit des Flächenanteils der Gehölze im Agroforstsystem. Nachdem der Gehölzflächenanteil eines Agroforstsystems als anerkannte Ökoregelung zwischen zwei und 35 Prozent der Ackerfläche liegt (Annahme: Ökoregelung Nr. 3 – Beibehaltung der Agroforstwirtschaft), ergäbe sich für ganz Brandenburg eine Gehölzfläche zwischen 4.600 und 80.500 Hektar.

Agroforstwirtschaft in der Agrarförderung

Landwirte und Landwirtinnen, die neue Agroforstsysteme anlegen wollen, können auf eine Förderung aus der Agrarpolitik zugreifen. Die gesetzlichen Voraussetzungen für die Bundesländer wurden im GAP-Strategieplan bzw. in der Verordnung zur Durchführung der GAP-Direktzahlungen (GAPDZV, § 4 Abs. 2) gelegt. Grundsätzlich ist die rechtliche Einordnung der

Agroforstwirtschaft als landwirtschaftliche Praxis in Deutschland ein Meilenstein. Damit sind die Direktzahlungen aus dem Garantiefond (Erste Säule) sicher. Ebenso bleibt der Status der Flächen als Ackerland, Dauergrünland oder Dauerkultur erhalten. Die Agroforstwirtschaft bleibt Teil der produktiven Fläche und ist keine Stilllegung (z. B. GLÖZ 8). Folgende Regeln sind zu beachten:

- Es dürfen nur Baum- und Straucharten gepflanzt werden, die nicht auf der Negativliste stehen (Anhang 1 der GAPDZV);
- bei verstreut über die Fläche angeordneten Gehölzen muss deren Anzahl zwischen 50 und 200 Stück je Hektar betragen;
- bei streifenförmig angelegten Agroforstsystemen müssen mindestens zwei Gehölzstreifen vorhanden sein und zusammen höchstens 35 Prozent der Fläche einnehmen.

Zusätzlich zur Basisprämie kann die Ökoregelung Nr. 3 »Beibehaltung einer agroforstlichen Bewirtschaftungsweise auf Acker- und Dauergrünland« in Anspruch genommen werden. Damit verbunden sind allerdings höhere Auflagen bei der Planung und Flächenauswahl – inwiefern diese durch die zusätzlichen 60 Euro je Hektar Gehölzfläche gerechtfertigt sind, bleibt abzuwarten. Folgende Regeln sind zu beachten:

- Die Breite der einzelnen Gehölzstreifen muss zwischen drei und 25 Meter betragen;
- der größte Abstand zwischen zwei Gehölzstreifen sowie zwischen einem Gehölzstreifen und dem Rand der Fläche darf maximal 100 Meter betragen;
- der kleinste Abstand (siehe oben) muss mindestens 20 Meter betragen (Ausnahme: fließgewässer-

begleitend oder in Gewässernähe kann der Abstand zum Rand der Fläche geringer sein);

Nachdem die Förderung in der Zweiten Säule nach ELER als Agrarumwelt- und Klimamaßnahme (AUKM) – also eine flächenbezogene Maßnahme – nach langem Hin und Her von den Ländern überwiegend abgelehnt wurde, haben sich einige Bundesländer im Herbst 2022 dazu entschlossen, eine investive Förderung einzuführen. Diese beträgt maximal 65 Prozent der förderfähigen Kosten, zum Teil sogar nur 40 Prozent, obwohl die geltenden EU-Verordnungen ihren Mitgliedstaaten eine Förderung bis zu 100 Prozent erlauben. Da kommt die Aufnahme der Agroforstwirtschaft in den GAK-Rahmenplan natürlich zu Pass, demnach der Bund wiederum einen größeren Anteil der Förderung übernehmen würde. Die ambitionierten Pläne des Bundeslandwirtschaftsministeriums (BMEL) zur Schaffung von 200.000 Hektar Agroforst-Gehölzfläche in der Förderperiode 2023 bis 2027 bleibt mit der beschlossenen Förderung auf Bundes- und Landesebene dennoch in weiter Ferne. Bleibt zu hoffen, dass die Förderbedingungen im Rahmen der Halbzeitbewertung der GAP oder gegebenenfalls auch früher entsprechend angepasst werden.

Ausblick

Die erzielbaren positiven Umweltwirkungen können in Summe einen Beitrag leisten, die Landwirtschaft nachhaltiger und resilienter zu gestalten. Durch eine Verbesserung des Mikroklimas können sie die Klimaresilienz landwirtschaftlich genutzter Flächen erhöhen. Verbunden sind diese Effekte, die in der Klimakrise zunehmend an Bedeutung gewinnen, mit einer Erhöhung der Ertragsstabilität oder sogar höhe-

Folgerungen & Forderungen

- Die Klimakrise und damit verbundene Herausforderungen im Bereich Bodendegradation, Wasserknappheit, Ertragsstagnation/-rückgang erfordern effektive Anpassungs- und Gegenstrategien der Landwirtschaft.
- Durch die Agroforstwirtschaft kann eine hohe Flächenproduktivität beibehalten und gleichzeitig können vielfältige positive Umweltwirkungen erzielt werden.
- Der Systemansatz der Agroforstwirtschaft erlaubt eine Verbesserung für mehrere Schutzgüter parallel, und dies auf einem Großteil der Ackerflächen. Gleichzeitig bestehen auch Gestaltungs- und Planungsspielräume, um je nach Gefährdungseinstufung strategisch vorzugehen.
- Die aktuellen Förderungsanreize seitens der Agrarpolitik bleiben hinter den Möglichkeiten und Notwendigkeiten zurück, diese Landnutzungsform in Deutschland stärker zu verbreiten.
- Die Ausgestaltung der Umsetzung sollte sich an den Anforderungen und Erfahrungen der Praxis sowie den räumlichen Möglichkeiten im Betrieb orientieren, da eine Umsetzung an zu vielen oder zu detaillierten Anforderungen zu scheitern droht.
- Flexible Lösungen und die Möglichkeiten des Experimentierens werden – neben positiven Effekten für Natur, Umwelt, Landwirtschaft – auch Innovationen und neue zukunfts zugewandte Geschäftsfelder und Praktiken generieren.

ren Erträgen. Um das dargelegte Potenzial auch nur ansatzweise zu füllen, ist eine attraktivere Förderung sowohl für kleinere als auch für größere Betriebe in Form der finanziellen Vergütung von deren Umweltleistungen angebracht. Durch die agroforstliche Bewirtschaftung können Gehölz- und Ackerkulturflächen wieder als ein System betrachtet werden, wobei die Nutzung der Gehölze ein integraler Bestandteil dieses Systems ist.

Das Thema im Kritischen Agrarbericht

- Rico Hübner: Den Wald aufs Feld holen. Agroforstwirtschaft als Option für die Landwirtschaft der Zukunft auch in Deutschland. In: Der kritische Agrarbericht 2021, S. 241-246.

Anmerkungen

- 1 M. Wiesmeier, R. Hübner und I. Kögel-Knabner: Stagnating crop yields: An overlooked risk for the carbon balance of agricultural soils? In: *Science of the Total Environment* 536 (2015), pp. 1045-1051.
- 2 C. Böhm und R. Hübner (Hrsg.): Bäume als Bereicherung für landwirtschaftliche Flächen: Ein Innovationskonzept für die verstärkte Umsetzung der Agroforstwirtschaft in Deutschland. IG AUFWERTEN. Cottbus 2020. S. 167.
- 3 C. Böhm, M. Kanzler und D. Freese: Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. In: *Agroforestry Systems* 88/4 (2014), pp. 579-591.
- 4 C. Böhm und P. Tsonkova: Effekte des Agrarholzanbaus auf mikroklimatische Kenngrößen. *Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft – Biologie, Ökologie, Management*. Hrsg. von M. Veste und C. Böhm. Berlin, Heidelberg 2018, S. 335-389.
- 5 D. Pimentel and J. Krummel: Biomass energy and soil erosion: Assessment of resource costs. In: *Biomass* 14/1 (1987), pp. 15-38.
- 6 C. Kotremba et al.: Hochauflösende GIS-basierte Bodenabtragsmodellierungen für ausgewählte Agrarstandorte in Rheinland-Pfalz. In: *Bodenschutz* 2 (2016), S. 46-56.
- 7 K. H. Lee, T. M. Isenhardt and R. C. Schultz: Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. In: *Journal of Soil and Water Conservation* 58/1 (2003), pp. 1-8.
- 8 M. Bärwolff et al.: Gewässerrandstreifen als Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsysteme. Hrsg. vom Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau 2013. S. 63.
- 9 C. Böhm et al.: Effekte agroforstlicher Wirtschaftsweisen auf die Grundwasserqualität von Ackerstandorten. In: H. Kage, K. Sieling und L. Francke-Weltmann (Hrsg.): *Multifunktionale Agrarlandschaften – Pflanzenbaulicher Anspruch, Biodiversität, Ökosystemdienstleistungen*. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 27. Kiel 2015, S. 83-84.
- 10 M. Gebel et al.: Long-term simulation of effects of energy crop cultivation on nitrogen leaching and surface water quality in Saxony/Germany. In: *Regional Environmental Change* 13 (2013), pp. 249-261.
- 11 M. Kanzler, C. Böhm und T. Domin: Vergleich von Agroforstwirtschaft und konventioneller Ackerbewirtschaftung bezüglich Energiebilanz und bewirtschaftungsbedingter Treibhausgasemission am Beispiel des Landwirtschaftsbetriebes Domin in Südbrandenburg – Loseblatt #8. In: *AUFWERTEN Loseblattsammlung*, hrsg. von IG AUFWERTEN. Freising-Cottbus 2020.
- 12 P. Tsonkova und C. Böhm: Umweltleistungen von Agroforstsystemen. In: *Ländlicher Raum* 1 (2022), S. 39.
- 13 R. Hübner und J. Günzel: *Agroforstwirtschaft – die Kunst, Bäume und Landwirtschaft zu verbinden*, Cottbus 2020, S. 34.

- 14 F. Montagnini and P. K. R. Nair: Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. In: *Agroforestry Systems* 61-62/1-3 (2004), pp. 281-295.
- 15 R. Hübner et al.: Kohlenstoffzertifizierung in der Agroforstwirtschaft?! Potentiale, Erfassung und Handlungsempfehlungen. In: *Berichte über Landwirtschaft* 100/2 (2022), S. 1-33.
- 16 R. Hübner et al.: Soil carbon sequestration by agroforestry systems in China: A meta-analysis. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 315 (2021), 107437.
- 17 D. Feliciano et al.: Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? In: *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 254 (2018), pp. 117-129.
- 18 A. Quinkenstein et al.: Assessing the carbon sequestration in short rotation coppice systems of Robinia pseudoacacia on marginal sites in NE-Germany. *Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems. Opportunities and Challenges*. (Advances in Agroforestry 8.) Ed. by B. M. Kumar and P. K. R. Nair. Heidelberg 2011, pp. 201-216.
- 19 S. Mayer et al.: Soil organic carbon sequestration in temperate agroforestry systems – A meta-analysis. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 323 (2022), 107689.
- 20 T. Reeg et al.: *Agroforstsysteme aus Sicht des Naturschutzes. Anbau und Nutzung von Bäumen auf Landwirtschaftlichen Flächen*. Wiley 2009, S. 301-311.
- 21 W. Zehlius-Eckert, C. Böhm und P. Tsonkova: *Umweltleistungen von Agroforstsystemen – Loseblatt #2*. In: *AUFWERTEN Loseblattsammlung*, hrsg. von IG AUFWERTEN. Freising-Cottbus 2020.
- 22 Nähere Infos unter: www.agroforst-akademie.de.
- 23 Nähere Infos unter: www.agroforst-beratungsnetzwerk.de.
- 24 Das Keyline-Design wurde erstmals Ende der 1940er-Jahre vom australischen Bergbaueologen und Ingenieur P. A. Yeomans entwickelt. Mittels Tiefenlockerer werden Verdichtungen im Unterboden entlang einer der Geländekontur angepassten Linieneinführung aufgebrochen, mit dem Ziel, landwirtschaftliche Flächen mit zu feuchten und zu trockenen Bereichen zu verbessern. Der Fokus liegt auf einer Verbesserung der Oberbodenbildung durch eine Förderung der Belüftung, Wasserdurchlässigkeit und Durchwurzelbarkeit. Entlang dieser sog. Schlüssel-linien können auch Mulden, Gräben oder Baumreihen angelegt werden, wobei hierbei ein Kompromiss zwischen einheitlichen Bearbeitungsweiten und dem Geländeprofil eingegangen wird.
- 25 S. Kay, M. Jäger und F. Herzog: *Ressourcenschutz durch Agroforstsysteme – standortangepasste Lösungen*. In: *Agrarforschung Schweiz* 10 (2019), S. 308-315.
- 26 P. Tsonkova et al.: *Potenzialanalyse zur Ermittlung der Flächen-eignung für die Etablierung von Agroforstwirtschaft im Land Brandenburg*. Cottbus 2022.



Dr. Rico Hübner

Wissenschaftlicher Leiter des Deutschen Fachverbands für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V. und Gastwissenschaftler an der TU München.

rico.huebner@defaf.de



Dr. Penka Tsonkova

Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung an der BTU Cottbus-Senftenberg mit einem Schwerpunkt zum Thema Agroforstwirtschaft und Umweltleistungen.

penka.tsonkova@b-tu.de