

Josef Langenberg, Ludwig Theuvsen

Agroforstwirtschaft in Deutschland: Alley-Cropping-Systeme aus ökonomischer Perspektive

Agroforestry in Germany:
Economic perspectives of alley cropping systems

113

Zusammenfassung

Die Landbewirtschaftung in Deutschland war in den letzten Jahrzehnten durch eine fortschreitende Intensivierung gekennzeichnet. Im Zuge dieser Entwicklung mussten viele Landschaftselemente wie Hecken säume, Gehölzinseln und Einzelbäume der großflächigen Bewirtschaftung weichen. Im Zeitverlauf haben jedoch ungeachtet des hohen Stellenwertes der Lebensmittelerzeugung weitere gesellschaftliche Ansprüche und Anforderungen an die landwirtschaftliche Fläche an Bedeutung gewonnen. Dazu zählen beispielsweise ökologische Aspekte und der Wunsch nach einer Aufwertung des Landschaftsbildes. Einen Beitrag dazu kann die streifenförmige Implementierung von Kurzumtriebsgehölzen in die landwirtschaftliche Fläche liefern. Die Holzstreifen erhöhen die Biodiversität, wirken einer ausgeräumten Landschaft entgegen und erhalten durch die kombinierte Agrarholz- und Feldfruchtproduktion die Wertschöpfungsfunktion der Fläche. Trotzdem werden Alley-Cropping-Agroforstsysteme in Deutschland nur in sehr geringer Anzahl und nahezu ausschließlich auf Versuchsstandorten angelegt. Die Gründe dafür können möglicherweise in wirtschaftlichen Nachteilen gegenüber der flächigen Bewirtschaftung liegen. Der vorliegende Beitrag stellt in Form eines Literaturüberblicks die ökonomische Bedeutung von Alley-Cropping-Agroforstsystemen im Vergleich zur ganzflächigen Bewirtschaftungsweise dar. Die Ergebnisse zeigen, dass Agroforstsysteme aus ökonomischer Sicht am ehesten auf Standorten mit mäßiger ackerbaulicher Eignung infrage kommen, da mit steigender Ertragskraft des Bodens die Opportunitätskosten der Kurzumtriebs-

streifen zunehmen. Gleichzeitig wird deutlich, dass Synergieeffekte zwischen Gehölzen und Feldfrüchten zu einer Steigerung der Feldfruchterträge um drei bis zehn Prozent führen müssen, damit das Alley-Cropping-System unter Rentabilitäts Gesichtspunkten gegenüber reinem Ackerbau konkurrenzfähig ist. Die Analyse zeigt ferner, dass aufgrund der verhältnismäßig hohen Anlagekosten und zugleich verzögerter Rückflüsse Liquiditätsengpässe durch die Gehölzimplementierung entstehen können. Die Untersuchungsergebnisse verdeutlichen Ansatzpunkte für gezielte Fördermaßnahmen zur Verbesserung der Rentabilität und der Liquidität von Alley-Cropping-Systemen.

Stichwörter: Literaturüberblick, Agroforstwirtschaft, ökonomische Bedeutung, Alley-Cropping, Niederwaldstreifen mit Kurzumtrieb

Abstract

Land management in Germany has been characterised by a continued intensification in recent decades. This development has come along with the replacement of landscape elements like hedges, bushes and single trees. Despite the high relevance of food supply, further social claims and requirements with regard to agricultural have land gained in importance over time. These include for example ecological aspects and the enhancement of the appearance of the landscape. Alley cropping systems with short-rotation wood can contribute to an increase of biodiversity and improved landscapes. Furthermore, the

Institut

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness, Göttingen

Kontaktanschrift

Josef Langenberg, Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, E-Mail: josef.langenberg@agr.uni-goettingen.de

Zur Veröffentlichung angenommen

13. Februar 2018

simultaneous growing of wood and crops can bring about economic benefits as well. Despite their ecological, social and economic advantages, only a very limited number of agroforestry systems has been established in Germany, mostly on experimental sites. Reasons for this may be economic disadvantages. This paper presents a comprehensive literature review about the economic effects of alley cropping agroforestry in comparison to traditional cropping. The results show that from an economic point of view agroforestry systems most is preferable for medium quality agricultural sites. Results also show that three to ten percent higher yields due to synergy effects between tree crops and field crops are needed to make alley cropping systems financially attractive. Furthermore, liquidity has to be taken into account due to the relatively high investment costs of the trees and delayed returns moreover. The results provide manifold starting for measures to increase the attractiveness of alley cropping systems.

Key words: Literature review, agroforestry, economic effects, alley cropping, short-rotation coppice

Einleitung

In Deutschland wurde die Landwirtschaft nach dem Zweiten Weltkrieg schwerpunktmäßig darauf ausgerichtet, steigende Erträge auf den vorhandenen Nutzflächen zu erwirtschaften, um den zunehmenden Nahrungsmittelbedarf der wachsenden Bevölkerung zu decken (ROHWER, 2010). Zudem zwingt der Wettbewerb um Arbeitskräfte die Landwirtschaft zum Strukturwandel und zur Intensivierung, um bei der Arbeitsproduktivität und dem Lohnniveau mit den anderen Sektoren der Volkswirtschaft zumindest annähernd Schritt halten zu können (BALMANN, 1996; BALMANN und SCHAFT, 2008, WÜRRIEHAUSEN und LAKNER, 2015). Die Ausrichtung auf einen Produktivitätszuwachs bei der Landnutzung hält vielerorts unverändert an und bedingt im Ackerbau u.a. eine großflächige Bewirtschaftung mit möglichst wenig störenden Landschaftselementen. Im Zuge des Prozesses der Intensivierung der Landnutzung sind demzufolge viele Hecken säume, Gehölzinseln, Einzelbäume sowie auch Streuobstwiesen aus der Landschaft verdrängt worden (APOLINARSKI et al., 2006; GRÜNEWALD und REEG, 2009).

Neben der Erzeugung von genügend Lebensmitteln sind jedoch im Zeitverlauf weitergehende Ansprüche und Anforderungen an die landwirtschaftlich genutzte Fläche entstanden. Wichtige Aspekte sind diesbezüglich eine Aufwertung des Landschaftsbildes, vielfältige Ökosysteme sowie eine hohe Biodiversität (OPPERMANN et al., 2013). Die Herausforderung für eine multifunktionale Landwirtschaft besteht folglich darin, die ökonomischen mit den ökologischen und sozialen Gesichtspunkten im Zuge der Lebensmittelerzeugung zu vereinen (KREMEN et al., 2012). Dadurch können die essenziellen Eigenschaften der landwirtschaftlichen Nutzfläche hinsichtlich der natürlichen Regenerationsfähigkeit und der Stabilität erhalten

werden bei einer gleichzeitig marktorientierten Produktion. Idealerweise wird überdies zwischen den teilweise konkurrierenden Zielen der Wertschöpfungs- und der ökologischen Funktion ein gesellschaftlich anerkannter Kompromiss gefunden (KRUMMENACHER et al., 2008). Der Anbau von Agrarholz – in großflächig angelegten Kurzumtriebsplantagen oder in Mischkultursystemen – kann die zuvor genannten Ziele miteinander verbinden (REEG, 2010; DRITTLER und THEUVSEN, 2017). Besonders die streifenförmige Anpflanzung der Gehölze in Kombination mit Feldfrüchten in Agroforstsystemen im Alley-Cropping-Anbauverfahren bietet vor dem Hintergrund der Ziele einer multifunktionalen Landwirtschaft viele Vorteile. So stiften Alley-Cropping-Systeme umfangreiche ökologische Vorteile und leisten durch die Bereitstellung von nachwachsenden Rohstoffen einen Beitrag zur Erreichung von Klimaschutzziele (OPPERMANN et al., 2013); zudem werten die integrierten Gehölzstreifen das Landschaftsbild auf, namentlich in großflächig strukturierten, weitgehend ausgeräumten Agrarlandschaften (ZEHLIUS-ECKERT, 2010). Zugleich erhalten Alley-Cropping-Systeme die Wertschöpfungsfunktion des Bodens, da sie im Unterschied zu Landschaftselementen dahingehend ausgerichtet werden, eine möglichst geringe arbeitswirtschaftliche Beeinträchtigung des Ackerbaus hervorzurufen (SCHMIDT, 2011).

Trotz ihrer vielfältigen ökologischen Vorteile bei gleichzeitiger Bewahrung der Wertschöpfungsfunktion des Bodens ist der Anbauumfang von Agroforstsystemen in Deutschland sehr gering und auf wenige Versuchsstandorte begrenzt (BÄRWOLFF und VETTER, 2011). Mögliche Ursachen für die mangelnde Akzeptanz können – tatsächliche oder eventuell auch nur wahrgenommene bzw. befürchtete – ökonomische Nachteile gegenüber dem klassischen Ackerbau sein (EMMANN et al., 2013). So können die Gehölze bzw. Gehölzstreifen auch negative Einflüsse auf die angrenzenden Ackerkulturen ausüben und aufgrund von Beschattung sowie Nährstoff- und Wasser Konkurrenz zu Ertragsdepressionen bei den Feldfrüchten führen (GRÜNEWALD, 2005).

Insgesamt existiert bislang nur eine geringe Zahl an ökonomischen Untersuchungen, die den wirtschaftlichen Erfolg von Agroforstsystemen im Vergleich zu ganzflächigen annuellen Bewirtschaftungsformen analysieren oder zumindest berücksichtigen. In einem Großteil der veröffentlichten Studien zu Agroforstsystemen werden dagegen die biologischen Interaktionen der Gehölze mit dem Boden und den angrenzenden Feldfrüchten bzw. Dauerkulturen oder Wasser- sowie Nährstoffkreisläufe untersucht. Zudem unterscheiden sich Agroforstsysteme in den Tropen und Subtropen einerseits sowie der gemäßigten Zone andererseits aufgrund der unterschiedlichen klimatischen Bedingungen und der damit grundlegend verschiedenen Voraussetzungen erheblich voneinander (JUHRBAND, 2011; HEAVEY und VOLK, 2014). Die Anzahl der in den Tropen und Subtropen kultivierten Agroforstsysteme überwiegt die Zahl derjenigen in der gemäßigten Zone jedoch so deutlich, dass auch in den wissenschaftlichen Veröffentlichungen überwiegend die tropischen

und subtropischen Systeme betrachtet werden. Untersuchungen zu den Wertschöpfungsfunktionen von Agroforstsystemen in Deutschland und angrenzenden, klimatisch und naturräumlich vergleichbaren Ländern liegen somit nur in sehr begrenzter Anzahl vor und ein Gesamtüberblick über die veröffentlichten Forschungsergebnisse mit Bezug zu dieser Region fehlt vollkommen.

Das Ziel dieses Beitrags ist es daher, die verschiedenen Erscheinungsformen sowie die Entwicklung der Agroforstwirtschaft darzustellen und in Form einer Sammelrezension die bis dato bekannten Wirtschaftlichkeitsaspekte von Agroforstsystemen im Alley-Cropping-Anbauverfahren unter den für Deutschland vorherrschenden Bedingungen der gemäßigten Zone aufzuzeigen. Berücksichtigung finden diesbezüglich sowohl Studien, die sich unmittelbar auf ökonomische Berechnungen von Agrarholz bzw. Agroforstsystemen stützen, als auch Untersuchungen zu synergetischen oder konkurrierenden Effekten zwischen Gehölzen und Feldfrüchten mit mittelbarem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit.

Die methodische Vorgehensweise zur Erstellung eines Literaturüberblicks wird in Abschnitt 2 dargestellt. In Abschnitt 3 werden die Erscheinungsformen von Agroforstsystemen sowie deren charakteristische Entwicklung erläutert und es erfolgt eine rechtliche Einordnung der Agroforstwirtschaft hinsichtlich ihrer Umsetzung in Deutschland. Im vierten Abschnitt wird die Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen auf Grundlage vorliegender Veröffentlichungen betrachtet; die gewonnenen Erkenntnisse werden in Abschnitt 5 diskutiert und es wird ein Ausblick auf zukünftigen Forschungsbedarf gegeben.

Methodische Vorgehensweise

Die Grundlage der Darstellung des aktuellen Stands der Forschung zur ökonomischen Bewertung von Agroforstsystemen bildet im Folgenden die Fachliteratur, die in den Jahren von 1990 bis 2017 zu diesem Thema erschienen ist. Besondere Berücksichtigung bei der Erfassung und Auswertung finden Beiträge, in denen die Wirtschaftlichkeit von Alley-Cropping-Systemen mit Kurzumtrieb betrachtet wird. Diese Verfahrensweise der Agroforstwirtschaft, in der die Gehölze streifenförmig in die Fläche integriert und alle drei bis acht Jahre geerntet werden, gilt besonders für die gemäßigte Zone als das agroforstliche Anbausystem mit dem größten ökonomischen Potential (ZEHLIUS-ECKERT, 2010). Aufgrund der vielseitigen Gestaltungsformen hinsichtlich Baumart, Umtriebszeit, Holzverwertung und der Kultur zwischen den Gehölzstreifen, die wiederum Einfluss auf den Erosionsschutz und die synergetischen sowie konkurrierenden Effekte ausüben, können Alley-Cropping-Systeme nicht nur aus einer Perspektive gesehen werden, sondern die ökonomische Bewertung sollte hinsichtlich des jeweiligen Anbaudesigns differenziert erfolgen. Folglich wurden im Zuge der Recherche alle erfassbaren Beiträge berücksichtigt, denen Untersuchungen zu Ertragseffek-

ten von Agroforstsystemen im Vergleich zum großflächigen Anbau von Agrarholz bzw. zu annuellen landwirtschaftlichen Kulturen zugrunde liegen. Dabei wurde – wie in der Zielsetzung bereits angedeutet – der Fokus nicht allein auf direkte ökonomische Größen wie z.B. Arbeits erledigungskosten oder Kapitalkosten gelegt, sondern auch auf biologische Ertragseffekte, die sich letztlich ebenfalls auf die Wirtschaftlichkeit auswirken.

Ein Literaturüberblick ist nach ROWLEY und SLACK (2004) als Zusammenfassung eines Themengebietes definiert, die dazu beiträgt, die für den eigenen Forschungskontext existierende Literatur zu identifizieren und gleichzeitig eine Übersicht darüber zu geben. Mittels der im einschlägigen Schrifttum verwendeten Terminologie ist es möglich, die Veröffentlichungen hinsichtlich des betrachteten Fachgebietes auszumachen. Daher sind für die Literaturrecherche zunächst Suchbegriffe festgelegt worden, die im Zusammenhang mit der ökonomischen Bewertung von Agroforstsystemen als die wichtigsten Fachbegriffe und Stichworte erscheinen. Da die Suche nach einschlägigen Beiträgen sowohl für Publikationen in deutscher als auch in englischer Sprache durchgeführt wurde, ist nach Agroforstwirtschaft/Agroforestry, silvoarablen Systemen/silvoarable systems, silvopastoralen Systemen/silvopastoral systems, Niederwald mit Kurzumtrieb bzw. Kurzumtriebsplantagen/short-rotation coppice, Kurzumtriebsholz/short-rotation wood, Agrarholz/agricultural wood und Alley-Cropping recherchiert worden. Die Literatursuche umfasste weiterhin eine vollständige und vor allem systematische Suche nach allen Arten von Veröffentlichungen des betrachteten Themengebietes, um möglichst viele Beiträge zu identifizieren (GASH, 1999). Durchsucht wurden daher anhand der zuvor genannten Begriffe zum einen alle 160 wissenschaftlichen Journale, die in dem GEWISOLA-ÖGA Publikationsranking von DABBERT et al. (2009) gelistet sind, wobei nur die Ausgaben – soweit überhaupt vorher verfügbar – ab dem Jahr 1990 berücksichtigt worden sind. Das GEWISOLA-ÖGA Publikationsranking bietet diesbezüglich eine besonders gute Basis, da es auf Grundlage von Befragungen internationaler Wissenschaftler aus der agrarökonomischen Forschung die bedeutendsten 160 Publikationsorgane für die Agrarökonomie qualitätsabgestuft listet. Weiterhin sind in die Analyse Tagungsbände und Jahrbücher, wie das von der Schweizerischen Gesellschaft für Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie herausgegebene *Journal of Socio-Economics in Agriculture* (vormals *Yearbook of Socioeconomics in Agriculture*), die Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues (Tagungsbände der Jahrestagungen) sowie das *Austrian Journal of Agricultural Economics and Rural Studies* (vormals die von der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie herausgegebenen Jahrbücher) einbezogen worden. Zudem wurden auch Internetsuchmaschinen wie Google Scholar und Web of Knowledge sowie die online verfügbaren Suchfunktionen einiger Universitätsbibliotheken sowohl nach Fachbüchern als auch nach Dissertationen, Diskussionspapieren und weiteren verfügbaren Beiträgen unter

den zuvor genannten Begriffen durchsucht. Somit haben 54 Beiträge Eingang in die vorliegende Rezension gefunden und es sollten aufgrund der umfangreichen Literaturrecherche die meisten relevanten Studien zur Wirtschaftlichkeit von Agroförstsystemen im Alley-Cropping-Anbauverfahren für den Bereich der gemäßigten Zone berücksichtigt worden sein.

Agroförstsysteme als landwirtschaftliche Anbauverfahren

Formen von Agroförstsystemen

Agroförstwirtschaft ist ein Konzept der Landnutzung, bei dem einjährige landwirtschaftliche Feldfrüchte bzw. mehrjährige Dauerkulturen simultan mit Gehölzen auf derselben Fläche angebaut werden (LIESEBACH et al., 2015; OLI et al., 2015). Aufgrund der zeitgleichen Feldfrucht- und Holzproduktion entstehen Mischkultursysteme, die nicht nur von der großflächigen Landbewirtschaftung und vom Waldbau, sondern auch von Kurzumtriebsplantagen (KUP) abzugrenzen sind, da in diesen Fällen keine gemischte Nutzung der Fläche realisiert wird (BÄRWOLFF et al., 2013; LANGENBERG et al., 2017). Agroförstsysteme werden grundsätzlich in zwei Arten unterschieden: In silvoarablen Systemen werden die Gehölze in Verbindung mit Ackerkulturen angepflanzt, während in silvopastoralen Systemen die Bäume mit Grünland kombiniert werden (SPIECKER et al., 2009; BÄRWOLFF, 2013). Hinsichtlich der Unterscheidung ist es hingegen unerheblich, ob das Grünland in silvopastoralen Agroförstsystemen durch Mahd oder durch Beweidung genutzt wird. Die silvopastoralen Systeme in Verbindung mit Tierhaltung zählen zu den ältesten Formen der Agroförstwirtschaft. Vor allem Streuobstwiesen, auf denen zwischen Obstbäumen Nutztiere gehalten werden, sowie Waldwiesen und Hutewälder, die inmitten des Forstes als Weidegrund dienen und sich aufgrund des Eichel- oder Bucheckernvorkommens zur Schweinemast eignen, zählen zu den traditionellen Agroförstsystemen (NAIR, 1993; GRÜNEWALD und REEG, 2009). Im Zuge der voranschreitenden Mechanisierung in der Landwirtschaft und des zunehmenden Vordringens des Plantagenobstbaus sowie durch umfangreiche Bautätigkeiten in Ortsnähe sind die Streuobstwiesen als eine Form der kombinierten Landnutzung insbeson-

dere seit den 1950er Jahren immer weiter zurückgegangen (SCHUBOTH, 1996; HERZOG, 1997).

Die Bäume in Agroförstsystemen können – unabhängig davon, ob sie mit Ackerkulturen oder Grünland kombiniert werden – planmäßig oder willkürlich angeordnet sein. Die heutige maschinelle Bewirtschaftung der Felder mit überwiegend schlagkräftigen Arbeitsbreiten hat jedoch dazu geführt, dass die Bäume in der Regel einer systematischen Formation folgend angelegt werden. Die Anlageschemata können dahingehend ausgerichtet sein, dass die Gehölze entlang von Wegen oder in verwinkelten Feldecken zur Begradigung angepflanzt werden, wodurch eine technologische Verbesserung des Schlages erreicht werden kann. Ebenso kann die Anpflanzung auch entlang von Gewässerrandstreifen erfolgen, wobei neben dem Vorteil der Begradigung zudem Gewässereinträge von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln reduziert werden können. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Gehölze streifenförmig in die Fläche zu integrieren; hierbei hat die Produktionsfunktion Vorrang und es können zusätzlich positive Umwelteffekte, wie die Reduzierung von Nährstoffauswaschungen und Bodenerosion, eine bessere Ausnutzung des Bodenwassers sowie eine Steigerung der Biodiversität, erzielt werden (MOSQUERA-LOSADA et al., 2009; FELDWISCH, 2011). In den sogenannten Alley-Cropping-Agroförsystemen werden die Bäume in einer Reihe (einreihig) oder in einem Streifen (aus mehreren Baumreihen bestehend) parallel zueinander und in definierten Abständen angelegt. Die Abstände zwischen den Holzstreifen werden in der Regel an die Arbeitsbreiten der landwirtschaftlichen Bearbeitungsmaschinen für die zwischenstehenden Kulturen angepasst (EICHORN et al., 2006). Die folgende Abbildung 1 zeigt ein silvoarabes Alley-Cropping-Agroförsystem von der Versuchsfläche Wendhausen.

Die Wahl der Baumart für ein Agroförstsystem bestimmt im Wesentlichen deren Verwertung. Generell kann zwischen Wertholzbäumen zur Herstellung hochwertiger Holzprodukte wie Möbeln oder Furnieren, Fruchtbäumen zur Obstproduktion und schnellwachsenden Gehölzen mit hohem Biomassezuwachs zur energetischen Nutzung unterschieden werden. Wertholz- und Fruchtbäume werden in aller Regel einreihig gepflanzt, damit sie sich gut entfalten können, wohingegen die schnellwachsenden Gehölze in Baumstreifen aus mehreren Reihen beste-



Abb. 1. Alley-Cropping-Agroförsystem in Wendhausen (Foto: Leonie Goebel)

hend angelegt werden. Die Umtriebszeiten von Wertholz- und Fruchtbäumen betragen in etwa 40 bis 70 Jahre und es ist auch eine kombinierte Nutzung möglich; Nuss- und Kirschbäume können z.B. anfangs zur Obstproduktion eingesetzt werden und sobald die Bäume hiebsreif sind, können sie einer stofflichen Nutzung zugeführt werden. Niederwaldstreifen mit Kurzumtrieb werden nach ihrer Anlage regelmäßig im drei- bis achtjährigen Umtrieb geerntet; das Erntegut wird in der Regel in Form von Hackschnitzeln einer energetischen Nutzung zugeführt. Tabelle 1 fasst die jeweiligen Formen von Agroforstsystemen und deren Eigenschaften zusammen.

Rechtliche Rahmenbedingungen der Agroforstwirtschaft

Die rechtliche Stellung von Agroforstsystemen ist in Deutschland durch das Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz; BWaldG) klar definiert. Demnach sind Agroforstsysteme nicht nur vom Wald, sondern auch von Kurzumtriebsplantagen abzugrenzen. Es gelten zwar nach § 2 Abs. 1 BWaldG alle mit Forstpflanzen bestockten Grundflächen als Wald, jedoch werden in § 2 Abs. 2 BWaldG Ausnahmen aufgeführt. Kurzumtriebsplantagen, deren Umtriebszeit nicht länger als 20 Jahre beträgt, werden nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 BWaldG nicht dem Wald zugeordnet. Flächen die agroforstlich genutzt werden, sind hingegen gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 2 BWaldG sogar grundsätzlich vom Waldbegriff ausgenommen (BMJV, 2017). Demzufolge enthalten Agroforstsysteme keine Elemente, die von Rechts wegen als Forst bzw. Wald angesehen werden, und somit handelt es sich auch bei den Werthölzern um Agrarholz. Die Abgrenzung ist von Bedeutung, da die Implementierung von Agroforstsystemen auf landwirtschaftlicher Nutzfläche nicht zu einer Änderung des Flächenstatus in Wald führt, was aufgrund der §§ 8 ff. BWaldG die Handlungsoptionen auf der Fläche ansonsten deutlich einschränken würde (BMJV, 2017).

Ökonomische Betrachtung von Agroforstsystemen im Alley-Cropping-Anbauverfahren

Der Fokus zur ökonomischen Betrachtung von Alley-Cropping-Agroforstsystemen liegt auf der Kombination von landwirtschaftlichen Kulturen neben Niederwaldstreifen mit Kurzumtrieb. Die Konzentration auf diese Anlageform der Agroforstwirtschaft geschieht vor dem Hintergrund, dass Alley-Cropping-Systeme mit schnellwachsenden Kurzumtriebsgehölzen als die agroforstliche Verfahrensweise mit dem größten ökonomischen Anbaupotential für die gemäßigte Zone gilt (ZEHLIUS-ECKERT, 2010). Die streifenförmige Implementierung von Werthölzern und Fruchtbäumen in die landwirtschaftliche Fläche hingegen eignet sich deutlich besser für die Tropen sowie Subtropen und ist daher auch vorwiegend in diesen Gebieten zu finden (BENDIX et al., 2010). Das im Wesentlichen berücksichtigte Bewertungskriterium zur ökonomischen Betrachtung der Alley-Cropping-Systeme ist die Rentabilität, aber es werden auch Liquiditätsaspekte und das Risiko betrachtet. Es werden diesbezüglich sowohl Studien herangezogen, die unmittelbare Ergebnisse zu diesen Kennzahlen generieren, als auch Studien, aus denen sich Einflussgrößen auf diese Kennzahlen ableiten lassen.

Nach GRUNDMANN und EBERTS (2009) ergibt die ökonomische Betrachtung eines landwirtschaftlichen Produktionsverfahrens hinsichtlich der Anbauwürdigkeit nur dann Sinn, wenn es mit einer alternativen Nutzungsoption verglichen wird. Für silvoarable Alley-Cropping-Agroforstsysteme mit schnellwachsenden Kurzumtriebsgehölzen ist daher aufgrund der jeweiligen Bestandteile des Mischkultursystems ein Vergleich zu annuellen Ackerkulturen sowie zu Niederwald mit Kurzumtrieb naheliegend. Für silvopastorale Systeme bietet sich entsprechend ein Vergleich zu Grünland und zu Niederwald mit Kurzumtrieb an. Da jedoch – wie in der Einleitung bereits erwähnt – nur eine sehr überschaubare Anzahl von öko-

Tab. 1. Übersicht der Formen von Agroforstsystemen

Formen	Traditionelle Agroforstsysteme		Alley-Cropping-Agroforstsysteme		
	Streubstwiese	Waldwiese, Hutewald	Werthölzer	Fruchtbäume	Kurzumtriebsstreifen
Art	silvopastoral	silvopastoral	silvoarabel, silvopastoral	silvoarabel, silvopastoral	silvoarabel, silvopastoral
Baumformation	unsystematisch	unsystematisch	systematisch	systematisch	systematisch
Verwertung der Bäume	Obst, Holz	Frucht, Holz	Möbel, Furniere, Pretiosen aus Holz	Obst, Holz	Hackschnitzel (Strom, Wärme)
Umtriebszeit	40 bis 70 Jahre	40 bis 70 Jahre	40 bis 70 Jahre	40 bis 70 Jahre	3 bis 8 Jahre
Bäume	Apfel, Birne, Kirsche, Pflaume, Pfirsich	Buche, Eiche, Kastanie	Ahorn, Esche, Erle, Kirsche, Nuss, Robinie, Linde, Ulme	Apfel, Birne, Kirsche, Pflaume, Pfirsich, Nuss, Kastanie	Pappel, Weide, Robinie, Erle, Birke, Esche, Eiche

Quelle: Eigene Darstellung nach FNR (2017).

nomischen Betrachtungen zwischen Agroforstsystemen und der konventionellen Landbewirtschaftung existiert, werden zunächst auch ökonomische Bewertungen zwischen der klassischen Landbewirtschaftung und dem Agrarholzanbau im Allgemeinen berücksichtigt.

WOLBERT-HAVERKAMP (2012) vergleicht diesbezüglich den Pappelanbau in Kurzumtriebsplantagen mit einer Fruchtfolge bestehend aus Winterweizen, Wintertraps und Wintergerste für die zwei deutschen Standorte Kalkreuth und Methau um zu eruieren, wie die Rentabilität von Niederwald mit Kurzumtrieb im Vergleich zum klassischen Ackerbau zu bewerten ist. Seinen Ergebnissen zufolge wird der Pappelanbau in beiden Fällen von der Fruchtfolge dominiert, da die Pappeln einen geringeren zu erwartenden jährlichen Gewinnbeitrag erzielen als die Ackerkulturen. GRUNDMANN und EBERTS (2009), die den Pappel- und Weidenanbau in Kurzumtriebsplantagen mit dem Anbau von Winterroggen, Winterweizen, Wintertraps und Silomais mittels Vollkostenrechnung verglichen haben, kommen hingegen zu dem Ergebnis, dass Kurzumtriebsholz eine rentable Alternative zu einjährigen Ackerkulturen darstellen kann. Sie postulieren aufgrund ihrer Ergebnisse, die sie für die Region Brandenburg ermittelt haben, dass besonders auf Flächen mit einer schlechten ackerbaulichen Eignung (Ackerzahl unterhalb von 30 Bodenpunkten) Kurzumtriebsgehölze wirtschaftliche Vorteile bieten, sofern ein gutes Wasserangebot vorhanden ist. KRÖBER et al. (2009) und WAGNER et al. (2009) schlussfolgern indes, dass unter reinen Rentabilitätsgesichtspunkten keine eindeutige Einordnung des Energieholzanbaus in das Anbauportfolio eines landwirtschaftlichen Betriebes möglich ist. Sie kommen vielmehr zu dem Ergebnis, dass die Wirtschaftlichkeit des Agrarholzanbaus aufgrund des langen Produktionszeitraums von zu vielen unbekanntem bzw. wechselhaften Einflussfaktoren wie dem Hackschnitzel- und dem Agrarpreisniveau sowie den jeweiligen Erträgen abhängt. Bezüglich ihrer Ergebnisse aus dem Jahr 2007 sei das Produktionsverfahren Energieholz beispielsweise im Vergleich zum Getreideanbau vor dem Hintergrund der seinerzeitigen Ertrags- und Preisniveaus nicht konkurrenzfähig gewesen (KRÖBER et al., 2009).

Für den kombinierten Anbau von Feldfrüchten und Niederwald mit Kurzumtrieb auf derselben Fläche müsste daraus folgen, dass Alley-Cropping-Agroforstsysteme im Vergleich zur ganzflächigen Bewirtschaftung rentabel sein können, sofern die Standortgegebenheiten sich sowohl für Feldfrüchte als auch für Agrarholz in etwa gleich gut eignen. Denn sollten die vorherrschenden örtlichen Bedingungen entweder das Agrarholz oder entsprechende Feldfrüchte deutlich begünstigen, müsste das zwangsläufig zur Benachteiligung des anderen Elements der Agroforstwirtschaft führen und eine ganzflächig einheitliche Bewirtschaftung mit nur einem der beiden Elemente rentabler erscheinen lassen. Der kombinierte Anbau auf einer Fläche führt jedoch zu Wechselwirkungen zwischen den Gehölzstreifen und den Feldfrüchten, durch die synergetische, zum Teil aber auch konkurrierende Effekte entstehen können (ZEHLIUS-ECKERT, 2010). Synergetische

Effekte führen dazu, dass die eine Kultur positive Ertragsinflüsse auf die andere Kultur ausübt bzw. dass sich beide Kulturen gegenseitig positiv in ihrer Ertragsleistung beeinflussen, wodurch die Rentabilität erhöht wird. Konkurrierende Effekte sind hingegen dadurch gekennzeichnet, dass eine Kultur negative Ertragseinflüsse auf die andere Kultur ausübt bzw. dass sich beide Kulturen gegenseitig negativ in ihrer Ertragsleistung bedingen.

Ein Faktor im Hinblick auf die Interaktionen ist u.a. die Beschattung der Feldfrüchte durch die Bäume. Die Beschattung kann einerseits bei sehr heißem Wetter die Feldfrüchte vor dem Austrocknen schützen; andererseits kann die Beschattung die Lichtkonkurrenz fördern und dadurch zu Ertragsdepressionen bei den Feldfrüchten führen. Aufgrund der für Deutschland vorherrschenden Bedingungen fällt die Konkurrenz um das Licht stärker ins Gewicht, weshalb die Gehölzstreifen in Nord-Süd-Ausrichtung angelegt werden sollten, um die Beschattung möglichst gering zu halten (BENDER et al., 2009; SCHMIDT, 2011). Der Anbau von Gehölzen in Agroforstsystemen führt im Gegensatz zu Kurzumtriebsplantagen auch dazu, dass sich die Bäume gegenseitig weniger stark beschatten. So haben LAMERRE et al. (2015) in einer Studie gezeigt, dass der Biomassertrag pro Hektar in Gehölzstreifen von Agroforstsystemen größer ist als bei referenzfähigen Kurzumtriebsplantagen, da die Anzahl der außenstehenden Bäume höher ist und diese ein schnelleres Dickenwachstum aufweisen. Ein weiterer Interaktionsfaktor ist der Windschutz. Durch die Baumstreifen wird die Windgeschwindigkeit – besonders in den ersten Metern des Lees – reduziert, wodurch die Evapotranspiration verringert wird und den Pflanzen somit ein höheres Wasserangebot zur Verfügung steht (GRÜNEWALD, 2005). Zudem wird durch das Herabsetzen der Windgeschwindigkeit auch der Windstress auf die Feldfrüchte reduziert, was zu einer besseren Wachstumsrate führen kann. Zudem wird der äolische Abtransport des Bodens verringert, wodurch die Bodenfruchtbarkeit erhalten bleibt. Im Gegenzug kann durch den Windschutz jedoch auch das Abtrocknen der Fläche verzögert werden, was besonders auf sehr feuchten Standorten den Druck durch Pilzkrankheiten erhöhen und eine schlechtere Befahrbarkeit des Bodens zur Folge haben kann (BENDER et al., 2009, SEIDEL, 2016). Um die für Deutschland überwiegenden Vorteile des Windschutzes ausnutzen zu können, empfiehlt sich eine Ausrichtung der Alley-Cropping-Streifen senkrecht zur vorherrschenden Hauptwindrichtung. Da die vorherrschende Hauptwindrichtung in den meisten Gebieten Deutschlands Westen oder Süd-Westen ist, harmonisiert die Nord-Süd Ausrichtung hinsichtlich des optimalen Lichteinfalls mit der Anlage im Sinne des Windschutzes (LESER, 1997; SCHMIDT, 2011).

Neben dem Schutz vor Winderosion bieten die Gehölzstreifen auch Schutz vor einer möglichen Bodendegradation, die aufgrund großer Wassermengen im Zusammenhang mit starken Niederschlägen verursacht werden kann. Die durch die angepflanzten Bäume bedingte Bodendurchwurzelung stabilisiert den Oberboden und schützt

ihn so vor Rillenerosion, Denudation und Nährstoffauswaschung (LESER, 1997; GRÜNEWALD, 2005). Weitere Interaktionen mit Auswirkungen auf die Ertragsleistung und damit auf die Rentabilität bestehen hinsichtlich des Wasser- und Nährstoffhaushaltes. Die Bäume können tiefegelegene Nährstoffvorräte erschließen sowie gegebenenfalls Grundwasserkörper erreichen und die Nährstoffe sowie das Wasser über Feinwurzeln den Feldfrüchten zur Verfügung stellen. Ebenso können allerdings im Bereich der Wurzelraumüberschneidungen zu Zeiten großer Nährstoff- und Wasserbedürfnisse auch Konkurrenzen um die ertragssteigernden Inputs entstehen. Ähnlich zwiespältig sind die Wirkungen des Blattfalls, der durch die Bäume im Herbst entsteht. Er kann in Form von Humusanreicherung einen Düngeneffekt auf die Feldfrüchte ausüben, jedoch können die Blätter auch eine dicke Laubschicht bilden und dadurch besonders die Entwicklung von Winterungen behindern (BENDER et al., 2009).

Neben den zuvor genannten Wechselwirkungen zwischen Feldfrüchten und Baumstreifen haben auch die Arbeitserledigungskosten bei der Bewirtschaftung von Agroforstsystemen einen Einfluss auf die Rentabilität. Nach EICHHORN et al. (2006) und WERNER et al. (2006) sollten die Kurzumtriebsstreifen in Alley-Cropping-Systemen daher in definierten Abständen und parallel zueinander angelegt werden. Abstände, die einem ganzzahligen gemeinsamen Vielfachen der Arbeitsbreiten der landwirtschaftlichen Bearbeitungsgeräte entsprechen, tragen dazu bei, die Arbeitserledigungskosten zu minimieren. Doch auch optimal in die Fläche integrierte Baumstreifen gehen mit Behinderungen im Rahmen der Feldbewirtschaftung einher und haben damit eine rentabilitätsreduzierende Erhöhung der Arbeitserledigungskosten zur Folge. Zudem führen zwei Kulturen auf einer Fläche zu häufigeren An- und Abfahrten mit Bearbeitungs-, Pflege- sowie Erntemaschinen, was ebenfalls zu einem Anstieg der Arbeitserledigungskosten führt, der umso höher ausfällt, je größer die Hof-Feld-Entfernung ist (SCHMIDT, 2011).

Im Rahmen der Rentabilitätsbetrachtung von Agroforstsystemen sind weiterhin mögliche Prämien- und Fördermaßnahmen zu berücksichtigen. Die EU-Agrarförderung erkennt Agroforstflächen zwar als beihilfefähige Flächen an, die die Förderbedingungen der 2. Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik erfüllen, jedoch wird in Deutschland bislang eine derartige Fördermaßnahme nicht angeboten (DRITTLER und THEUVSEN, 2017). Es besteht dennoch die Möglichkeit, für ein Alley-Cropping-System mit Kurzumtriebsstreifen Direktzahlungen im Rahmen der Basisprämienregelung zu generieren. Dazu kann jedoch nicht ein Flächenantrag für das gesamte Agroforstsystem gestellt werden, sondern es müssen gesonderte Anträge für die entsprechende Feldfrucht und für jeden einzelnen Gehölzstreifen als Niederwald mit Kurzumtrieb gestellt werden. Für eine erfolgreiche Antragstellung ist es zudem erforderlich, dass die für eine Förderung notwendige Mindestflächengröße von 0,3 ha nicht unterschritten wird, die von jedem Gehölz-

streifen sowie der Feldfrucht eingehalten werden muss (BMEL, 2015; DRITTLER und THEUVSEN, 2017). Für den Erhalt der Prämien ist zudem der Baumartenkatalog zu berücksichtigen: Die hinsichtlich der Betriebsprämie veröffentlichte Liste der für Niederwald mit Kurzumtrieb geeigneten Arten beschränkt sich auf Pappel, Weide, Robinie, Birke, Erle, Esche und Eiche (BÄRWOLFF et al., 2012).

Die Teilnahme an der Betriebsprämienregelung setzt ebenfalls voraus, dass die drei unter dem sogenannten Greening zusammengefassten Maßnahmen Anbaudiversifizierung, Erhalt des Dauergrünlandes und Ausweisung ökologischer Vorrangflächen eingehalten werden. Betriebe über 15 ha bewirtschafteter Ackerfläche müssen 5% des Ackerlandes als ökologische Vorrangfläche ausweisen. Agroforstsysteme können in diesem Zusammenhang zwar wiederum nicht als Ganzes angerechnet werden, die einzelnen Baumstreifen hingegen mit einer ökologischen Wertigkeit von 0,5. Demnach entsprechen zwei Hektar Agrarholz einem Hektar ökologischer Vorrangfläche, sofern auch hier die Mindestflächengröße von 0,3 ha je Gehölzstreifen eingehalten und der zuvor genannte für den Prämienhalt relevante Baumartenkatalog abzüglich der Robinie berücksichtigt wird (BÄRWOLFF et al., 2013; BMEL, 2015). Die Greeningmaßnahme der Anbaudiversifizierung ist nur für Ackerland und damit auch nur für die Ackerflächen in silvoarablen Systemen relevant. Die Erhaltung des Dauergrünlandes ist besonders bei der Anlage von silvopastoralen Agroforstsystemen auf Dauergrünland zu beachten. Denn nicht nur die Umwandlung von Grünland in Ackerland kollidiert mit dieser Greeningvorgabe, sondern auch die Anlage von Gehölzstreifen. Deren Anpflanzung führt zu einer Änderung des Flächenstatus von Dauergrünland in Dauerkultur, weshalb die landesrechtlichen Regelungen zum Grünlandumbruch zu beachten sind, die in der Regel besagen, dass für die umgebrochene Grünlandfläche an anderer Stelle Ersatz geleistet werden muss (BÄRWOLFF et al., 2012).

Im Hinblick auf die Wechselwirkungen, die rechtlichen Rahmenbedingungen und die weiteren Faktoren der Agroforstwirtschaft stellt sich die Frage, wie sich die Rentabilität eines Alley-Cropping-Systems im Vergleich zur flächigen Bewirtschaftung letztlich darstellt. BÄRWOLFF et al. (2013) kommen zu dem Ergebnis, dass die Implementierung von Kurzumtriebsstreifen unter Berücksichtigung aller Effekte und Faktoren im Vergleich zur flächigen Bewirtschaftung insgesamt zu einem ökonomischen Minderertrag zwischen 75 €/ha (Weide) und 853 €/ha (Erle) führt. Für eine durchschnittliche mehrgliedrige Fruchtfolge auf einem Standort mittlerer Güte schätzen sie für ein Alley-Cropping-Agroforstsystem in Relation zur Ackerreferenzfläche einen durchschnittlichen jährlichen Fehlbetrag von 150 €/ha. EMMANN et al. (2013) haben die Wirtschaftlichkeit von Alley-Cropping-Agroforstsystemen für den Großraum Brandenburg eingehender analysiert. Vor dem Hintergrund ihrer Planannahmen und den berücksichtigten Szenarien kommen sie zu dem Ergebnis, dass die verbleibende Ackerfläche in einem Agroforstsystem einen biologischen Mehrertrag von 3 bis

10% liefern muss, damit das Mischkultursystem gegenüber einer Referenz-Ackerfläche konkurrenzfähig ist. Zudem haben sie berechnet, dass eine jährliche Ausgleichszahlung zwischen 230 €/ha und 800 €/ha Gehölzfläche geleistet werden müsste, um die ökonomischen Nachteile auszugleichen. Weitere Ergebnisse von EMMANN et al. (2013) besagen, dass der fünfjährige Umtrieb der dreijährigen Ernterotation wirtschaftlich überlegen ist und dass eine Teilernte der Gehölzstreifen unwirtschaftlich ist. Die zusätzlichen Kosten im Fall einer zeitlich versetzten Ernte jedes einzelnen Gehölzstreifens können demnach nicht durch die Vorteile des durchgängig vorhandenen Windschutzes kompensiert werden. SCHMIDT (2011) hat in seiner Studie errechnet, dass der Ertrag der annualen Ackerkulturen während der 20-jährigen Laufzeit des von ihm modellierten Alley-Cropping-Systems jedes Jahr um 3,6% höher liegen müsste als bei der als Referenz herangezogenen ganzflächigen Bewirtschaftung, um die gleiche Annuität der Bodenrente zu erzielen. Die Annuität der Bodenrente ergibt sich in diesem Fall als die durchschnittliche jährliche Differenz von Erlösen und Kosten über die 20-jährige Laufzeit des Agroforstsystems bei einem Kalkulationszinsfuß von 4%. SCHMIDT (2011) legt für seine Berechnung ein optimal ausgestaltetes, 20 ha umfassendes Agroforstsystem zugrunde, das eine rechteckige Grundfläche mit einem Seitenverhältnis von 2:1 aufweist und in dem die Gehölzstreifen in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet sind.

Der Liquiditätsaspekt von Agrarholz und somit auch von Alley-Cropping-Agroforstsystemen ist ungeachtet der Rentabilität ebenfalls ein bedeutsamer Aspekt: Das Kapital für die kostenintensive Anlage der Gehölze ist bis zum ersten Umtrieb vollständig gebunden, und bei verhältnismäßig kurzen Umtriebszeiten von drei bis acht Jahren reicht die erste Ernte in aller Regel nicht aus, um die Investition komplett zu refinanzieren (KRÖBER et al., 2009; WAGNER et al., 2009; EMMANN et al., 2013). Während die Kapitalbindungsdauer bei annualen Ackerkulturen maximal ein Jahr beträgt, amortisiert sich ein Agroforstsystem frühestens nach der zweiten oder dritten Holzernte. Drohende Liquiditätsengpässe könnten demnach dazu führen, dass Landwirte zögerlich investieren würden, selbst wenn die Anlage der Gehölzstreifen aus Rentabilitäts Gesichtspunkten gleichwertig oder gar vorteilhaft wäre (GRUNDMANN und EBERTS, 2009). BÄRWOLFF et al. (2013) halten daher abschließend fest, dass die Schaffung einer einmaligen investiven Förderung von 2500 €/ha bis 3000 €/ha Gehölzfläche als Anreiz für Landwirte erforderlich sei, damit sie Holzstreifen anlegen. Die Förderung würde einerseits eine drohende Liquiditätslücke verhindern und andererseits die Rentabilität fördern.

Die Implementierung eines Agroforstsystems führt durch die Hinzunahme von Agrarholz zur Ausweitung des Anbauportfolios landwirtschaftlicher Betriebe. Die daraus resultierende Diversifizierung bewirkt eine Risikostreuung und hat somit eine gesamtbetriebliche Risikoreduzierung zur Folge (STAROßOM, 2013). Das durch die Diversifikation hinzugewonnene Risikomanagementinst-

ument ist jedoch auch mit Aufwand und Kosten (Informationsbeschaffung, Transaktionskosten etc.) verbunden, was sich wiederum negativ auf die Rentabilität auswirkt. Zudem entstehen durch das Agrarholz als neues Anbauprodukt hinsichtlich Nachfrageentwicklung und Vermarktung zusätzliche Unsicherheiten (GRUNDMANN und EBERTS, 2009). Agroforstsysteme schränken ferner in Teilen die Handlungsfreiheit ein, was im weitesten Sinn ebenfalls als Risikoaspekt zu berücksichtigen ist. Die Baumstreifen sind während der Anlagedauer von etwa 20 Jahren nicht variabel, sodass eine Veränderung der Arbeitsbreiten hinsichtlich der zwischenstehenden Kulturen nur bedingt möglich ist bzw. mit erhöhten Arbeits-erledigungskosten einhergeht. Gleichmaßen ist es nicht problemlos möglich, auf Rahmenbedingungen und Preisentwicklungen zu reagieren, die sich im Zeitablauf verändern. In Fruchtfolgen mit annualen Feldfrüchten können gegebenenfalls unerwartet kritisch erscheinende oder unrentabel gewordene Fruchtfolgeglieder ausgetauscht werden, wohingegen der Umgang mit Gehölzstreifen deutlich unflexibler ist. Eine vorzeitige Desinvestition würde in Abhängigkeit des Ausstiegszeitpunktes zu versunkenen Kosten führen, da neben der Rekultivierung keine alternative Verwendungsmöglichkeit der Kurzumtriebsstreifen existiert.

Diskussion und Ausblick auf zukünftigen Forschungsbedarf

Die Literaturanalyse hat gezeigt, dass für Deutschland anhand der bisher zur Verfügung stehenden Studien keine eindeutige und allgemeingültige Aussage zur Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen im Alley-Cropping-Anbauverfahren gemacht werden kann. Das ist zum einen darauf zurückzuführen, dass lediglich eine überschaubare Anzahl an Wirtschaftlichkeitsberechnungen existiert, die zudem vielfach auf Schätzungen und Annahmen basieren; zum anderen ist deutlich geworden, dass die Rentabilität der Agroforstwirtschaft von vielen Faktoren und Wechselwirkungen abhängt, die sehr stark divergieren können. Herausgestellt hat sich indes, dass in silvoarablen Systemen ein synergetisch bedingter biologischer Mehrertrag der zwischenstehenden Ackerkulturen erforderlich ist, damit das Agroforstsystem im Vergleich zur flächigen Ackerbewirtschaftung profitabel erscheint. Die durch Synergien ausgelösten Mehrerträge können jedoch am ehesten auf ertragsschwachen Standorten erreicht werden, da mit steigender Ertragskraft der Fläche die Opportunitätskosten der Kurzumtriebsstreifen zunehmen (LIEBHARD, 2007; GRUNDMANN und EBERTS, 2009; EMMANN et al., 2013). Daher sind an prädestinierten, eher ertragsschwächeren Agroforststandorten detailliertere Wirtschaftlichkeitsberechnungen erforderlich, die auf der Grundlage mehrjähriger präziser Ertragsmessungen der Agroforstsysteme und der entsprechend referenzfähigen ganzflächig bewirtschafteten Vergleichsschläge durchgeführt werden. Dazu sollten weiterhin dynamische Verfahren der Investitionsrechnung ange-

wendet werden, um die im Rahmen der mehrperiodig angelegten Agroforstsysteme unterschiedlichen Zeitpunkte der aus- und Einzahlungen berücksichtigen zu können. Ein Vergleich der jährlichen Gewinnbeiträge ermöglicht letztlich eine standortbezogene Rangfolge hinsichtlich der Rentabilität von Agroforst und Acker. Zudem empfiehlt es sich, Risikoprofile für beide Anbaualternativen zu berechnen, da u.a. REYNAUD und COUTURE (2012) gezeigt haben, dass Landwirte risikoavers sind und sie daher im Rahmen von Investitionsentscheidungen neben der zu erwartenden Höhe des Ertrages auch dessen Schwankungsbreite berücksichtigen.

Angesichts der erheblichen Unsicherheit der für die Bewertung eines Alley-Cropping-Systems relevanten Faktoren sowie der Möglichkeit der Landwirte, zeitlich flexibel über den Einstieg in die Agrarholzproduktion zu entscheiden, bietet sich zudem eine Analyse des Alley-Cropping unter Nutzung von Verfahren des Realoptionsansatzes an (DIXIT und PINDYCK, 1993; MUßHOFF und HIRSCHAUER, 2003). Zudem sind angesichts der noch bestehenden Datenunsicherheit Sensitivitätsanalysen notwendig um zu überprüfen, wie sensibel die Ergebnisse namentlich von Rentabilitäts- und Risikoanalysen auf Variationen der Annahmen reagieren. Schließlich ist vor allem mit Blick auf die Liquiditätswirkungen von Alley-Cropping-Systemen eine Betrachtung aus der Perspektive des Gesamtbetriebes sinnvoll.

Agroforstsysteme sind im Vergleich zu annuellen Kulturen aufgrund des mehrjährigen Planungshorizontes mit Herausforderungen verbunden, die über die Wirtschaftlichkeitsprognose zum Zeitpunkt der Anlage hinausgehen. Wie in Kapitel 4 erläutert, kann es aufgrund hoher Anfangsinvestitionen und später Rückflüsse zu Liquiditätseingängen kommen. Zudem ist die Handlungsfreiheit hinsichtlich Bewirtschaftung und alternativer Flächennutzung während der agroforstlichen Nutzungsdauer stark eingeschränkt bzw. nur unter nachträglicher Korrektur der Rentabilität nach unten gegeben. Ferner können sich Rahmenbedingungen wie die gesetzlichen Grundlagen während der Nutzungsdauer verändern und dadurch langfristig die Handlungsfreiheit einschränken. Ebenso sind Agroforstsysteme in Deutschland nicht in das Agrarförderrecht eingebunden und werden daher nicht als kontrollfähiges Landnutzungssystem von den Agrarverwaltungen akzeptiert. Die Erhaltung der Direktzahlungen im Rahmen der Basisprämienregelung ist folglich mit zusätzlichem bürokratischem Aufwand verbunden, da für die einzelnen Gehölzflächen und die übrige Ackerfläche jeweils eigene Anträge gestellt werden müssen (BÖHM et al., 2017). Es ist daher notwendig in Regionen, die sich aufgrund der Standortgegebenheiten für die Anlage von Agroforstsystemen eignen, eine qualitative Erhebung unter Landwirten durchzuführen. Im Zuge der Befragung gilt es zu eruieren, welche Hürden aus Sicht der Landwirte abgebaut werden müssen und welche Fördermaßnahmen aus ihrer Perspektive notwendig sind, damit die Implementierung von Agroforstsystemen eine beachtenswerte Option darstellt.

Der kombinierte Anbau von Gehölzen und Feldfrüchten in Agroforstsystemen stiftet wie eingangs erwähnt im Vergleich zur flächigen Bewirtschaftung einen hohen ökologischen Nutzen, da die Holzstreifen in der landwirtschaftlichen Fläche Nährstoffauswaschungen reduzieren, organischen Kohlenstoff binden und die Biodiversität steigern (GRÜNEWALD, 2005; SCHMITT et al., 2010). Darüber hinaus wertet der streifenförmige Anbau von Agrarholz ausgeräumte Landschaften auf und findet als nachwachsender Rohstoff gegenüber einem in Monokultur betriebenen Energiemaisanbau eine höhere gesellschaftliche Akzeptanz (PRETZSCH und SKODAWESSELY, 2010; HENKE und THEUVSEN, 2014). Welche Vorteile die Bevölkerung jedoch im Einzelnen in der Implementierung von Agroforstsystemen sieht, ist bisher nicht untersucht. Daher sollte auf Grundlage einer empirischen Erhebung analysiert werden, welchen Nutzen die Gesellschaft in den positiven externen Effekten der Agroforstwirtschaft sieht und ob eine gesellschaftliche Zustimmung existiert, diese bisher unkompenzierten Leistungen zukünftig beispielsweise im Rahmen der zweiten Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik finanziell zu fördern.

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Im Rahmen der Förderinitiative BonaRes (Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie) wird das Projekt SIGNAL (Sustainable intensification of agriculture through agroforestry) unterstützt.

Literatur

- APOLINARSKI, I., L. GAILING, A. RÖHRING, 2006: Kulturlandschaft als regionales Gemeinschaftsgut: Vom Kulturlandschaftsdilemma zum Kulturlandschaftsmanagement. In: MATTHIESEN, U., R. DANIELZYK, S. TZSCHASCHEL (Hrsg.): Kulturlandschaften als Herausforderung für die Raumplanung. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Social Science Open Access Repository, 81-98.
- BÄRWOLFF, M., A. VETTER, 2011: Mehr Struktur auf großen Schlägen – Agroforstwirtschaft auf ausgeräumter Agrarfläche Thüringens. AgroForstEnergie – Forum Agroforstsysteme, Dornburg. http://www.agroforstenergie.de/_publikationen/vortraege/V_25_Baerwolff_2011_2.Forum_AFE_TP1.pdf (Abfragedatum: 28.09.2017).
- BÄRWOLFF, M., H. HANSEN, M. HOFMANN, F. SETZER, 2012: Energieholz aus der Landwirtschaft. Gülzow, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.
- BÄRWOLFF, M., 2013: Streifenanbau in Agroforstsystemen. In: BEMMANN, A., D. BUTLER MANNING (Hrsg.): Energieplantagen in der Landwirtschaft – Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Clenze, Erling Verlag, 150-154.
- BÄRWOLFF, M., G. REINHOLD, C. FÜRSTENAU, T. GRAF, L. JUNG, A. VETTER, 2013: Gewässerrandstreifen als Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsysteme. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- BALMANN, A., 1996: Druck, Sog und die Einkommenssituation in der westdeutschen Landwirtschaft. Berichte über Landwirtschaft 74, 497-513.
- BALMANN, A., F. SCHAFT, 2008: Zukünftige ökonomische Herausforderungen der Agrarproduktion: Strukturwandel vor dem Hintergrund sich ändernder Märkte, Politiken und Technologien. Archiv Tierzucht 51, 13-24.

- BENDER, B., A. CHALMIN, T. REEG, W. KONOLD, K. MASTEL, H. SPIECKER, 2009: Moderne Agroforstsysteme mit Werthölzern – Leitfaden für die Praxis. Reute, Meisterdruck.
- BENDIX, J., H. BEHLING, T. PETERS, M. RICHTER, E. BECK, 2010: Functional biodiversity and climate change along an altitudinal gradient in a tropical mountain rainforest. In: TSCHARNTKE, T., C. LEUSCHER, E. VELDKAMP, H. FAUST, E. GUHARDJA, A. BIDIN (Hrsg.): Tropical Rainforests and Agroforests under Global Change - Ecological and Socio-economic Valuations. Berlin/Heidelberg, Springer-Verlag, 239-268.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft), 2015: Umsetzung der EU-Agrarreform in Deutschland. Ausgabe 2015, Bonn.
- BMJV (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz), 2017: Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz - BWaldG). <http://www.gesetze-im-internet.de/bwaldg/>, (Abfragedatum: 12.10.2017).
- BÖHM, C., P. TSONKOVA, W. ZEHLIUS-ECKERT, 2017: Wie können Agroforstsysteme praktikabel in das deutsche Agrarförderrecht eingebunden werden? In: BÖHM, C. (Hrsg.): Bäume in der Land (wirt)schaft – von der Theorie in die Praxis. Tagungsband mit Beiträgen des 5. Forums Agroforstsysteme. Senftenberg, BTU Cottbus, 7-16.
- DABBERT, S., E. BERG, R. HERRMANN, S. PÖCHTRAGER, K. SALHOFER, 2009: Kompass für agrarökonomische Zeitschriften: das GEWISOLA-ÖGA-Publikationsranking. *Agrarwirtschaft* **58** (2), 109-113.
- DIXIT, A.K., R.S. PINDYCK, 1993: Investment under Uncertainty. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- DRITTLER, L., L. THEUVSEN, 2017: Agrarholz als ökologische Vorrangfläche im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik. *Berichte über Landwirtschaft* **95** (2), 1-20.
- EICHHORN, M.P., P. PARIS, F. HERZOG, L.D. INCOLL, F. LIAGRE, K. MANTZANAS, M. MAYUS, G. MORENO, V.P. PAPANASTASIS, D.J. PILBEAM, A. PISANELLI, C. DUPRAZ, 2006: Silvoarable systems in Europe – past, present and future prospects. *Agroforestry Systems* **67** (1), 29-50.
- EMMANN, C., C. PANNWITZ, C. SCHAPER, L. THEUVSEN, 2013: Ökonomische Bewertung eines Alley-Cropping-Systems zur Nahrungsmittel- und Energieholzproduktion in Brandenburg. In: BAHRS, E., T. BECKER, R. BIRNER, M. BROCKMEIER, S. DABBERT, R. DOLUSCHITZ, H. GRETHE, C. LIPPERT und E. THIELE (Hrsg.): Herausforderungen des globalen Wandels für Agrarentwicklung und Welternährung. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 48, Münster, Landwirtschaftsverlag, 60-71.
- FELDWISCH, N., 2011: Rahmenbedingungen und Strategien für einen an Umweltaspekten ausgerichteten Anbau der für Sachsen relevanten Energiepflanzen. In: LfULG (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) (Hrsg.): Umweltgerechter Anbau von Energiepflanzen. Dresden, Schriftenreihe, Heft 43.
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.), 2017: Agroforstsysteme. URL: <http://energiepflanzen.fnr.de/anbausysteme/anbausysteme/agroforst/>, (Abfragedatum: 03.09.2017).
- GASH, S., 1999: Effective Literature Searching for Research. 2. Auflage. Farnham, Gower Publishing.
- GRÜNEWALD, H., 2005: Anbau schnellwachsender Gehölze für die energetische Verwertung in einem Alley-Cropping-System auf Kippsubstraten des Lausitzer Braunkohlereviere. Dissertation, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg.
- GRÜNEWALD, H., T. REEG, 2009: Überblick über den Stand der Forschung zu Agroforstsystemen in Deutschland. In: REEG, T., A. BEMANN, W. KONOLD, D. MURACH, H. SPIECKER (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim, Wiley-VCH Verlag, 233-239.
- GRUNDMANN, P., J. EBERTS, 2009: Ökonomische Bewertung von Kurzumtriebsholz: Verfahrensvergleich mit landwirtschaftlichen Kulturen im regionalen Kontext. In: REEG, T., A. BEMANN, W. KONOLD, D. MURACH, H. SPIECKER (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim, Wiley-VCH Verlag, 147-159.
- HEAVEY, J.P., T.A. VOLK, 2014: Living snow fences show potential for large storage capacity and reduced drift length shortly after planting. *Agroforestry Systems* **88** (5), 803-814.
- HENKE, S., L. THEUVSEN, 2014: Regional differenzierte Bewertung von Biogasanlagen und Kurzumtriebsplantagen. *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie* **23**, 81-90.
- HERZOG, F., 1997: Konzeptionelle Überlegungen zu Agroforstwirtschaft als Landnutzungsalternative in Europa. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung* **38**, 32-35.
- JUHRBAND, J., 2011: Economic valuation of land use change – A case study on rainforest conversion and agroforestry intensification in Central Sulawesi, Indonesia. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- KREMEN, C., A. ILES, C. BACON, 2012: Diversified farming systems: An agroecological, system-based alternative to modern industrial agriculture. *Ecology and Society* **17** (4), 44.
- KRÖBER, M., K. HANK, J. HEINRICH, P. WAGNER, 2009: Ermittlung der Wirtschaftlichkeit des Energieholzangebotes in Kurzumtriebsplantagen – Risikoanalyse mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation. In: BERG, E., M. HARTMANN, T. HECKELEI, K. HOLM-MÜLLER, G. SCHIEFER (Hrsg.): Risiken in der Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihre Bewältigung. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 44, Münster, Landwirtschaftsverlag, 127-139.
- KRUMMENACHER, J., B. MAIER, H. FRANZ, F. WEIBEL, 2008: Ökonomisches und ökologisches Potential der Agroforstwirtschaft. *Agrar-Forschung* **15** (3), 132-137.
- LAMERRE, J., K.-U. SCHWARZ, M. LANGHOF, G. VON WÜHLISCH, J.-M. GREEF, 2015: Productivity of poplar short rotation coppice in an alley-cropping agroforestry system. *Agroforestry Systems* **89** (5), 933-942.
- LANGENBERG, J., L. DRITTLER, T. VON BIERBRAUER, C. SCHAPER, L. THEUVSEN, 2017: Der Markt für Bioenergie. *German Journal of Agricultural Economics* **66** (Supplement), 107-125.
- LESER, H., 1997: Landschaftsökologie. Ansatz, Modelle, Methodik, Anwendung. 4. Auflage, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
- LIEBHARD, P., 2007: Energieholz im Kurzumtrieb – Rohstoff der Zukunft. Graz, Leopold Stocker Verlag.
- LIESEBACH, M., G. VON WUEHLISCH, H.-J. MUHS, 2015: Aspen for short-rotation coppice plantations on agricultural sites in Germany: Effects of spacing and rotation time on growth and biomass production of aspen progenies. *Forest Ecology and Management* **121** (2), 25-39.
- MOSQUERA-LOSADA, M.R., J. MCADAM, R. ROMERO-FRANCO, J.J. SANTIAGO-FRELIANES, A. RIGUEIRO-RODRIGUEZ, 2009: Definitions and Components of Agroforestry Practices in Europe In: RIGUEIRO-RODRIGUEZ, A., J. MCADAM, M.R. Mosquera-Losada (Hrsg.): Agroforestry in Europe. Current Status and Future Prospects. Springer, Dordrecht, 3-19.
- MUßHOFF, O., N. HIRSCHAUER, 2003: Bewertung komplexer Optionen. PD-Verlag, Heidenau.
- NAIR, P.K.R., 1993: An Introduction to Agroforestry. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- OLI, B.N., T. TREUE, O. LARSEN, 2015: Socio-economic determinants of growing trees on farms in the middle hills of Nepal. *Agroforestry Systems* **89** (5), 765-777.
- OPPERMANN, R., N. KASPERCZYK, B. MATZDORF, M. REUTTER, C. MEYER, R. LUICK, S. STEIN, K. AMESKAMP, J. GELHAUS, R. BLEIL, 2013: Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik 2013 und Erreichung der Biodiversitäts- und Umweltziele. Bonn, Bundesamt für Naturschutz.
- PRETZSCH, J., C. SKODAWESSELY, 2010: Sozio-ökonomische und ethische Aspekte der Kurzumtriebswirtschaft. In: BEMMANN, A., C. KNUTS (Hrsg.): Agrowood – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Technische Universität Dresden, Institut für Internationale Forst- und Holzwirtschaft, Berlin, Weißensee Verlag, 230-242.
- REEG, T., 2010: Moderne Agroforstsysteme mit Wertholzbäumen als Option der Landnutzung in Deutschland: Naturschutz, Landschaftsbild und Akzeptanz. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- REYNAUD, A., S. COUTURE, 2012: Stability of risk preference measures: results from a field experiment on French farmers. *Theory and Decision* **73** (2), 203-221.
- ROHWER, A., 2010: Die Gemeinsame Agrarpolitik der EU – Fluch oder Segen? *ifo Schnelldienst* **63** (03), 27-36.
- ROWLEY, J., F. SLACK, 2004: Conducting a literature review. *Management Research News* **27** (6), 31-39.
- SCHMIDT, C., 2011: Zur ökonomischen Bewertung von Agroforstsystemen. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- SCHMITT, A.-K., S. TISCHER, B. ELSTE, B. HOFMANN, O. CHRISTEN, 2010: Auswirkung der Energieholzproduktion auf physikalische, chemische und biologische Bodeneigenschaften auf einer Schwarzerde im Mitteldeutschen Trockengebiet. *Journal für Kulturpflanzen* **62** (6), 189-199.
- SCHUBOTH, J., 1996: Naturschutzgerechte Nutzung von Streuobstwiesen in Sachsen-Anhalt. *Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt* **33** (2), 51-55.
- SEIDEL, P., 2016: Extremwetterereignisse und ihre Auswirkungen auf Schaderreger in Weizen, Gerste und Mais. *Journal für Kulturpflanzen* **68** (11), 313-327.
- SPIECKER, H., M. BRIX, B. BENDER, 2009: Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung – Schlussbericht des Projekts „agroforst“. Berlin, Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- STAROßOM, H., 2013: Corporate Finance – Teil 2: Finanzierung in den Lebensphasen einer Unternehmung. Wiesbaden, Springer Gabler.

- WAGNER, P., J. HEINRICH, M. KRÖBER, J. SCHWEINLE, W. GROßE, 2009: Ökonomische Bewertung von Kurzumtriebsplantagen und Einordnung der Holzherzeugung in die Anbaustruktur landwirtschaftlicher Unternehmen. In: REEG, T., A. BEMMANN, W. KONOLD, D. MURACH, H. SPIECKER (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim, Wiley-VCH Verlag, 135-145.
- WERNER, A., A. VETTER, G. REINHOLD, 2006: Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Energieholz. Jena, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- WOLBERT-HAVERKAMP, M., 2012: Miscanthus und Pappelplantagen im Kurzumtrieb als Alternative zum klassischen Ackerbau – Eine Risikoanalyse mittels Monte-Carlo Simulation. Berichte über Landwirtschaft **90** (2), 302-316.
- WÜRRIEHAUSEN, N., S. LAKNER, 2015: Stand des Strukturwandels in der ökologischen Landwirtschaft. Diskussionsbeitrag 1503 des Departments für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung der Georg-August-Universität Göttingen.
- ZEHLIUS-ECKERT, W., 2010: Agroforstwirtschaft in der europäischen Forschung – mit einem Schwerpunkt auf der ökologischen Nachhaltigkeit. Agrarholz 2010, Technische Universität München.