

Bäume in der Land(wirt)schaft – von der Theorie in die Praxis

Tagungsband

Mit Beiträgen des 5. Forums Agroforstsysteme
30.11. bis 01.12.2016 in Senftenberg (OT Brieske)

Veranstalter:

Innovationsgruppe AUFWERTEN

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg



IMPRESSUM

Herausgeber:

Dr. Christian Böhm
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
Fachgebiet für Bodenschutz und Rekultivierung
Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus
E-Post: boehmc@b-tu.de

Cottbus, März 2017



Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
IKMZ - Universitätsbibliothek
ISBN 978-3-940471-27-7

Hinweis zur Haftung für Inhalte

Für den Inhalt der Beiträge einschließlich der Ergebnisdarstellung mit
Schlussfolgerungen, Konzepten und fachlichen Empfehlungen sowie der Beachtung
etwaiger Bild- und Autorenrechte sind ausschließlich die Autoren verantwortlich.

Inhalt

Vorwort	5
Agroforst – Gehölze in der Landwirtschaft	6

Vorträge (Auswahl)

<i>Christian Böhm, Penka Tsonkova, Wolfgang Zehlius-Eckert</i> Wie können Agroforstsysteme praktikabel in das deutsche Agrarförderrecht eingebunden werden?	7
<i>Michael Nahm, Christopher Morhart</i> Multifunktionalität und Vielfalt von Agroforstwirtschaft.....	17
<i>Wolfgang Zehlius-Eckert</i> Moderne Agroforstsysteme als Option für die produktionsintegrierte Kompensation (PIK) – Potenzial, aktuelle Situation und Verbesserungsvorschläge	25
<i>Gottfried Richter, Carmen Schulze</i> Versorgung des Biomasseheizwerkes Massen aus nachhaltiger Agroforstwirtschaft.....	36
<i>Vivian Böllersen</i> Agroforst mit Walnussbäumen – Erfahrungen aus Brandenburg.....	39
<i>Jaconette Mirck, Michael Kanzler, Christian Böhm</i> Ertragsleistung eines Energieholz-Alley-Cropping-Systems.....	47
<i>Alexander Sänn, Julia Pauly</i> Gütesiegel in der Landwirtschaft – eine Bestandsaufnahme der Preiszahlungsbereitschaft.....	51
<i>Roman Schneider, Christian Böhm</i> Wie wirtschaftlich sind Anbau und Verwertung von Energieholz aus Agroforstwirtschaft in einem südbrandenburgischen Landwirtschaftsbetrieb?.....	66

Poster (Auswahl)

<i>Penka Tsonkova, Christian Böhm</i> Ein kurzer Überblick über die Entstehung von Gehölzen in der Landschaft	76
<i>Rico Hübner, Johanna Härtl, Wolfgang Zehlius-Eckert, Klaus Pukall</i> Agroforst-Standardtypen und deren Wahrnehmung – erste Ergebnisse	85
<i>Paul Hofmann, Dorina Hübner-Rosenau, Ralf Bloch, Tobias Cremer</i> Konzeption eines Agroforst-Modellvorhabens für das Löwenberger Land (Brandenburg)	99

<i>Carolin Rudolf, Andrea Biertümpfel, Manuela Bärwolff</i> Agroforstsystem Dornburg	109
<i>Julius Werwoll, Maria Piehl, Jaconette Mirck</i> Einflüsse der Gehölzstreifen auf die Wüchsigkeit und den Zuckergehalt von Zuckerrüben eines Agroforstsystems	113
<i>Julia Rieken, Christian Böhm</i> Untersuchungen zu Ertrag und Begleitflora einer agroforstlich bewirtschafteten Haferfläche mit zwei Hafersorten	121
<i>Michael Kanzler, Christian Böhm, Jaconette Mirck, Dieter Schmitt, Maik Veste</i> Einfluss agroforstlicher Nutzung auf das Mikroklima, den Ackerfruchtertrag und die potentielle Evaporation	127
<i>Vanessa Schulz, Sebastian Weisenburger, Andreas Butz</i> Auswirkungen von Beschattung durch Agroforst auf landwirtschaftliche Kulturen	132
<i>Anita Swieter, Maren Langhof, Kai-Uwe Schwarz, Jörg Michael Greef</i> Biomassein- und -outputs von Ackerkulturen und schnellwachsenden Baumarten in Agroforstsystemen	138
<i>Maik Veste, Christian Halke</i> Ökophysiologische Plastizität der Photosynthese von Robinien (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) und Hybrid-Pappeln (<i>Populus nigra</i> L. x <i>P. maximowiczii</i> Henry) bei Hitzestress und Sommertrockenheit in der Niederlausitz	144
<i>Ansgar Quinkenstein, Tomasz Janus, Dirk Freese</i> Depth gradient of soil C, N and S contents in an alley cropping system for biomass production.....	158
<i>Ansgar Quinkenstein, Lina Tatiana Carrero Bastos, Dirk Freese</i> Root distribution of black locust trees in an alley cropping system	163
<i>Beatrix. Wuntke, Carola Voigt, Mia-Lana Lührs</i> Einfluss von Gehölzstrukturen auf die Vielfalt der Brutvögel in der Agrarlandschaft.....	168
<i>Frank Wagener, Jörg Böhmer, Peter Heck</i> MUNTER – „Entwicklung eines Managementsystems für Landwirte und Kommunen für mehr Umwelt- und Naturschutz durch einen optimierten Energiepflanzenanbau“	175
<i>Dominik Rutz, Juan Manuel Ugalde, Rita Mergner, Stefan Hinterreiter</i> Experiences from the EU project SRCplus.....	185
<i>Frank Reppmann, Werner Gerwin, Dirk Freese</i> Nachhaltige Biomasseerzeugung zur energetischen Verwertung auf marginalen Standorten in Europa – Bewertung der Standortqualität	189
<i>Tsvetelina Dimitrova, Frank Reppmann, Dirk Freese</i> Phytoremediation und Biomasseerzeugung auf Industriestandorten am Beispiel „ehemalige Leuchtgasanstalt“ Cottbus.....	196

Vorwort

Dieser Tagungsband umfasst Beiträge, die im Rahmen des 5. Forums Agroforstsysteme, welches am 30. November und 1. Dezember in der Kaiserkrone zu Senftenberg (OT Brieske) stattfand, in Form von Vorträgen oder Postern präsentiert bzw. vorgestellt worden. Das Forum fand unter der Schirmherrschaft der Stadt Senftenberg statt und wurde durch die Innovationsgruppe AUFWERTEN (vom BMBF gefördertes Forschungsprojekt; Förderkennzeichen: 033L129AN; www.agroforst-info.de) sowie durch das Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg veranstaltet.

Das Forum stand unter der Überschrift „Bäume in der Land(wirt)schaft – von der Theorie in die Praxis“. Vor diesem Hintergrund ist die inhaltliche Vielfalt der Beiträge dieses Tagungsbandes zu verstehen. Diese befassen sich zum Teil mit konkreten wissenschaftlichen Fragestellungen, beleuchten andererseits jedoch auch Aspekte, die vor allem für die Praxis von großer Relevanz sind. Zudem werden in einigen Beiträgen Forschungsprojekte vorgestellt oder Planungsansätze für Agroforstflächen beschrieben.

Die pflanzenbauliche Integration von Gehölzen hat auch in Mitteleuropa eine lange Tradition. In der industrialisierten und aktuell sehr stark sektoral angelegten Landwirtschaft haben komplexe Landbausysteme wie die Agroforstwirtschaft jedoch an Bedeutung verloren. Dabei würden agroforstliche Nutzungsformen in zahlreichen Agrarlandschaften eine vielversprechende Landnutzungsalternative darstellen, die dazu beitragen kann, den Spagat zwischen positiven Umweltwirkungen einerseits und ausreichendem Einkommen andererseits zu bewältigen. Damit solche Landnutzungsinnovationen nicht nur gedacht, sondern tatsächlich umgesetzt werden können, müssen wirtschafts- und gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen angepasst, bürokratische Hürden abgebaut und notwendige Freiräume zugelassen werden, müssen Ökosystemdienstleistungen angemessen honoriert werden, müssen regionale Wertschöpfung und die Wertschätzung eines nachhaltig erzeugten Agrarproduktes gefördert werden, müssen Landwirte darin unterstützt werden, sich auf anfängliche Risiken einzulassen, müssen Naturschutz und Landwirtschaft aufeinander zugehen und Kompromissbereitschaft zeigen. Damit dies gelingen kann, ist es wichtig, dass Akteure unterschiedlichster Wirkungsebenen sich untereinander zum Thema agroforstliche Landnutzung austauschen, aber auch ihre Erfahrungen, Ergebnisse und Vorhaben nach außen tragen. Auch hierzu soll dieser Tagungsband beitragen.

Agroforstsysteme können ungemein vielfältig gestaltet sein. Je nach Ausprägungsform existieren diverse Schnittstellen zu anderen Landnutzungsformen, die allgemein nicht unter den Begriff der Agroforstwirtschaft fallen, aber dennoch Gemeinsamkeiten hinsichtlich bestimmter Merkmale sowie Bewirtschaftungs- und Verwertungsformen aufweisen. Hierzu gehören z.B. der Obstbau, aber auch die Plantagenwirtschaft oder die Ansätze einer multiskalierten Landwirtschaft. Auch diese Formen der Landnutzung (hier insbesondere Kurzumtriebsplantagen) wurden von Teilnehmern des Forums diskutiert und sind somit auch in einigen Beiträgen dieses Tagungsbandes vertreten.

Agroforst – Gehölze in der Landwirtschaft

Was bedeutet Agroforstwirtschaft? Wie sind die Bäume auf einer Bewirtschaftungsfläche verteilt? Wofür können die Bäume genutzt werden? Wie beeinflussen Agroforstgehölze die Ackerkulturen? Welche Umweltwirkungen sind von Agroforstsystemen zu erwarten? Wie reagiert die Tierwelt auf Agroforstsysteme? Wo liegen Wertschöpfungspotentiale dieser Landnutzungsform? Was ist bei der Anlage von Agroforstsystemen zu beachten?

Auf alle diese Fragen liefert ein Erklärvideo Antworten, welches mit Hilfe eines Agroforstmodells (Abbildungen unten) angefertigt und auf dem 5. Forum Agroforstsysteme erstmalig aufgeführt wurde. Zu sehen ist der Film unter www.agroforst-info.de oder unter folgender Adresse:

<https://www.youtube.com/watch?v=GdkEtS2G0r0>



Wie können Agroforstsysteme praktikabel in das deutsche Agrarförderrecht eingebunden werden?

Christian Böhm^{1*}, Penka Tsonkova¹, Wolfgang Zehlius-Eckert²

¹Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046, Cottbus

¹Kontakt: T: 0355/69 4145 – F: 0355/69 2323 – E: boehmc@b-tu.de

²Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung, Emil-Ramann-Str. 6, 85354 Freising

Zusammenfassung

Damit Landwirte Agroforstsysteme verstärkt umsetzen, müssen Agroforstflächen mindestens genauso förderberechtigt sein wie konventionelle Ackerfruchtflächen. Bislang finden Agroforstsysteme im deutschen Agrarförderrecht jedoch keine Berücksichtigung. Da die Agroforstwirtschaft eine sehr komplexe Form der Landnutzung ist, muss eindeutig dargelegt werden, unter welchen Bedingungen es sich um Agroforstflächen handelt und wann nicht. Hierfür ist eine Definition von Agroforstschlägen erforderlich, die den Agrarbehörden eine Kontrollfähigkeit ermöglicht. Eine solche Definition, die Gehölzkulturen und Ackerkulturen auf einem Schlag vereint, ist bislang nicht mit dem deutschen Agrarförderrecht vereinbar. Dennoch erscheint es sinnvoll und notwendig, dass sich in den Agrarbehörden, vor dem Hintergrund einer verstärkt geforderten Multifunktionalität in der Landwirtschaft, mehr und mehr von sektoralen Denkmustern verabschiedet und neuen integrativen Landbausystemen zugewandt wird. Hierzu könnte die agrarförderrechtliche Implementierung von Agroforstsystemen einen wertvollen Beitrag liefern. Der folgende Aufsatz zeigt mit dem Vorschlag für eine Agroforstschlag-Definition einen konkreten Lösungsansatz für den behördlichen Umgang mit dieser Bewirtschaftungsform auf.

1 Einleitung

Agroforstwirtschaft steht für Landnutzungsformen, bei denen Gehölze in Kombination mit Ackerkulturen oder Grünland auf einer Bewirtschaftungsfläche angebaut und genutzt werden. In Deutschland stellt diese Art der Landnutzung eine sehr alte Bewirtschaftungsform dar. Bekannte Beispiele traditioneller Agroforstsysteme sind die Streuobstwiesen oder die Knicklandschaften Norddeutschlands. Mit der Industrialisierung der Landwirtschaft wurde diese Form der Landnutzung jedoch stark zurückgedrängt und wird aktuell kaum noch praktiziert. Vielmehr stehen viele der noch vorhandenen Agroforststrukturen heute unter besonderem Schutz, u.a. auch, weil ihnen ein hoher agrarökologischer Wert beigemessen wird.

Die nachhaltige Nutzung der Gehölze ist elementarer Bestandteil der Agroforstwirtschaft und trug vielerorts dazu bei, dass sich Kulturlandschaften herausbildeten, die heute in vielen Fällen besonders geschützt sind. Heute ist es allerdings gerade die Nutzung der

Gehölze, die im Rahmen agroforstlicher Wirtschaftsformen oftmals kritisch betrachtet wird. Da agroforstliche Nutzungsformen jedoch mit zahlreichen ökologischen und in vielen Fällen auch ökonomischen Vorteilen verbunden sein können, erscheint es ungeachtet solcher Vorbehalte durchaus lohnenswert, Agroforstsysteme wieder verstärkt in die praktische Landwirtschaft zu integrieren.

In Deutschland wird die landwirtschaftliche Praxis – wie in allen Ländern der Europäischen Union (EU) – sehr stark durch die Regelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) beeinflusst. Mit der Gemeinsamen Agrarpolitik verfolgt die EU verschiedene Ziele, deren Schwerpunkte sich nach einigen Reformen zum Teil verlagert haben. Die aktuell wichtigsten Ziele sind anlehnd an die EU (2017): 1) eine rentable Erzeugung von Nahrungsmitteln bei Gewährleistung einer sicheren und ausreichenden Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung, 2) eine nachhaltige Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen unter Beachtung von Klimaschutzmaßnahmen und 3) die Erhaltung und Förderung der Vielfalt des ländlichen Raums. Um diese Ziele zu erreichen stellt die EU ein beträchtliches Finanzmittelvolumen zur Förderung von Landwirtschaft und ländlichen Räumen bereit. So wurden im Jahr 2015 ca. 54,6 Mrd. € in der Rubrik „Nachhaltiges Wachstum, natürliche Ressourcen“ (umfasst die Ausgaben zur Förderung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume) ausgegeben (DBV 2016). Dies entspricht ca. 38,6 % des EU-Etats. Hierbei werden zwei Säulen unterschieden. Die I. Säule (= Europäische Garantiefonds für die Landwirtschaft; EGFL) umfasst vor allem Direktzahlungen an die Landwirtschaftsbetriebe für beihilfefähige Hektarflächen (Basisprämienregelung), während über die II. Säule (Europäische Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums; ELER) Maßnahmen zur Stärkung und Entwicklung des ländlichen Raums gefördert werden. Hierin enthalten sind auch Ausgaben für die „Einzelbetriebliche Förderung“ sowie für „Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen“ (AUKM). Der größte Teil der EU-Agrarfördermittel wird über die I. Säule ausgeschüttet. Lediglich 25 % entfielen im Jahr 2015 auf die II. Säule (DBV 2016). Daher sind für die Landwirtschaftsbetriebe vor allem die Direktzahlungen von großer Bedeutung. Dies zeigt sich insbesondere auf Grenzertragsstandorten, wie sie in Brandenburg häufig vorkommen. Hier können in vielen Fällen ohne Berücksichtigung der Fördermittel keine positiven Deckungsbeiträge erzielt werden. Fallen Bewirtschaftungsflächen oder Teile davon aus der Basisprämienförderung heraus, werden sie von den Behörden also als nicht beihilfefähig betrachtet, so bedeutet dies für den entsprechenden Betrieb eine Reduzierung der Direktzahlungen, wodurch ihm ein – zumindest kurzfristiger – ökonomischer Nachteil entsteht.

Der weitaus überwiegende Teil der deutschen Agrarbetriebe nimmt EU-Agrarförderungen in Anspruch. Vor diesem Hintergrund sind Agrarsysteme, die nicht oder nur teilweise bzw. nur unter Berücksichtigung eines sehr hohen bürokratischen Aufwandes beihilfefähig sind, in der Praxis nur wenig attraktiv und daher nur schwer umsetzbar. So weisen solche Agrarsysteme gegenüber geförderten Landbausystemen auch bei gleicher Produktionsleistung aufgrund der Förderdifferenz ein ökonomisches Defizit auf. Hiervon betroffen ist aktuell auch ein Großteil agroforstlicher Bewirtschaftungsformen. Um Agroforstwirtschaft in vielfältigen Ausprägungsformen in der landwirtschaftlichen Praxis umsetzen zu können, muss diese in Bezug auf die Beihilfefähigkeit konkurrenzfähig mit konventionellen Landbaumethoden sein. Insbesondere ist es erforderlich, dass Basisprämien für die gesamte Agroforstfläche, also auch jener der ackerbaulich integrierten Gehölzkulturen, gezahlt werden.

Eine Voraussetzung für die Förderung von Agrarflächen ist die Kontrollfähigkeit vor dem Hintergrund des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS). Damit Agroforstsysteme als kontrollfähig angesehen werden können, muss klar definiert sein, unter welchen Bedingungen es sich um ein Agroforstsystem handelt und wann nicht. Da Agroforstsysteme immer aus einer Gehölzkomponente und einer Ackerkultur- oder Grünlandkomponente bestehen, erscheint es nur folgerichtig, diese auch förderrechtlich auf einem gemeinsamen Schlag zu integrieren und diesem einen eigenen Nutzungscode (gemäß InVeKoS-Verordnung) zuzuordnen. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des Forschungsprojektes AUFWERTEN (BMBF-FKZ: 033L129AN) eine kontrollfähige Definition für Agroforstschläge erarbeitet, die in diesem Beitrag näher vorgestellt wird.

Die Einführung eines Nutzungscode für Agroforstschläge und damit verbunden die vollständige Beihilfefähigkeit von Agroforstflächen wird zwar aktuell seitens der Agrarbehörden als nicht vereinbar mit dem Agrarförderrecht angesehen. – So geht insbesondere die Vergesellschaftung von Dauerkulturen und annuellen Kulturen auf einem Schlag nicht mit dem gegenwärtigen Verständnis der Agrarförderpolitik konform (die EU-Kommission besteht darauf, dass Flächen mit Dauerkulturen getrennt von Ackerflächen und Dauergrünlandflächen ausgewiesen, ausgemessen und im Antrag angegeben werden, mdl. Mittl. BMEL 2016). – Doch soll die Agroforstschlag-Definition aufzeigen, wie zukunftsfähige, multifunktionale und vielfältig gestaltbare Agrarsysteme, zu denen die Agroforstwirtschaft zweifellos gehört, kontrollfähig gestaltet und so künftig im deutschen Agrarförderrecht berücksichtigt werden könnten.

2 Relevante Verordnungen und Gesetze

Das Agrarförderrecht ist äußerst komplex und in unterschiedliche Zuständigkeitsbereiche (EU, Deutschland, Bundesland) aufgeteilt. Auf EU-Ebene werden Agroforstsysteme bereits heute in verschiedenen Verordnungen berücksichtigt. Eine exakte Definition fehlt jedoch auch hier. Dies eröffnet aus Sicht der Autoren Gestaltungsspielräume auf der Ebene der Mitgliedstaaten. Allerdings ist das Thema Agroforst in der gegenwärtigen Agrarpolitik vieler Länder – so auch in Deutschland – von untergeordneter Bedeutung, weshalb diese Bewirtschaftungsform im deutschen Agrarförderrecht bislang nicht berücksichtigt wurde. Eine Übersicht zum gegenwärtigen Stand der Einbindung von Agroforstsystemen in das Agrarförderrecht der EU und Deutschlands geben Böhm et al. (2017).

Bezogen auf die deutsche Rechtsebene sind folgende Gesetze und Verordnungen für die Ausgestaltung und Überwachung der Agrarförderung von besonderer Relevanz:

- Agrarzahlungen-Verpflichtungenverordnung (AgrarZahlVerpflV),
- Direktzahlungen-Durchführungsgesetz (DirektZahlDurchfG),
- Direktzahlungen-Durchführungsverordnung (DirektZahlDurchfV),
- Verordnung über die Durchführung von Stützungsregelungen und des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoSV).

Hinsichtlich agroforstlicher Nutzungsformen sind vor allem die Gehölzkulturen von Interesse, da in den meisten Fällen eine agroforstliche Nutzung der Selbigen nicht mit den bestehenden Verordnungen vereinbar ist. Im folgenden Kapitel wird daher gesondert auf den Rechtsstatus von Gehölzen in Agrarlandschaften eingegangen.

3 Rechtliche Einordnung von Gehölzen in Agrarlandschaften

Gehölze, die in Agrarräumen wachsen unterscheiden sich häufig hinsichtlich ihres rechtlichen Status, wobei prinzipiell in drei Gehölzgruppen zu differenzieren ist:

- **Dauerkultur:** Hierunter fallen alle Gehölze, die als „Niederwald im Kurzumtrieb“ (DirektZahlDurchfV) angebaut wurden. Hierzu gehören beispielsweise die Gehölze in Kurzumtriebsplantagen, aber auch jene der Agrarholzstreifen in Energieholz-Agroforstsystemen, wie sie auch in diesem Tagungsband desöfteren beschrieben werden. Damit Gehölze als Dauerkultur anerkannt werden können, müssen verschiedene Rahmenbedingungen eingehalten werden. Hierzu zählen eine maximale Umtriebszeit von 20 Jahren, eine Mindestflächengröße von 0,3 ha (da jede Gehölz-Dauerkulturfläche einen eigenständigen Ackerschlag darstellen muss und für jenen in den meisten Bundesländern diese Mindestgröße gilt) und die Beschränkung auf bestimmte, für den Kurzumtrieb geeignete Baumarten (mehrere Baumarten auf einer Fläche sind nicht zulässig). Gehölze mit dem Status einer Dauerkultur sind beihilfefähig, d.h. ihre komplette Fläche wird als Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche anerkannt und ist daher basisprämienberechtigt. Eine Rodung der Gehölze ist ebenfalls möglich.
- **Landschaftselement:** Hierzu zählen Gehölzstrukturen, denen ein besonderer ökologischer oder landschaftskultureller Wert zugesprochen wird. Gemäß der AgrarZahlVerpflV können Hecken, Baumreihen und Feldgehölze sowie Einzelbäume, die im Sinne von § 28 BNatSchG als Naturdenkmal geschützt sind, den Status eines Landschaftselementes besitzen. Für die Anerkennung als Landschaftselement müssen definierte Flächen- bzw. Längenangaben eingehalten werden. Sämtliche Gehölzstrukturen, die gemäß AgrarZahlVerpflV als Landschaftselement gelten, werden formal einem Ackerschlag zugeordnet, in der Regel jener auf dem sie sich befinden oder an dem sie angrenzen. Somit ist die gesamte Fläche eines Landschaftselementes basisprämienberechtigt. Allerdings müssen diese Gehölzstrukturen hierfür in einem bestimmten Zustand erhalten werden. Zudem besteht für Landschaftselemente ein Beseitigungsverbot. Eine Nutzung von als Landschaftselement geltenden Gehölzen im Sinne einer agroforstlichen Bewirtschaftung ist folglich nicht möglich, weswegen Landschaftselemente nicht als Gehölzkulturkomponente von Agroforstsystemen angesehen werden können.
- **Gehölze in der Feldflur:** Hierunter fallen alle Gehölzstrukturen in Agrarräumen, die weder als Wald ausgewiesen sind noch als Dauerkultur anerkannt sind oder den Status eines Landschaftselementes besitzen. Eine agrarrechtliche Bezeichnung bzw. ein offizieller Sammelbegriff für diese Gehölzstrukturen ist derzeit nicht existent. Hierzu gehören zahlreiche Windschutzstreifen, Uferrandgehölzsäume und Gehölzformationen an Weges- bzw. Feldrändern. Die Fläche dieser Gehölzstrukturen gehört formal nicht zur landwirtschaftlichen Nutzfläche, weshalb hierfür keine Basisprämie geltend gemacht werden kann. Eine Nutzung oder gar Beseitigung dieser Gehölze ist allerdings auch hier in den meisten Fällen nicht möglich, da regionale Baumschutzsatzungen oder

Gehölzschutzverordnungen dies nicht gestatten. Folglich ist auch deren Einbindung in Agroforstsysteme prinzipiell nicht möglich.

4 Agroforstschläge als zukunftsweisende Möglichkeit der Berücksichtigung von Agroforstwirtschaft im deutschen Agrarförderrecht

Wie bereits in Kapitel 1 angedeutet, entspricht die aktuell bestehende, strikte Trennung zwischen Flächen mit Gehölzkulturen und jenen mit Ackerfrüchten bzw. Grünland nicht dem Prinzip der Agroforstwirtschaft. Zudem ist nur eine Nutzung von Agrargehölzen möglich, wenn die den Status Dauerkultur besitzen. Dies führt dazu, dass auf Ackerflächen aktuell nur dann eine agroforstliche Nutzung umgesetzt werden kann, wenn die Gehölzkulturflächen als separate Schläge betrachtet werden (Abb. 1). Hieraus resultiert ein erheblicher bürokratischer Mehraufwand, da beispielsweise auf einem Feld mit 6 Gehölzkulturstreifen insgesamt 7 Schläge (6 Gehölzkulturschläge + 1 Ackerkulturschlag) ausgeschieden werden müssen.



Abbildung 1: Derzeit praktizierte Schlageinteilung bei Ackerflächen mit Gehölzstrukturen (schematisch dargestelltes Beispiel)

Die Einführung eines Agroforstschlages hätte demgegenüber zahlreiche Vorteile. So könnten sämtliche Agrargehölze, die sich auf einer Ackerfläche befinden oder an diese angrenzen mit den dazwischen befindlichen Ackerfruchtbereichen zu einem einzigen Agroforstschlag zusammengefasst werden (Abb. 2). Dies würde nicht nur zu erheblich weniger bürokratischem Aufwand führen, sondern auch zu einer Erhöhung der Agroforstvielfalt beitragen. So müssten in einem Agroforstschlag weder Mindestgrößen für Gehölzkulturflächen eingehalten werden, was die kleinräumige Strukturvielfalt stark fördern würde, noch wäre eine Umtriebszeit- oder Baumartenbegrenzung notwendig, wodurch die Vielfalt an Agroforstsystemen erheblich gesteigert werden würde.

Damit Agroforstschläge in das Agrarförderrecht integriert werden können, muss ihre Kontrollfähigkeit gewährleistet und eine Schlag-basierte Antragstellung möglich sein. Letzteres könnte durch die Einführung eines Nutzungscodes für Agroforstschläge erreicht werden. In der Mehrzahl sind die existierenden Nutzungscodes kulturspezifisch

anzugeben, doch es gibt bereits auch aktuell schon Nutzungscodes für Mischkulturen wie für „Mischkultur mit Saatgutmischung“ oder auch für „Streuobstflächen mit Grünlandnutzung“. Die „Herausforderung“ des Agroforstschlages liegt in der Kombination von Dauerkulturen und einjährigen Kulturen (vgl. Kapitel 1). Die Kontrollfähigkeit hingegen könnte mittels einer Definition für Agroforstschläge garantiert werden. Wie eine solche aussehen kann wird im folgenden Kapitel vorgestellt.



Abbildung 2: Angestrebter Agroforstschlag mit integrierten Gehölzstrukturen (schematisch dargestelltes Beispiel)

5 Vorschlag für eine kontrollfähige Definition von Agroforstschlägen

Die Entwicklung einer kontrollfähigen Definition für Agroforstschläge erfolgte vor dem Hintergrund folgender Maßgaben:

- Gewährleistung von Vor-Ort- und Luftbild-basierten Kontrollen,
- Einfache und eindeutige Erkennung anhand weniger, klar definierter Eigenschaften der Gehölzkulturflächen,
- Definition von Begriffen, die in aktuellen Gesetzen und Verordnungen nicht erläutert werden,
- Gewährleistung, dass die Einführung der Definition insgesamt keine Vergrößerung der beihilfefähigen Fläche bewirkt,
- Einbindung einer möglichst breiten Spannbereite agroforstlicher Ausprägungsformen in eine Definition.

Der letzte Punkt, die Sicherstellung der Vielgestaltigkeit von Agroforstsystemen, ist für das Ziel der Schaffung einer strukturreichen und diversen Landwirtschaft von herausragender Bedeutung. Prinzipiell möglich sind Agroforstsysteme mit Bäumen und/oder Sträuchern (Hinweis: Sträucher, deren natürliche Wuchshöhe nicht über 2 m liegt, werden im Sinne dieser Definition nicht als agroforstlich geeignete Gehölzkulturen betrachtet). Diese können einzeln oder in Gruppen auf der Fläche verteilt oder in Form von Streifen angeordnet sein (Abb. 3). Einschränkungen bezüglich Baumarten und Umtriebszeiten sind in dieser Definition nicht vorgesehen.

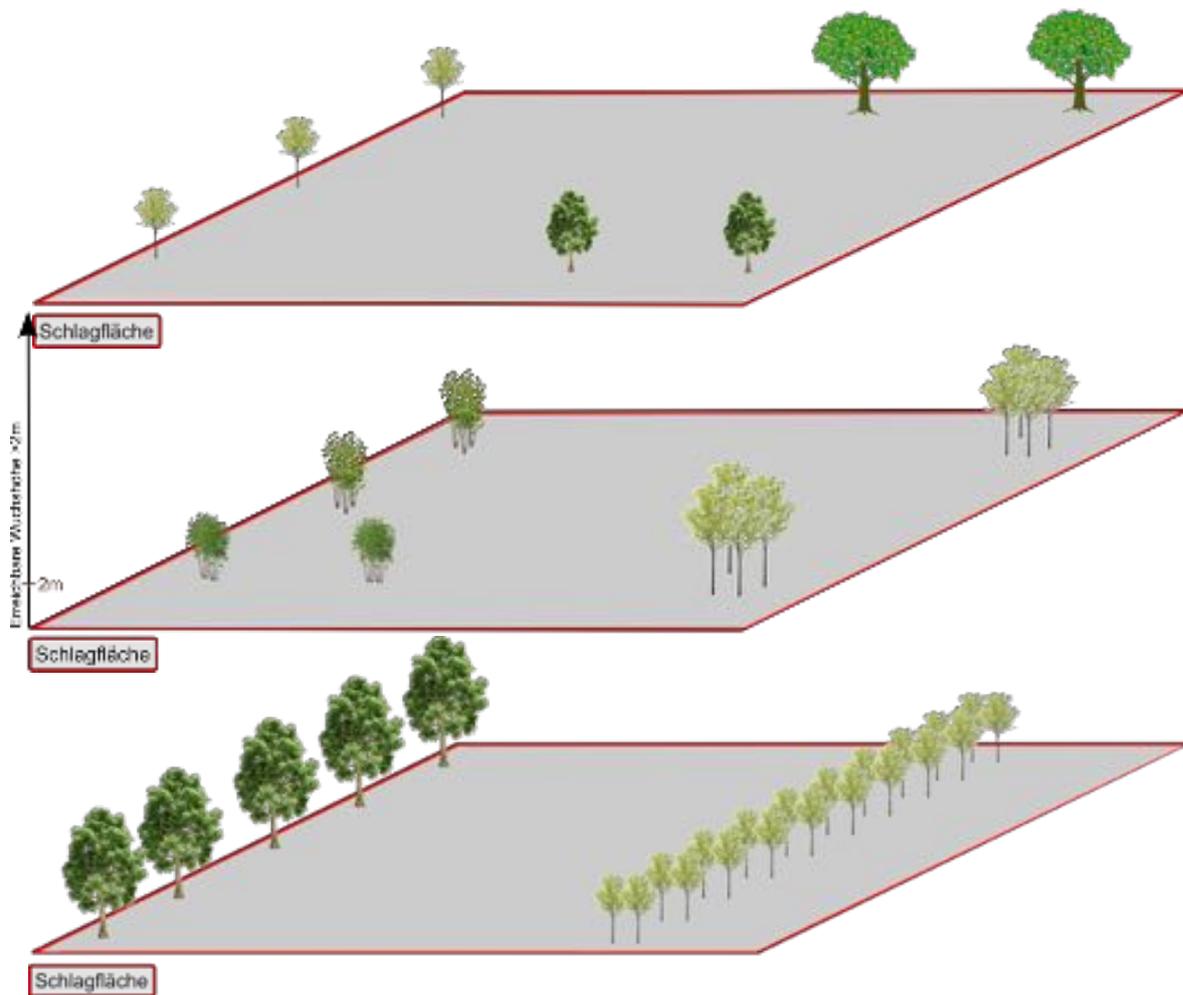


Abbildung 3: Einzelbaumweise (oben), gruppenförmige (Mitte) und streifenförmige (unten) Anordnung der Gehölze auf einem Agroforstschlag

Der Agroforstschlag besteht aus zwei Systemkomponenten: der Ackerkulturfläche und der Gehölkulturfläche. Die Gehölkulturfläche ist die Fläche eines Agroforstschlages, die aufgrund des Anbaus und der Bewirtschaftung der Gehölkulturen nicht für eine landwirtschaftliche Nutzung zur Verfügung steht. Sie umfasst neben der eigentlichen Stammfläche der Gehölze auch einen dem Stamm umgebenden Pufferbereich (Abb. 4).

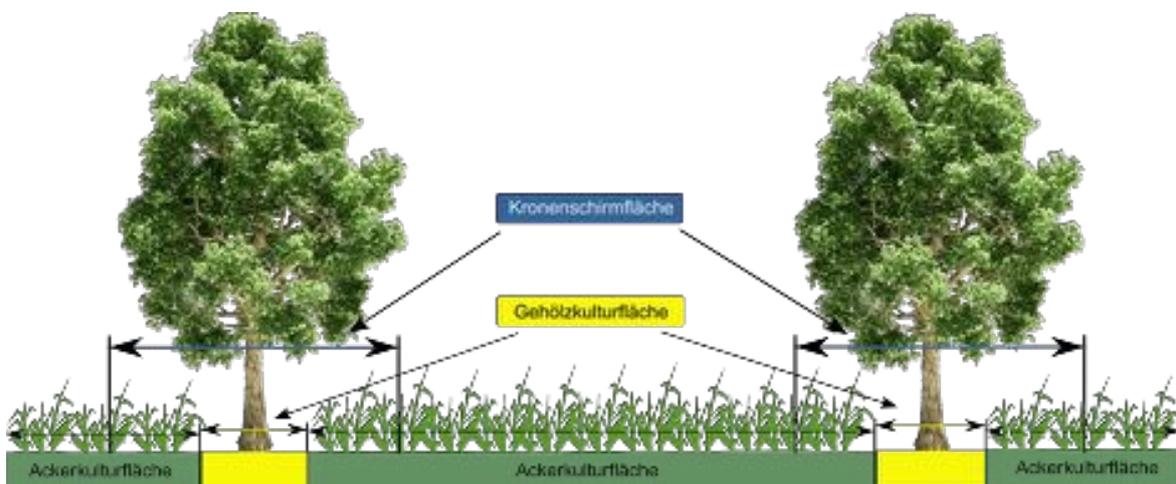


Abbildung 4: Schematische Darstellung von Gehölkultur- und Ackerkulturfläche

Bei der Gehölkulturfläche handelt es sich nicht um die Kronenschirmfläche. Die Gehölkulturfläche kann bei großen Gehölzen deutlich kleiner als die von den Kronen überschirmte Fläche sein. In diesen Fällen findet auch unterhalb der Kronen eine landwirtschaftliche Nutzung statt. Bei kleinen bzw. jungen Gehölzen kann die Gehölkulturfläche jedoch auch größer als die eigentliche Überschirmungsfläche sein.

Die Ackerkulturfläche ist die Fläche eines Agroforstschlages, auf der eine landwirtschaftliche Nutzung stattfindet (Abb. 4). Gemäß dieser Definition soll die Ackerkulturfläche zwischen 60 und 98 % der Schlagfläche betragen, so dass die landwirtschaftliche Nutzung im Vordergrund steht.

Die Berechnung des Anteils der Gehölkulturfläche hängt von der Verteilung der Gehölze auf dem Schlag ab. Hierauf soll an dieser Stelle nicht vertiefend eingegangen werden. Eine detaillierte Erläuterung hierzu ist unter www.agroforst-info.de zu finden.

Eine eindeutige Identifizierung der Agroforstschläge wird durch vordefinierte Abstandsmaße ermöglicht. So darf der Abstand zwischen zwei Gehölkulturflächen oder zwischen dem Parzellenrand und der diesem am nächsten gelegenen Gehölkulturfläche nicht größer als 100 m sein. Der Abstand von 100 m basiert auf der Annahme von agroforstbezogenen Vorteilswirkungen, die bei weiteren Abständen deutlich an Wirkungskraft verlieren würden. Zu nennen sind insbesondere ökologische Vorteilswirkungen der Gehölze bezüglich Bodenschutz und Biodiversität (im Sinne der Schaffung einer strukturreicheren Agrarlandschaft und eines Biotopverbundes; DVL 2006, Reeg et al. 2009, Böhm et al. 2014). Ferner darf die Breite der Gehölkulturstreifen, einschließlich der optional vorhandenen Pufferbereiche, bei streifenförmig angelegten Gehölkulturen nur zwischen ≥ 1 m und ≤ 15 m betragen. Hier wurde sich an der für Hecken agrarrechtlich relevanten (gemäß AgrarZahlVerpflV) Maximalbreite orientiert.

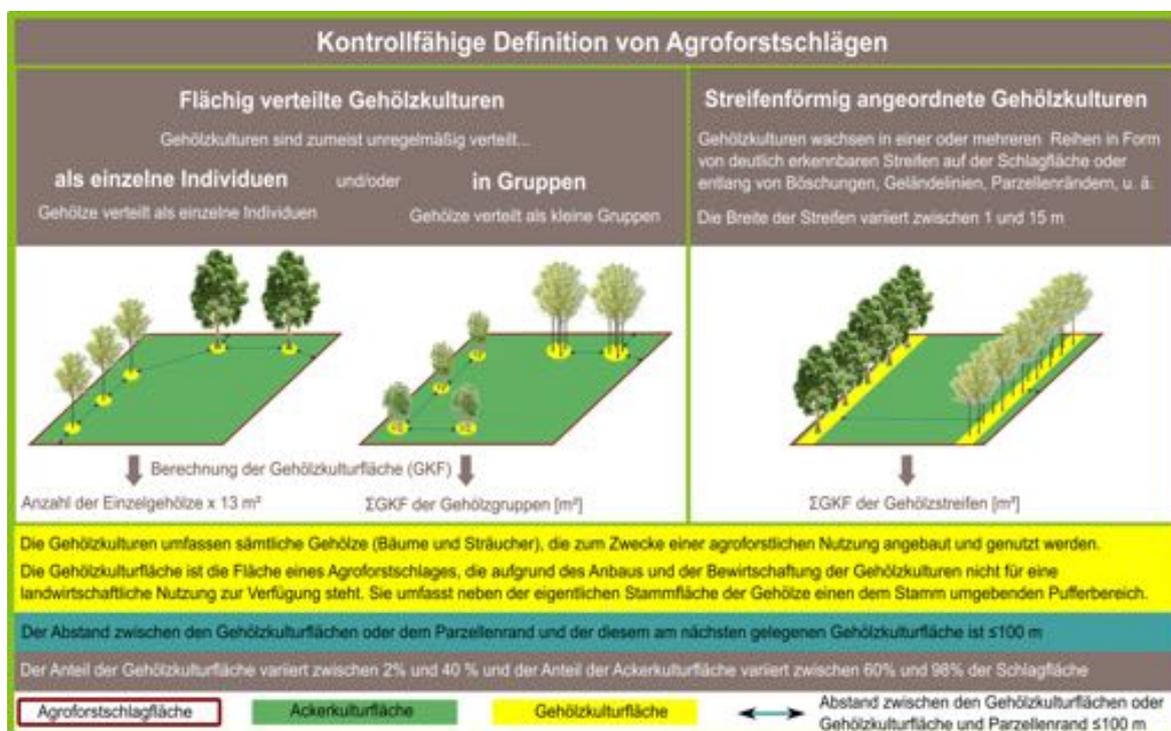


Abbildung 5: Zusammenfassende Übersicht zu den Merkmalen der vorgeschlagenen, kontrollfähigen Definition für Agroforstschläge

Die vorgeschlagene Agroforst-Definition soll nur für Neuanlagen von Agroforstsystemen Anwendung finden. Hierdurch wird garantiert, dass der Anteil an beihilfefähiger Fläche nicht durch die Berücksichtigung vorhandener, nicht basisprämienberechtigter Gehölzflächen, vergrößert wird.

Die Abbildung 5 zeigt zusammenfassend die wichtigsten Merkmale der kontrollfähigen Agroforstschatlag-Definition. Textlich kann diese wie folgt ausformuliert werden:

„Ein Agroforstschatlag ist eine landwirtschaftliche Parzelle, auf der ein Agroforstsystem etabliert ist, wobei der Anteil der Gehölzkulturfläche an der Gesamtfläche der landwirtschaftlichen Parzelle zwischen 2 und 40 % und der Abstand zwischen zwei Gehölzkulturflächen bzw. zwischen Parzellenrand und der diesem am nächsten gelegenen Gehölzkulturfläche maximal 100 m betragen.“

6 Ausblick

Die agrarförderrechtliche Einbindung der vorgestellten Agroforstschatlag-Definition würde in der Praxis dazu beitragen, dass Agroforstsysteme in den Agrarverwaltungen als kontrollfähiges Landnutzungssystem akzeptiert und in den Landwirtschaftsbetrieben unbürokratischer umgesetzt werden könnten. Vor dem Hintergrund des sehr stark sektoral orientierten Agrarförderrechts ist die zügige Einbindung einer solchen Definition kurzfristig allerdings nicht wahrscheinlich. Sollen künftig jedoch – wie von verschiedenen Seiten gefordert – multifunktionale Landbausysteme stärker im Fokus stehen sowie Agrarförderungen verstärkt auf Ökosystemdienstleistungen ausgerichtet sein, so wäre es nur folgerichtig, dass agroforstliche Nutzungsformen in künftigen GAP-Reformen sowie in den hieran angebotenen Verwaltungsakten der deutschen Agrarverwaltung stärker Berücksichtigung finden. Hierzu bietet die vorgestellte Agroforstschatlag-Definition eine solide Diskussionsgrundlage.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Förderung des Forschungsprojektes AUFWERTEN („Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie“ (FKZ: 033L129AN)), innerhalb dessen die Untersuchungen für diesen Beitrag durchgeführt wurden.

Literatur

Böhm C, Kanzler M, Freese D (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany *Agroforestry Systems* 88, 579-591.

Böhm C, Tsonkova P, Albrecht E, Zehlius-Eckert W (2017): Zur Notwendigkeit einer kontrollfähigen Definition für Agroforstschatläge. *Agrar-und Umweltrecht* 1/2017,7-12.

DBV – Deutscher Bauernverband e.V. (2016): EU-Agrarhaushalt – Situationsbericht 2015/16. <http://www.bauernverband.de/41-eu-agrarhaushalt-664064>, abgerufen am 01.03.2017.

DVL – Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (2006): Landschaftselemente in der Agrarstruktur – Entstehung, Neuanlage und Erhalt. DVL-Schriftenreihe "Landschaft als Lebensraum", Heft 9, 122 S.

EU (2017): Agrarpolitik – von Reform zu Reform. <http://www.eu-info.de/europa/EU-Agrarpolitik/>, abgerufen am 01.03.2017.

Reeg T, Hampel J, Hohlfeld F, Mathiak G, Rusdea E (2009): Agroforstsysteme aus Sicht des Naturschutzes. In: Reeg T, Bemmann A, Konold W, Murach D, Spiecker H (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf Landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH, Weinheim, 301-311.

Gesetze und Verordnungen

Verordnung über die Einhaltung von Grundanforderungen und Standards im Rahmen unionsrechtlicher Vorschriften über Agrarzahungen (Agrarzahungen-Verpflichtungenverordnung - AgrarZahlVerpfV) vom 17. Dezember 2014, BAnz AT 23.12.2014 V1, geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 10. Juli 2015, BAnz AT 13.07.2015 V1.

Gesetz zur Durchführung der Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (Direktzahlungen-Durchführungsgesetz - DirektZahlDurchfG) vom 9. Juli 2014, BGBl. I, S. 897, geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 2. Dezember 2014, BGBl. I, S. 1928.

Verordnung zur Durchführung der Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (Direktzahlungen-Durchführungsverordnung - DirektZahlDurchfV) vom 3. November 2014, BGBl. I, S. 1690, zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 10. Juli 2015, BAnz AT 13.07.2015 V1.

Verordnung über die Durchführung von Stützungsregelungen und des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS-Verordnung - InVeKoSV) vom 24. Februar 2015, BGBl. I, S. 166, zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 8. März 2016, BGBl. I, S. 452.

Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) vom 29. Juli 2009, BGBl. I, S. 2542, zuletzt geändert durch Artikel 421 der Verordnung vom 31. August 2015, BGBl. I, S. 1474.

Multifunktionalität und Vielfalt von Agroforstwirtschaft

Michael Nahm*, Christopher Morhart

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Waldwachstum und Dendroökologie, Tennenbacher Straße 4, 79106 Freiburg

*Kontakt: T: 0761/203 8589 – F: 0761/203 3740 – E: michael.nahm@iww.uni-freiburg.de

1 Einleitung

Agroforstwirtschaft bezeichnet eine besondere Art der Landnutzung, die von der weltweit wichtigsten Forschungseinrichtung auf diesem Gebiet, dem Internationalen Zentrum für Forschung in der Agroforstwirtschaft (International Centre for Research in Agroforestry; ICRAF) wie folgt definiert wird:

"Agroforstwirtschaft ist ein kollektiver Name für Landnutzungssysteme, in denen verholzende, mehrjährige Pflanzen gezielt mit dem Anbau von Feldfrüchten oder einer Tierhaltung auf derselben Bewirtschaftungseinheit kombiniert werden."

Der Begriff "Agroforst-System" (AFS) verweist demnach auf die zwei Bestandteile, die einem solchen Bewirtschaftungssystem zugrunde liegen: Landwirtschaft (=Agrikultur, durch Feldfrüchte und Tierhaltung abgedeckt) und Forstwirtschaft (durch mehrjährige verholzende Pflanzen wie Bäume und Sträucher abgedeckt). Wenn zwischen diesen beiden Komponenten sowohl ökologische als auch ökonomische Wechselbeziehungen bestehen, kann man folglich von einer Agroforstwirtschaft sprechen.

Diese sehr allgemeine Definition umfasst eine Vielzahl von Bewirtschaftungssystemen, von denen manche schon seit mehreren tausend Jahren praktiziert werden. Bis in das letzte Jahrhundert hinein hielten sich auch in Mitteleuropa noch zahlreiche verschiedene Spielarten der Agroforstwirtschaft, von denen in Deutschland lediglich die Streuobstwiesen und vereinzelte Waldweiden übriggeblieben sind.

2 Multifunktionalität von Agroforst-Systemen

Die Multifunktionalität von AFS im Gegensatz zu Monokulturen ergibt sich aus der Präsenz der Bäume und dem daraus resultierenden Zusammenspiel mit den Feldfrüchten oder Tieren. Diese Interaktionen haben verschiedenste Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Flächen, auf denen sie stehen (Unseld et al. 2011, Jäger 2016). Unter dem Aspekt einer zukunftsfähigen, auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Bioökonomie sind die meisten Auswirkungen im Sinne von Ökosystemfunktionen oder auch Ökosystemdienstleistungen positiv zu bewerten (Tsonkova et al. 2012, Alam et al. 2014). Durch die Doppelnutzung bedingen sie eine ökologisch wertvolle Intensivierung der Flächennutzung.

2.1 Vor- und Nachteile aus ökologischer Sicht

Ein Blick auf die wichtigsten ökologischen Vorteile zeigt die Stärken dieses Anbausystems:

- Durch das Einbringen von Bäumen auf Feldflächen oder an deren Rand werden der oberirdische Wasserabfluss und damit die Bodenerosion durch Wasser gemindert – inklusive des damit verbundenen oberirdischen Austrags von Nährstoffen wie Stickstoff (Young 1989, Palma et al. 2005).
- Die in jüngster Zeit häufig diskutierte Nitratauswaschung und dessen Eintrag in das Grundwasser kann durch das weit verzweigte Wurzelsystem der Bäume reduziert werden, indem diese Nitrat binden und aufnehmen (Dupraz u. Liagre 2010).
- Das Wachstum von Bäumen geht mit einer ober- und unterirdischen Speicherung von Kohlenstoff einher (Nair et al. 2010).
- Das Wurzelsystem der Bäume transportiert Nährstoffe aus tieferen Bodenhorizonten nach oben und macht diese mit dem Laubfall auch anderen Pflanzen verfügbar (Jose et al. 2000).
- Der Schattenwurf der Bäume bewirkt eine Minderung der Evapotranspiration und sorgt somit für eine gesteigerte Wasserverfügbarkeit für die Feldfrüchte im Oberboden (Nair 1993).
- Baum- und Gehölzstreifen vermindern die Windgeschwindigkeit und tragen so zur Verminderung der Winderosion und der Austrocknung des Oberbodens bei (Nair 1993).
- In silvopastoralen AFS bieten die Bäume vielfältige Vorteile für Tiere, insbesondere Schutz vor Witterung (Sonne, Wind, Regen; z.B. Spangenberg et al. 2012).
- Bäume schaffen neue Habitatstrukturen und erhöhen damit die Biodiversität (Nair 1993). Allerdings müssen bei der Anlage von AFS auch seltene Offenlandarten berücksichtigt werden, für die das Anpflanzen von Bäumen eine Beeinträchtigung ihres Lebensraums darstellen würde (Reeg et al. 2009).
- Die abwechslungsreiche Gestaltung der Feldflur mit Bäumen wird von Menschen in der Regel als eine ästhetische Aufwertung der Landschaft begriffen (Reeg 2009).

Alam et al. (2014) haben verschiedene der genannten Ökosystemdienstleistungen quantifiziert und konnten damit zeigen, dass AFS auch hinsichtlich der Vermeidung von Ökosystem-Folgeschäden einen bedeutenden Beitrag leisten. Aus ökologischer Sicht sind praktisch keine nachteiligen Auswirkungen von AFS bekannt – sieht man von der genannten Schutzwürdigkeit bestimmter offener Lebensraumtypen ab, die nicht mit Bäumen bepflanzt werden sollten.

2.2 Vor- und Nachteile aus Sicht des Bewirtschafters

Neben den ökologischen Vor- und Nachteilen von AFS existieren weiterhin Vor- und Nachteile hinsichtlich ihrer Bewirtschaftung, die für den Landwirt besonders relevant sind.

Die Präsenz von Bäumen in der Feldflur hat nicht nur Vorteile für den Landwirt – nicht ohne Grund wurden in der Vergangenheit viele Bäume aus dem ländlichen Raum entfernt

und normalerweise auch nicht durch junge Bäume ersetzt. Zu diesen Nachteilen von Agroforstwirtschaft für den Praktiker zählen:

- Bäume erschweren die maschinelle Bewirtschaftung der Felder, besonders wenn die Bäume (wie üblich) nicht geästet sind. Durch den Verzicht auf Wertästung lassen sich die Bäume in AFS zudem häufig nur als Brennholz nutzen, wodurch nur geringe Summen Erlöst werden können.
- Bäume bedeuten immer eine langfristige Investition und eine Festlegung auf ein Anbausystem. Dies entspricht jedoch nicht der in der Landwirtschaft sonst üblichen hohen Flexibilität, mit der auf schwankende Marktbedingungen reagiert werden kann.
- Weiterhin bestehen rechtliche Unsicherheiten bezüglich der Nutzung der Bäume nach einigen Jahrzehnten. Vielfach sind die bewirtschafteten Felder gepachtet, und somit ist unsicher, wie lange der Pachtvertrag noch bestehen wird, und was in mittelfristiger Zukunft mit den Bäumen geschehen wird. Auch sollte vor der Anlage von Baumstreifen mit den zuständigen Landwirtschafts- und Naturschutzbehörden geklärt werden, ob diese bezüglich der Anlage oder auch der späteren Nutzung Einwände haben.
- Die Integration von Bäumen bringt neben neuen, teils unbekanntem Tätigkeiten auch mit sich, dass ungewohnte Produkte erzeugt werden, die oftmals auf bislang unbekanntem Absatzmärkten (Holzmarkt) verkauft werden müssen.
- Bislang ist ungeklärt, inwiefern von Baumstreifen ein unerwünschter Unkrautdruck auf die Ackerkulturen ausgeht.
- Durch den Schattenwurf kann es zumindest im unmittelbaren Umfeld der Bäume zu einer Ertragsreduktion der Feldfrüchte kommen.
- Nachdem Bäume lange Zeit als Störfaktor angesehen worden sind, steht das Selbstverständnis der Landwirte der Anpflanzung von Bäumen häufig im Weg. So wurde festgestellt, dass Landwirte offenbar auch um ihren Ruf in ihren Bekanntenkreisen und der Öffentlichkeit fürchten, wenn sie AFS anlegen (Sereke et al. 2016, Warren et al. 2016).

Nach dieser Liste der mit AFS assoziierten Nachteile mag man sich fragen, warum man überhaupt Bäume im ländlichen Raum anpflanzen und Agroforstwirtschaft betreiben sollte. Die Vorteile können zwar für den Landwirt oft nicht in unmittelbarem Gewinn umgemünzt werden (Alam et al. 2014), aber sie sind nicht minder bedeutsam. Viele zielen auf eine mittel- bis langfristige Stabilisierung der Landwirtschaft und der einzelnen Betriebe ab, was ein neues ökologisches Denken und eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Herangehensweise erfordert, die in der Landwirtschaft der Zukunft dringend benötigt wird. Viele wichtige der hier anzuführenden Vorteile wurden bereits im Abschnitt über die Multifunktionalität von AFS als Ökosystemdienstleistungen beschrieben. Hier sollen noch konkreter diejenigen Vorteile erwähnt werden, die für Landwirte in der Praxis geltend gemacht werden können.

- Die Bewirtschaftung von AFS bringt eine Produktdiversifikation und damit auch eine Risikostreuung mit sich, die dem Landwirt Ausweichmöglichkeiten beim Ausfall herkömmlicher Feldfrüchte sowie bei unsicheren Marktlagen eröffnen.
- Der Windschutz sowie der Schattenwurf der Bäume können sich positiv auf das Ertragsniveau von Feldfrüchten auswirken, was wiederum finanzielle Vorteile für den

Landwirt böte. Hierbei muss allerdings berücksichtigt werden, dass durch die Baumstreifen eine gewisse Fläche für den Ackerbau verloren geht. Inwiefern dieser Flächenausfall über die Einkünfte von den Bäumen finanziell kompensiert oder auch übertroffen werden kann, ist allerdings zum gegenwärtigen Zeitpunkt schwierig zu quantifizieren und sollte wie üblich für den Einzelfall geprüft werden. Jedenfalls:

- Bäume können nicht nur über ihre Früchte (z.B. Nüsse) einen Erlös für den Bewirtschafter erbringen, sondern sie können auch als Wertholzbaum gezüchtet werden. Dieser ist mit etwa 50 bis 70 Jahren erntereif und kann mehrere hundert bis über tausend Euro erzielen – ein interessantes Konzept, um im ländlichen Raum langfristig Kapital aufzubauen und den nachfolgenden Generationen einen ausbaufähigen Wert mit auf den Weg zu geben (Morhart et al. 2015).

3 Vielfalt von Agroforst-Systemen

3.1 Klassifikation von AFS

Um die Vielzahl an AFS ordnen zu können, definierte Nair (1985) vier Hauptkategorien:

- A) Silvoarable (oder auch agrisilvikulturale) AFS:** Anbau von Feldfrüchten in Kombination mit Bäumen oder Sträuchern.
- B) Silvopastorale AFS:** Tierhaltung in Kombination mit Bäumen oder Sträuchern.
- C) Agrosilvopastorale AFS:** Feldfrüchte plus Tierhaltung in Kombination mit Bäumen oder Sträuchern.
- D) Andere Typen von AFS:** Nebst diesen drei Haupttypen existieren eine Reihe weiterer Nutzungsformen, die als AFS bezeichnet werden können. Hierzu zählen Windschutzstreifen, Gewässerschutzstreifen, multifunktionale Baumgruppen, Bienenzucht mit Bäumen, usw.

Im Folgenden werden verschiedene Varianten von AFS genauer vorgestellt. Sie eignen sich nicht pauschal für jeden landwirtschaftlichen Betrieb. Es muss immer für den Einzelfall entschieden werden, welcher Typ sich unter den gegebenen Bedingungen für die vom Landbewirtschafter verfolgten Ziele am besten eignet (Nerlich et al. 2013).

3.2 Silvoarable AFS

Klassische Beispiele silvoarabler AFS stellen insbesondere in Frankreich Felder mit u.a. Getreidearten dar, die mit Reihen von Walnussbäumen oder Pappeln durchzogen sind (Dupraz und Liagre 2011). Die Bäume steigern hierbei den ökologischen und ästhetischen Wert der Landschaft und besitzen zugleich einen ökonomischen Wert für den Landbewirtschafter.

In vielen silvoarablen AFS werden die Bäume in Reihen gepflanzt, zwischen denen die traditionellen Feldfrüchte angebaut werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Bäume lediglich an Feldrändern anzubauen, wodurch die eigentliche Feldarbeit kaum beeinträchtigt wird (Nahm et al. 2014).

Werden die Bäume mit dem Ziel der Wertholzproduktion gepflanzt, ist es bei der Pflege der Bäume wichtig, die unteren Seitenäste schon in jungen Jahren zu entfernen, um

möglichst viel astfreies Holz produzieren zu können (Morhart et al. 2015). Ein positiver Nebeneffekt dieser Maßnahme ist, dass es die Vorbeifahrt mit landwirtschaftlichen Maschinen deutlich vereinfacht. Auch die traditionellen Streuobstwiesen lassen sich als silvoarable AFS bewirtschaften, indem der Bewuchs unter den Bäumen gemäht und beispielsweise als Viehfutter verwertet wird. Neben der Produktion von Holz können mit den entsprechenden Baumarten Früchte oder Nüsse für eine vielseitige Verwendung produziert werden.

3.3 Silvopastorale AFS

Auf Streuobstwiesen können jedoch auch Tiere gehalten werden, was einem silvopastoralen AFS entspräche. In Frage kommen hier Großvieh wie Rinder, aber auch Kleinvieh wie Schafe, Ziegen und Geflügel. Beispiele für AFS mit Bäumen und Schafen finden sich z.B. in Irland, wo Schafe unter Eschen weiden, die der Wertholzproduktion dienen (speziell für die Herstellung von Schlägern für Hurley, einer traditionellen irischen Sportart).

Die Kombination von Bäumen mit der Haltung von Geflügel wird in Mitteleuropa in verschiedenen Ländern praktiziert (Moussier 2015, Smith et al. 2016). Ein interessantes Konzept eines Bio-Betriebs für Legehennen beinhaltet mobile Hühnerställe, die nach dem Abweiden der sie umgebenden Fläche verstellt werden. Auf jeder Parzelle befinden sich jedoch auch Reihen von Weiden, die den Hühnern Schutz vor Witterung und Feinden bieten, und die regelmäßig geerntet werden, um sie thermisch zu verwerten (Spangenberg et al. 2012).

Falls Ziegen in AFS gehalten werden sollen, ist unbedingt auf sorgfältig installierte Baumschutzmaßnahmen zu achten, da sie sonst große Schäden an den Bäumen anrichten können (Hawke 1991). Dies gilt auch für Rinder, die besonders junge Bäume stark beschädigen können. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, die Bäume mit einer stabilen Pfostenkonstruktion zu schützen, beziehungsweise die Rinder bevorzugt auf Flächen mit über 20 Jahre alten Bäumen weiden zu lassen.

3.4 Wind- und Gewässerschutzstreifen

In vielen ländlichen Gegenden Europas waren oder sind Windschutzstreifen weit verbreitet. Oftmals bestehen sie wie in England hauptsächlich aus heckenartigen Strukturen, die auch Bäume beinhalten können. Wenn die Gesetzeslage eine Nutzung zulässt, können in solche Systeme auch Bäume mit dem Ziel der Wertholzproduktion integriert werden. In jüngerer Zeit werden vermehrt auch Streifen mit Kurzumtriebsgehölzen wie Weiden und Pappeln angelegt, die letztlich auch dem Zweck des Windschutzes dienen, die aber im Gegensatz zu den traditionellen Hecken- und Windschutzstreifen regelmäßig geerntet werden, um die Biomasse für energetische Zwecke nutzen zu können (Lamerre et al. 2015). Wie erwähnt kann die Windreduktion solcher Streifen positive Auswirkungen auf die zwischen diesen Streifen liegende Feldfrucht haben, obwohl solche Effekte nicht immer auftreten und auch von Jahr zu Jahr in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen schwanken (Rivest u. Vézina 2015). Auch hier könnten natürlich Wertholzbäume eingestreut werden. Gewässerschutzstreifen sind als zu nutzendes AFS weniger verbreitet, doch auch hier besteht ein großes

Potenzial – beispielsweise für die Reduktion des Stoffeintrags in Gewässer (Bärwolff et al. 2013).

4 Ausblick

Insgesamt lässt sich festhalten, dass AFS auch in temperaten Gegenden eine abwechslungsreiche und vielversprechende Bewirtschaftungsmöglichkeit für den ländlichen Raum bieten, die vielen an der zunehmend intensivierten Landwirtschaft geäußerten Kritikpunkten entgegenwirkt. Trotz aller ökologischen Vorteile von AFS bleibt für den einzelnen Landwirt jedoch der finanzielle Gesichtspunkt am wichtigsten. Es steht daher zu erwarten, dass Landwirte nur dann in nennenswertem Ausmaß AFS etablieren werden, wenn sie relativ sicher abschätzen können, dass sie damit auch tatsächlich eine profitable Bewirtschaftungsform gewählt haben. Hierzu liegen bislang leider noch nicht viele belastbare Daten vor. Dies liegt nicht nur daran, dass die AFS-Forschung in Deutschland bislang auf wenige Studien beschränkt war, sondern auch daran, dass Bäume schlicht und ergreifend langsam wachsen und ihre endgültigen Potenziale als Wertschöpfungsträger nur schwer zu quantifizieren sind. Wie viele von 50 gepflanzten Bäumen liefern nach einigen Jahrzehnten tatsächlich das, was von ihnen erwartet worden war, und wie viel Arbeit war dafür von Nöten? Angesichts der zunehmenden und sich verschärfenden Problematiken der herkömmlichen Landwirtschaftsformen sollten solche Fragen in zukünftigen und langfristig ausgerichteten Forschungsvorhaben untersucht werden.

Abgesehen davon wird in dem landwirtschaftlichen Tätigkeitsfeld vor allem Folgendes benötigt:

- Gute Praxisbeispiele. Motivierte und erfolgreiche Pioniere müssen anderen Interessenten zeigen können, wie sie AFS gewinnbringend in ihre landwirtschaftliche Praxis integriert haben.
- Klare Rechtslage. In Deutschland ist die rechtliche Situation hinsichtlich der Neuanlage von AFS in einigen Belangen unklar, oft wissen selbst die zuständigen Behörden nicht, was genau zu beachten ist (siehe den Beitrag von Böhm et al. in diesem Band). Dies stellt ein immenses Hindernis für die Etablierung neuer AFS dar.
- Gute Vernetzung der Akteure. Die wenigen im Bereich der Agroforstwirtschaft tätigen Akteure aus Wissenschaft und Praxis sollten einen intensiven Erfahrungsaustausch pflegen, um gemeinsam die Potenziale von AFS ausloten zu können und um zukünftige Fehler zu vermeiden.

Es gilt also, weiterhin Erfahrungen zu sammeln, hierbei systematisch vorzugehen und Einzelfall-angepasste Entscheidungen zu berücksichtigen. Ob neue politische Anreizinstrumente wie Prämien zu einem verstärkten Anbau von AFS beitragen können, bleibt vorerst kritisch zu betrachten. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass Landwirte, die nur aufgrund von Prämien-Anreizen in neue landwirtschaftliche Bewirtschaftungsformen investieren, diese oft nicht gut genug pflegen, sodass der Erfolg letztlich ausbleibt und eher negative Beispiele liefert (Sereke et al. 2016, Warren et al. 2016). Wichtiger scheint zum gegenwärtigen Zeitpunkt, die Notwendigkeit des Wandels der landwirtschaftlichen Praxis herauszustreichen, um motivierte Praktiker zu finden, die mit Herzblut am Vorantreiben der Agroforstwirtschaft mitwirken möchten.

Danksagung

Diese Publikation wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) unter dem Förderkennzeichen 22031112 und über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) unter dem Förderkennzeichen 2851ERA04C gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Literatur

Alam M, Olivier A, Paquette A, Dupras J, Revéret J, Messier C (2014): A general framework for the quantification and valuation of ecosystem services of tree-based intercropping systems. *Agroforestry Systems* 88, 679–691.

Bärwolff M, Reinhold G, Fürstenau C, Graf T, Jung L, Vetter A (2013): Gewässerrandstreifen als Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsysteme. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Dupraz C, Liagre F (2011): *Agroforesterie. Des arbres et des cultures*. Éditions France Agricole, Paris.

Hawke MF (1991): Pasture production and animal performance under pine agroforestry in New Zealand. *Agroforestry: Principles and Practice* 45, 109-118.

Jäger M (2016): *Agroforst-Systeme; Hochstamm-, Wildobst- und Laubbäume mit Kulturpflanzen kombinieren*. Agridea, CH-Lindau.

Jose S, Gillespie AR, Seifert JR, Mengel DB, Pope PE (2000): Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA: 3. Competition for nitrogen and litter decomposition dynamics. *Agroforestry Systems* 48, 61-77.

Lamerre J, Schwarz K, Langhof M, Wühlisch G von, Greef J (2015): Productivity of poplar short rotation coppice in an alley-cropping agroforestry system. *Agroforestry Systems* 89, 933-942.

Morhart C, Sheppard J, Douglas GC, Lunny R, Spiecker H, Nahm M (2015): Wertholzproduktion in Agroforstsystemen – ein Leitfaden für die Praxis. Professur für Waldwachstum, Freiburg im Breisgau.

Moussier L (2015): How do Danish organic farmers use agroforestry system to improve the distribution of laying hens: A case study on seven farms. As, Norway.

Nahm M, Morhart C, Spiecker H, Sauter UH (2014): Agroforst ganz am Rande; Böschungen und Feldraine für die Wertholzproduktion nutzen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 46, 377-381.

Nair PKR (1985): Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 3, 97–128.

Nair PKR (1993): *An introduction to agroforestry*. Kluwer Academic Publishers (in cooperation with the International Centre for Research in Agroforestry), Dordrecht, Netherlands.

Nair PKR, Nair VD, Kumar BM, Showalter JM (2010): Carbon sequestration in agroforestry systems. *Advances in Agronomy* 108, 237-307.

- Nerlich K, Graeff-Hönninger S, Claupein W (2013): Agroforestry in Europe: a review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany. *Agroforestry Systems* 87, 475-492.
- Palma J, Graves AR, Bregt A, Bunce R, Burgess P, Garcia M, Herzog F, Mohren G, Moreno G, Reisner Y (2005): Integrating soil erosion and profitability in the assessment of silvoarable agroforestry at the landscape scale. In: Cristovao A (Hrsg.): *Proceedings of the 6th European IFSA Symposium*. IFSA, Vila Real, 817-827.
- Reeg T (2009): Agroforstsysteme mit Wertholzbäumen im Landschaftsbild. In: Reeg T, Bemmann A, Konold W, Murach D, Spiecker H, Reeg T (Hrsg.): *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen*. Wiley-VCH, Weinheim, 325-334.
- Reeg T, Hampel J, Hohlfeld F, Mathiak G, Rusdea E (2009): Agroforstsysteme aus Sicht des Naturschutzes. In: Reeg T, Bemmann A, Konold W, Murach D, Spiecker H, Reeg T (Hrsg.): *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen*. Wiley-VCH, Weinheim, 301-311.
- Rivest D, Vézina A (2015): Maize yield patterns on the leeward side of tree windbreaks are site-specific and depend on rainfall conditions in eastern Canada. *Agroforestry Systems* 89, 237-246.
- Sereke F, Dobricki M, Wilkes J, Kaeser A, Graves AR, Szerencsits E, Herzog F (2016): Swiss farmers don't adopt agroforestry because they fear for their reputation. *Agroforestry Systems* 90, 385-394.
- Smith J, Gerrard C, Westaway Sally (2016): *System report: Poultry agroforestry in the UK*. Elm Farm, Newbury.
- Spangenberg G, Hein S, Schneider J (2012): Hühner und Energieholz als Agroforst-System. *AFZ-DerWald* 21, 29-31.
- Tsonkova P, Böhm C, Quinkenstein A, Freese D (2012): Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: a review. *Agroforestry Systems* 85, 133-152.
- Unseld R, Reppin N, Eckstein K, Zehlius-Eckert W, Hoffmann H, Huber T (2011): *Leitfaden Agroforstsysteme – Möglichkeiten zur naturschutzgerechten Etablierung von Agroforstsystemen*. Meox Druck, München.
- Warren CR, Burton R, Buchanan O, Birnie RV (2016): Limited adoption of short rotation coppice: The role of farmers' socio-cultural identity in influencing practice. *Journal of Rural Studies* 45, 175-183.
- Young A (1989): *Agroforestry for soil conservation*. C.A.B. International; International Council for Research in Agroforestry, Wallingford, Oxon, U.K.

Moderne Agroforstsysteme als Option für die produktionsintegrierte Kompensation (PIK) – Potenzial, aktuelle Situation und Verbesserungsvorschläge

Wolfgang Zehlius-Eckert*

Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung, Emil-Ramann-Str. 6, 85354 Freising

*Kontakt: T: 08161/71-4784 – F: 08161-714671 – E: zehlius@wzw.tum.de

1 Einleitung

Im Jahr 1976 wurde mit der Verabschiedung des Bundesnaturschutzgesetzes auch die sogenannte Eingriffsregelung eingeführt. Sie soll verhindern, dass sich der Zustand von Natur und Landschaft durch eine Vielzahl von Eingriffen schleichend verschlechtert. Kurz gefasst ist ein Eingriff, der sich nicht vermeiden lässt, auszugleichen oder es sind Ersatzmaßnahmen durchzuführen (für weitere Details, z.B. auch für die Unterscheidung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen siehe Breuer 2016)

Ein großer Teil der durchgeführten Kompensationsmaßnahmen wird auf landwirtschaftlich genutzten Flächen durchgeführt (Böhme et al. 2005, 94) und von diesem Anteil handelt es sich wiederum bei einem großen Teil der Maßnahmen um solche, die eine Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung voraussetzen (z.B. Hecken, Aufforstungen) (ebenda, 104). Damit kommt zu dem Flächenverlust durch den eigentlichen Eingriff ein zusätzlicher Verlust durch den Flächenbedarf für Kompensationsmaßnahmen.

Im Jahr 2010 wurde, auch auf Druck der Landwirtschaft, ein Passus in das Bundesnaturschutzgesetz eingefügt, der, neben der Prüfung von Entsiegelungs-, Wiedervernetzungs- und Pflegemaßnahmen, vorschreibt, bei Inanspruchnahme von landwirtschaftlichen Flächen vorrangig Maßnahmen zu prüfen, die eine weitere landwirtschaftliche Nutzung ermöglichen (Bewirtschaftungsmaßnahmen – § 15, Abs. 3 des Bundesnaturschutzgesetzes). Für solche Maßnahmen hat sich in den letzten 10 Jahren der Begriff der produktionsintegrierten Kompensation (PIK) etabliert. Agroforstsysteme würden sich aufgrund der Umweltleistungen, die sie im Vergleich mit der aktuell vorherrschenden intensiven Landwirtschaft mit ihren großen Schlägen erbringen (siehe Kapitel 3), als Maßnahme für die produktionsintegrierte Kompensation eignen.

Das Forschungsprojekt AUFWERTEN (Akronym: Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie; www.agroforst-info.de) sucht nach Wegen, die Etablierungschancen von Agroforstsystemen zu erhöhen. Für diesen Zweck wurden auch die rechtlichen Rahmenbedingungen daraufhin analysiert, inwieweit sie Hindernisse für die Anlage von Agroforstsystemen darstellen. Auf der Grundlage dieser Analyse wurden Vorschläge erarbeitet, wie diese Rahmenbedingungen angepasst werden können, um

diese Hindernisse zu beseitigen. Einer der bearbeiteten Bereiche sind die Regelungen zur Kompensation im Rahmen der Eingriffsregelung.

Dieser Beitrag stellt, nach einer kurzen Klärung der Voraussetzungen für die Anerkennung als Kompensationsmaßnahme (Kapitel 2), die Potenziale von Agroforstsystemen als Maßnahme der produktionsintegrierten Kompensation dar (Kapitel 3). Anschließend wird das Ergebnis einer Recherche vorgestellt, inwieweit Agroforstsysteme aktuell, aufbauend auf den Leitfäden und Kompensationsverordnungen der Länder, bereits als Kompensationsmaßnahme anerkannt werden können (Kapitel 4). Aufbauend darauf werden Vorschläge unterbreitet, wie die Möglichkeiten, Agroforstsysteme als PIK-Maßnahme anerkennen zu lassen, verbessert werden können (Kapitel 5).

2 Voraussetzungen für die Eignung als Kompensationsmaßnahme

Wichtige Voraussetzungen zur Anerkennung einer produktionsintegrierten Maßnahme als Kompensationsmaßnahme sind:

- Naturschutzfachliche Aufwertung durch die Maßnahme gegenüber dem aktuellen Zustand

Diese Forderung ergibt sich aus der Grundlogik der Eingriffsregelung. Zu beachten ist allerdings, dass von Naturschutzseite gefordert ist, dass nur die Differenz gegenüber der guten fachlichen Praxis als Kompensation anerkannt wird (z.B. LfU 2014, 5). Das bedeutet, dass bei der Aufwertung einer landwirtschaftlichen Nutzfläche, die aktuell nicht gemäß den Forderungen der guten fachlichen Praxis genutzt wird, nicht der aktuelle Zustand als Bezugszustand für die Berechnung der Aufwertung herangezogen werden kann, sondern ein fiktiver, der guten fachlichen Praxis entsprechender Zustand. Zwar enthält § 5, Abs. 2 des Bundesnaturschutzgesetzes entsprechende Regelungen. Diese sind aber nicht ausreichend genau, um als Beurteilungsmaßstab herangezogen werden zu können. Und Fachkonventionen, die von der Landwirtschaft und dem Naturschutz gemeinsam getragen werden und diese Regelungen ausreichend konkretisieren, liegen nach Kenntnis des Verfassers bislang nicht vor.

- Mehr oder weniger enger räumlicher und funktionaler Zusammenhang zum Eingriff (bei Ausgleichsmaßnahmen enger als bei Ersatzmaßnahmen)

Beim Ausgleich ist eine funktionsidentische Kompensation erforderlich (z.B. Wiederherstellung einer mageren Extensivwiese bei Verlust dieses Lebensraumtyps durch einen Eingriff), beim Ersatz sind die Anforderungen an den funktionalen Bezug gelockert (z.B. Ersatz einer mageren Extensivwiese durch die Anlage von Hecken). Teilweise wird aber auch hier gefordert, dass der Ersatz möglichst funktionsähnlich erfolgen sollte (Michler u. Möller 2011, 83, Breuer 2016, 360 f.). Beim Ausgleich sollte darüber hinaus die Kompensationsmaßnahme im vom Eingriff betroffenen Raum wirksam werden (Michler u. Möller 2011, 83). Beim Ersatz ist auch diese Forderung gelockert. Hier gilt die Forderung, dass die Kompensation in der gleichen naturräumlichen Haupteinheit liegen muss wie der Eingriff (Michler u. Möller 2011, 84, Breuer 2016, 359).

- Wirkungsdauer der Maßnahme entsprechend Wirkungsdauer der Eingriffswirkungen

Auch das ergibt sich aus der Grundlogik der Eingriffsregelung, die ja eine schleichende Verschlechterung von Natur und Landschaft verhindern soll.

- Rechtliche Sicherung der Maßnahme

Die rechtliche Sicherung soll garantieren, dass die Kompensationsmaßnahme auch tatsächlich für die Dauer der Eingriffswirkungen zur Verfügung steht und bei Nichtdurchführung oder späterer Beseitigung die (Wieder-)herstellung rechtlich durchgesetzt werden kann. Es gibt mehrere Möglichkeiten der Sicherung (siehe dazu z.B. Michler u. Möller 2011, 86 f.)

3 Potenziale von Agroforstsystemen als Kompensationsmaßnahme

In den letzten 15 Jahren ist in Europa eine Fülle von Publikationen erschienen, die sich mit den positiven Umweltwirkungen von Agroforstsystemen und Kurzumtriebsplantagen (hier wird davon ausgegangen, dass sich die bei Kurzumtriebsplantagen festgestellten positiven Umweltwirkungen mit gewissen Modifizierungen auf Energieholzstreifen in Agroforstsystemen übertragen lassen) befassen. Genannt seien beispielhaft:

- Schutzwirkung gegenüber Erosion durch Wind oder Wasser bei geeigneter Positionierung (z.B. Udawatta et al. 2002, Palma et al. 2007, Böhm et al. 2014, Kotremba et al. 2016),
- Verbesserung der Bodenstruktur unter den Gehölzen (z.B. Kahle u. Boelcke 2004)
- Reduktion des Eintrags von Sedimenten und Nährstoffen in Oberflächengewässer durch Erosionsschutz (siehe oben) oder durch erhöhte Sedimentation durch Pufferstreifen an Gewässern (z.B. Lee et al. 2003, Borin et al. 2009),
- Reduktion des Nitratreintrages in das Grundwasser unter den Gehölzstreifen (z.B. Goodlass et al. 2007, Palma et al. 2007, Gebel et al. 2013),
- Erhöhung der Artenvielfalt gegenüber intensiv genutzten Ackerflächen, z.B. bei Vögeln (Hanowski et al. 1997, 939, Sage et al. 2006, 187) und Gefäßpflanzen (z.B. Baum et al. 2009, 167).

Eine intensivere Beschreibung einzelner Umweltwirkungen von Agroforstsystemen enthalten u.a. auch Beiträge dieses Tagungsbandes (z.B. Hübner et al.) sowie einige der Präsentationen des 5. Forums Agroforstsysteme (z.B. Lamersdorf, Dauber, Zacios u. Zimmermann), welche auf dem Informationsportal der Innovationsgruppe AUFWERTEN (www.agroforst-info.de) abgerufen werden können. In der Summe rechtfertigen diese nach Auffassung des Autors Agroforstsysteme als Maßnahmen der produktionsintegrierten Produktion anzuerkennen.

4 Aktuelle Situation in der Praxis

Tabelle 1 zeigt zunächst, auf der Grundlage einer Internetrecherche am 29. November 2016, welche Flächen-Bundesländer landesweite Regelungen (Leitfäden oder Kompensationsverordnungen) zur Abarbeitung der Eingriffsregelung und/oder Hinweise

oder Regelungen zur produktionsintegrierten Kompensation verfasst haben. Bis auf Niedersachsen, für das keine entsprechenden Regelungen gefunden wurden, haben alle Flächenbundesländer entsprechende Regelungen erarbeitet. In Nordrhein-Westfalen handelt es sich allerdings nur um eine kommentierte Liste der Biotoptypen mit Biotopwerten. Für die Straßenbauverwaltung existieren eine weitergehende rechtliche Regelung und eine entsprechende Arbeitshilfe.

Die Regelungen sind sehr unterschiedlichen Alters (1998 bis 2014). Bezüglich Maßnahmen der produktionsintegrierten Kompensation haben erst vier Bundesländer Regelungen erlassen und/oder Arbeitshilfen erarbeitet, wobei es sich bei der Arbeitshilfe in Nordrhein-Westfalen um eine Arbeitshilfe der Straßenbauverwaltung handelt.

Tabelle 1: Übersicht über die Länderregelungen zur Abarbeitung der Eingriffsregelung und Maßnahmen der produktionsintegrierten Kompensation

Bundesland	Jahr Regelung Eingriffsregelung	Jahr PIK-Regelung
Baden-Württemberg	2010	-
Bayern	2014	2014
Brandenburg	2009	2016
Hessen	2005	-
Mecklenburg-Vorpommern	1999	-
Niedersachsen	-	-
Nordrhein-Westfalen	(2008)	(2013)
Rheinland-Pfalz	1998	-
Saarland	2001	-
Sachsen	2003	-
Sachsen-Anhalt	2004	-
Schleswig-Holstein	2013	-
Thüringen	2005	2014

Moderne Agroforstsysteme als solche sind bislang in kaum einer der Regelungen und Leitfäden enthalten. Eine Ausnahme ist Baden-Württemberg, in dessen Ökokontoverordnung in Anlage 1 unter Punkt 1.2 („Förderung und Entwicklung höherwertiger, über die Vegetation definierter Biotoptypen des Offenlands“) folgende Formulierung enthalten ist: „Förderung und Entwicklung von Grünland mit Baumbestand (Streuobstwiesen, *Wertholzweiden*)“ (kursive Hervorhebung durch Autor). Aufgenommen wurde hier also nur eine spezielle Form von modernen Agroforstsystemen.

In Thüringen setzen sich die Regelungen zur Eingriffsregelung aus drei Bausteinen zusammen, der kommentierten Biotoptypenliste von 1999, einem Bilanzierungsmodell von 2005 und einer Arbeitshilfe für Maßnahmen der produktionsintegrierten Kompensation. In letzterer sind Agroforstsysteme mit Energieholzstreifen (Streifen mit schnellwachsenden

Baumarten) sowohl auf Ackerland als auch auf Grünland enthalten. In Bayern schließlich sind Kurzumtriebsplantagen sowohl in der Biotopwertliste der Bayerischen Kompensationsverordnung als auch in der Arbeitshilfe für die produktionsintegrierte Kompensation (hier nur eine Variante mit naturschutzfachlichen Auflagen) enthalten. Damit können in Bayern zumindest Energieholzstreifen von Agroforstsystemen als Kompensationsmaßnahme anerkannt werden. Einblicke in die Regelungen in Bayern und Thüringen können dem Anhang entnommen werden.

Vor dem Hintergrund dieser Situation stellt sich die Frage, ob es bereits Beispiele gibt, in denen die Anlage von modernen Agroforstsystemen als Kompensationsmaßnahme anerkannt wurde. Leider erbrachte die (zugegebenermaßen unsystematische) Recherche über Literatur und das deutsche Agroforstnetzwerk bislang nur zwei Hinweise, die beide in Baden-Württemberg im Bereich der Schwäbischen Alb liegen. Ein Beispiel liegt in der Gemeinde Donzdorf (Kaiser 2015). Der zweite Hinweis bezieht sich auf den Ostalbkreis (mdl. Mitt. R. Luick; vgl. dazu auch Luick u. Vonhoff 2009 und Kaiser 2015).

Was sind die Ursachen für diese aktuelle, für die angemessene Honorierung der positiven Leistungen von Agroforstsystemen unbefriedigende Situation? Ein wichtiger Faktor ist sicher, dass diese Form des Landnutzungssystems, die *modernen* Agroforstsysteme, bei Landwirten, Öffentlichkeit, Politik, Fachverbänden und Fachbehörden noch relativ unbekannt ist, ganz im Gegensatz zu verschiedenen traditionellen Agroforstsystemen wie Streuobstwiesen oder der Waldweide. Das führt sicher auch dazu, dass die Kenntnisse über Art und Umfang der Umweltwirkungen noch nicht so verbreitet sind. Hinzu kommt, dass auch das Prinzip der produktionsintegrierten Kompensation noch relativ jung ist und die dabei zu bewältigenden Herausforderungen nicht unerheblich sind (z.B. Schmidt et al. 2016, Kap. 9).

Ein weiterer Faktor dürften aber auch die Vorbehalte von Eigentümern, Landwirten und dem Naturschutz gegenüber diesem vergleichsweise neuen Landnutzungssystem oder gegenüber Maßnahmen der produktionsintegrierten Kompensation insgesamt sein. So scheuen viele Landwirte vor der langfristigen Bindung durch die Gehölzkomponente von Agroforstsystemen zurück (Liagre et al. 2005, 29-31, Keutmann u. Grundmann 2014, 1941). Ferner stellt die Notwendigkeit einer unter Umständen dauerhaften rechtlichen Bindung eine weitere Hemmschwelle für Eigentümer und Landwirte dar (z.B. Verhaag 2013).

Für den amtlichen Naturschutz stellt einerseits der hohe Kontrollaufwand für Maßnahmen der produktionsintegrierten Kompensation, insbesondere für einjährige Maßnahmen auf wechselnden Flächen, ein Problem dar. Skepsis herrscht auch gegenüber moderaten Extensivierungsstrategien (sogenannte hellgrüne Maßnahmen – NABU 2013, 5; <https://www.bfn.de/22621.html>), die, wenn auf optimalen Standorten eingesetzt, im Idealfall nur zu geringen Gewinneinbußen führen. Wagener et al. (2013, 27) sprechen in diesem Zusammenhang von „Produktiver Kompensation“, weil Produktion und Naturschutz in solchen Systemen (häufig low-input-Systeme) als gleichberechtigte „Partner“ fungieren.

Der Naturschutz wünscht sich aber bevorzugt sogenannte „dunkelgrüne Maßnahmen“, die neben dem Schutz abiotischer Ressourcen und des Landschaftsbildes vor allem auch gefährdeten Pflanzen- und Tierarten der Agrarlandschaft zugutekommen. Er befürchtet, dass bei verstärktem Einsatz von hellgrünen Maßnahmen nicht mehr ausreichend Fläche, finanzielle Mittel und Akzeptanz für die Maßnahmen mit höherem Effekt für diese Arten

gegeben ist (Konkurrenzeffekt). Übertragen auf das Beispiel der Agroforstsysteme hieße dies beispielsweise, dass die Gehölzstreifen in Agroforstsystemen in Konkurrenz treten zu klassischen Landschaftselementen wie Hecken und Baumreihen bzw. Alleen, die, bei entsprechender Ausprägung der qualitätsbestimmenden Merkmale (z.B. lückiger Gehölzbewuchs, Alt- und Totholz, große Breite und lange Biotoptradition in Kombination mit günstiger Lage zu Wäldern) ein höheres Potenzial für gefährdete Arten bieten.

Ein weiteres Problem wird zum Teil in der regelmäßigen, aus Naturschutzsicht relativ hochfrequenten Nutzung gesehen. Im Falle der Agroforstsysteme betrifft dies zum Beispiel die Umtriebszeiten bei Anwendung der Kurzumtriebswirtschaft. Werden sehr kurze Rotationszeiten gewählt (z.B. bei gutwüchsigen Standorten, wenn die Ernte voll maschinell mit selbstfahrenden Feldhäckslern oder mit Anbauhackern erfolgen soll), so können diese, je nach Standort Gehölzart und eingesetzter Erntetechnik zwischen 2 und 5 Jahren liegen (z.B. Becker et al. 2014, 30 f.). Verglichen mit den Pflegeempfehlungen für Hecken (z.B. Ringler et al. 1997, 192 – 7 bis 15 Jahre) sind dies deutlich kürzere Rotationen.

In der Ökologie gibt es aber durchaus Hinweise, dass gelegentliche Störungen für die Artenvielfalt förderlich sein können. So entwickelte Connell (1978) die Hypothese, dass die höchste Artenvielfalt bei einer mittleren Störungsintensität zu erwarten ist (intermediate-disturbance-hypothesis). In der Tat zeigen Kurzumtriebsplantagen (auch hier wird davon ausgegangen, dass sich diese Zusammenhänge auf Energieholzstreifen in Agroforstsystemen im Wesentlichen übertragen lassen) bei mittleren Altersstadien die höchste Vogelartenvielfalt (Gruß u. Schulz 2011, 201) und auch charakteristische Vogelarten der Agrarlandschaft wie Feldlerche, Sumpfrohrsänger, Goldammer und Dorngrasmücke sowie gefährdete Arten wie Rebhuhn oder Grauammer treten vor allem in den frühen Stadien von Kurzumtriebsplantagen oder Energieholzstreifen auf (Jedicke 1998, 231, Blei et al. 2011, Gruß u. Schulz 2011, 200-203). Für diese Arten wären also kurze Umtriebszeiten vorteilhafter (siehe auch Empfehlung in Gruß u. Schulz 2011, 203).

5 Wie können die Voraussetzungen für die Anerkennung als Kompensationsmaßnahme verbessert werden?

Um die Umsetzungsbedingungen von Agroforstsystemen allgemein und die Voraussetzungen zu Ihrer Anerkennung als Kompensationsmaßnahme zu verbessern, sind Änderungen und Arbeiten in verschiedenen Bereichen erforderlich. Ein zentraler Punkt ist sicherlich die Information zentraler Akteure wie Landwirte, ehrenamtlicher und amtlicher Naturschutz und Politik auf allen Ebenen, vor allem aber auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene. Für die inhaltliche Diskussion mit Naturschutz und Politik spielen Informationen zu den Umweltwirkungen von Agroforstsystemen eine wichtige Rolle. Hier gilt es, den vorhandenen Wissensstand durch systematische Literaturanalysen (z.B. Metaanalysen – siehe z.B. Torralba et al. 2016 und Walter et al. 2015) aufzubereiten und dabei auch noch vorhandene Wissenslücken zu identifizieren sowie die Faktoren zu identifizieren, die Art und Ausmaß der Umweltwirkungen bestimmen. Für die Information und Überzeugung von Landwirten spielen darüber hinaus Demonstrationsflächen von Praktikern eine zentrale Rolle.

Solange bestimmte rechtliche Regelungen wie das Agrar-Beihilferecht und die aktuellen Regelungen in den Gehölzschutzverordnungen dazu führen, dass ein Landwirt damit

rechnen muss, dass er die Direktzahlungen für die Fläche verliert, auf denen die Gehölze stehen, oder dass er die Gehölze nicht nutzen kann, wenn sie hiebsreif sind, werden sich nur wenige Idealisten finden, solche neuen Landnutzungsformen zu testen. Entsprechende Änderungen sind also Grundvoraussetzung für eine weitere Verbreitung dieses Landnutzungssystems (siehe hierzu auch den Beitrag von C. Böhm in diesem Tagungsband oder Böhm et al. 2017).

Konkret zur Erleichterung der Anerkennung von Agroforstsystemen als Kompensationsmaßnahme im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung sind Ergänzungen zu den Regelungen zur Eingriffsregelung in den einzelnen Bundesländern erforderlich. In den Bundesländern, in denen es noch keine Regelungen zur produktionsintegrierten Kompensation gibt, würde es sich anbieten, Agroforstsysteme in entsprechende Arbeitshilfen, Erlasse oder Verordnungen aufzunehmen. Denkbar wäre hier eine Synthese der aktuellen Regelungen aus Baden-Württemberg, Bayern und Thüringen.

Ergänzend, auch aus Gründen der Harmonisierung, wäre die Reaktivierung eines überarbeiteten Entwurfs einer Bundeskompensationsverordnung sinnvoll, in der dann auch Regelungen zur produktionsintegrierten Kompensation enthalten sein sollten, inklusive der Berücksichtigung von Agroforstsystemen. Eine bundeseinheitliche Regelung ist auch generell sinnvoll, um die Wahrscheinlichkeit einer Ungleichbehandlung von Vorhabenträgern zu verringern (vgl. dazu z.B. Spadt 2016).

Und schließlich gilt es dafür Sorge zu tragen, dass es nicht zu einer Konkurrenzsituation oder einem gegenseitigen Auspielen zwischen „hellgrünen“ und „dunkelgrünen“ Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltsituation in unseren Agrarlandschaften kommt. Hellgrüne Maßnahmen bieten die Chance für einen integrativen Naturschutz, der ökonomische und ökologische Tragfähigkeit auf der gleichen Fläche zu kombinieren versucht. Das reicht für den Schutz der gefährdeten Arten unserer Agrarlandschaften nicht aus. Für diese sind ergänzend spezielle Artenschutz-orientierte Maßnahmen erforderlich, wie sie in NABU (2013) beschrieben sind. Konflikte lassen sich nach Auffassung des Verfassers durch die Deckelung der bereitgestellten Mittel und durch die Definition von räumlichen Kulissen (wie z. B. Ausschlussgebiete für Agroforstsysteme in Wiesenbrüteregebieten oder in Ackerbaulandschaften mit gefährdeten Arten, die empfindlich auf Gehölzkulissen reagieren) vermeiden oder doch zumindest deutlich reduzieren.

Danksagung

Die vorliegenden Auswertungen wurden gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Verbundprojektes „Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie“ (FKZ: 033L129).

Literatur

Baum C, Leinweber P, Weih M, Lamersdorf N, Dimitriou I (2009): Effects of short rotation coppice with willows and poplar on soil ecology. *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research* 59 (3), 183-196.

Becker R, Röhricht C, Ruscher K, Jäkel, K (2014): Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb – Anbauempfehlungen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

Blei P, Groß H, Schulz U (2011): Brutvogelfauna auf Robinienplantagen - Alley-Cropping-Streifen und flächiger Kurzumtrieb. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie* 45 (2), 89-95.

Böhm C, Kanzler M, Freese D (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedge-rows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforestry Systems* 88, 579-591.

Böhm C, Tsonkova P, Albrecht E, Zehlius-Eckert W (2017): Zur Notwendigkeit einer kontrollfähigen Definition für Agroforstschläge. *Agrar-und Umweltrecht* 1/2017,7-12.

Böhme C, Bruns E, Bunzel A, Herberg A, Köppel J (2005): Flächen- und Maßnahmenpools in Deutschland. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg. (Naturschutz und Biologische Vielfalt; 6)

Borin M, Vianello M, Morari F, Zanin G (2005): Effectiveness of buffer strips in removing pollutants in runoff from a cultivated field in North-East Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105, 101-114.

Breuer W (2016): Eingriffsregelung. In: Riedel W, Lange H, Jedicke E, Reinke M (Hrsg.): *Landschaftsplanung*. 3. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg, 357-380.

Connell JH (1978): Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Science* 199, 1302-1310.

Gebel M, Halbfass F, Bürger S, Lorz C. (2013): Long-term simulation of effects of energy crop cultivation on nitrogen leaching and surface water quality in Saxony/Germany. *Regional Environmental Change* 13, 249-261.

Goodlass G, Green M, Hilton B, McDonough S (2007): Nitrate leaching from short-rotation coppice. *Soil Use and Management* 23, 178-184.

Groß H, Schulz U (2011): Brutvogelfauna auf Kurzumtriebsplantagen - Besiedlung und Habitateignung verschiedener Strukturtypen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 43 (7), 197-204.

Hanowski JM, Niemi GJ, Christian DC (1997). Influence of within-plantation heterogeneity and surrounding landscape composition on avian communities in hybrid poplar plantations. *Conserv. Biol.* 11, 936-944.

Jedicke E (1998): Raum-Zeit-Dynamik in Ökosystemen und Landschaften – Kenntnisstand der Landschaftsökologie und Formulierung einer Prozeßschutz-Definition. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 30, (7/8), 229-236.

Kahle P, Boelcke B (2004): Auswirkungen des Anbaus schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf ausgewählte Bodeneigenschaften. In: Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (Hrsg.): *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft – Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie*. Bornimer Agrartechnische Berichte 35, Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, 99-108.

Kaiser C (2015): Wertholzbäume auf Streuobstwiesen. *Forstzeitung* 126, 26-27.

- Keutmann S, Grundmann P (2014): Decision-Making Factors for Agrowood Cultivation- A Qualitative Research for Brandenburg/Germany. In: Proceedings 11th European IFSA Symposium (International Farming Systems Association) (01.04.2014-04.04.2014). The 11th European IFSA Symposium (International Farming Systems Association), 1938-1949.
- Kotremba C, Scheer D, Trapp M, Thomas K (2016): Hochauflösende GIS-basierte Bodenabtragsmodellierungen für ausgewählte Agrarstandorte in Rheinland-Pfalz. *Bodenschutz* 2/2016, 46-56.
- Lee KH, Isenhardt TM, Schultz RC (2003): Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. *Journal of Soil and Water Conservation* 58, 1-8.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt (2014): Bayerische Kompensationsverordnung (BayKompV). Arbeitshilfe Produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahmen (PIK). Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.), Augsburg.
- Liagre F, Pisanelli A, Moreno G, Bellido M, Mayus M, Postma M, Schindler B, Graves A, Mantzanas K, Dupraz C (2005): Silvable Agroforestry For Europe (SAFE), Deliverable 8.2 – Survey of farmers' reaction to modern silvoarable systems. Final report of a scientific study, funded by the European Union.
- Luick R, Vonhoff W (2009): Wertholzpflanzungen – das Thema Agroforstsysteme in moderner Inszenierung. Diskussion am Beispiel zehnjähriger Erfahrungen im Ostalbkreis (Baden-Württemberg). *Naturschutz und Landschaftsplanung* 41 (2), 47-52.
- Michler HP, Möller F (2011): Änderungen der Eingriffsregelung durch das BNatSchG 2010. *Natur und Recht* 33, 81-90.
- NABU (Hrsg.; 2013): Weiterentwicklung der Agrarumweltprogramme - Maßnahmen zur effektiven Förderung der Biodiversität in der Landwirtschaft bis 2020. Naturschutzbund Deutschland (NABU), Berlin.
- Palma JHN, Graves AR, Burgess KJ, Keesman KJ, van Keulen H, Mayus M, Reisner Y, Herzog F (2007): Methodological approach for the assessment of environmental effects of agroforestry at the landscape scale. *Ecological Engineering* 29, 450-462.
- Ringler A, Roßmann D und Steidl I (1997): Lebensraumtyp Hecken und Feldgehölze.- Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.12 (Alpeninstitut Bremen GmbH, Projektleiter A. Ringler), Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) (Hrsg.), 523 Seiten, München.
- Schmidt C, Etterer F, Preißler K, Herrmann P, Pietsch M, Lau M (2016): Forschungsvorhaben stadt PARTHE land – Kulturlandschaftsmanagement als Brücke zwischen Metropole und ländlichem Raum. Neue Ansätze der Kompensation von Eingriffen Produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahmen (PIK). 1. Zwischenbericht. Technische Universität Dresden, Institut für Landschaftsarchitektur, Lehr- und Forschungsgebiet Landschaftsplanung, Dresden.
- Spadt I (2016): Bundesländerspezifische Umsetzung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung – Ein Vergleich der Vorgehensweise in den Ländern Bayern, Berlin und Thüringen anhand eines Praxisbeispiels. Masterarbeit an der TU München, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung. Freising.

Sage R, Cunningham M, Boatman N (2006): Birds in willow short-rotation coppice compared to other arable crops in central England and a review of bird census data from energy crops in the UK. *International Journal of Avian Science* 148, 184-197.

TLL (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft), ThLg (Thüringer Landgesellschaft) (Hrsg.) (2014): Produktionsintegrierte Kompensation (PIK) – Maßnahmenvorschläge. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, Thüringer Landgesellschaft, Erfurt.

Torralba M, Fagerholm N, Burgess PJ, Morenod G., Plieninger T (2016): Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 230, 150-161.

Udawatta RP, Krstansky JJ, Henderson GS, Garrett HE (2002): Agroforestry Practices, Runoff, and Nutrient Loss: A Paired Watershed Comparison. *Journal of Environmental Quality* 31, 1214-1225.

Walter K, Don A, Flessa H. (2015): No general soil carbon sequestration under Central European short rotation coppices. *Global change Biology Bioenergy* 7, 727-740.

Anhang: Auszüge zu den Regelungen zur Anerkennung von Agroforstsystemen und/oder Kurzumtriebsplantagen in Bayern und Thüringen

Auszüge aus der Arbeitshilfe PIK zur Bayerischen Kompensationsverordnung (LfU 2014)

Biotopwertliste, B53 – Kurzumtriebsplantagen (Energieholzstreifen)

- B531 – strukturarm: 3 Punkte
- B532 – strukturreich: 7 Punkte
- zum Vergleich: Intensivacker 2 Punkte; Höchstpunktzahl 15 Punkte
- Zum Vergleich: Hecke mit einheimischen, standortgerechten Arten 10-12 Punkte

Bedingungen für B532 (Auszüge): nur auf Acker, nicht auf Standorten mit empfindlichen Wasserhaushalt, **mindestens 4 heimische und standortgerechte Arten zu gleichen Anteilen**, keine invasiven Arten, Verzicht auf Pflügen im Herbst, **keine Pflanzenschutzmittel zur Pflanzvorbereitung**

Auszüge aus den Maßnahmenvorschlägen aus Thüringen zu PIK (TLL & ThLg 2014)

KUP/Agroforst auf Acker: 30 Punkte

Energieholzstreifen auf Grünland: 30 Punkte

Zum Vergleich:

Maximalpunktzahl: 55 Punkte

Konventioneller Acker: 16-20 Punkte

Dauergrünland: 25-36 Punkte

Extensivacker, Feldvogelhabitat: 30-35 Punkte

Hecke: 16-55 Punkte

Auflagen: nur heimische Arten, **mindestens 3 verschiedene Baumarten mit je 10-80 %**, Umtriebszeit zwischen 6 und 20 Jahren, **kein Pflanzenschutzmitteleinsatz ab dem 2. Standjahr**, keine Düngung, Anlage quer zur Hangrichtung bei erosionsgefährdeten Flächen

Versorgung des Biomasseheizwerkes Massen aus nachhaltiger Agroforstwirtschaft

Gottfried Richter*, Carmen Schulze**

Amt Kleine Elster (Niederlausitz), Turmstraße 5, 03238 Massen-Niederlausitz

*Kontakt: T: 03531/ 78221 – F: 03531/782227 – E: info@amt-kleine-elster.de

**Kontakt: T: 03531/ 78236 – F: 03531/782227 – E: carmen.schulze@amt-kleine-elster.de

1 Biomasseheizwerk Massen

1.1 Hintergrund

Das Amt Kleine Elster (Niederlausitz) besteht aus vier Gemeinden. In der Gemeinde Massen-Niederlausitz befindet sich einer der größten Industrieparks im Süden Brandenburgs mit etwa 2000 Beschäftigten. Um den Klimaschutz in der Region voranzubringen, entstand die Idee einer CO₂-neutralen Wärmeversorgung auf kommunaler Ebene. So konnten durch den Bau und die Inbetriebnahme des Holzhackschnitzelheizwerkes in Massen erste Meilensteine gelegt werden. Nach zweijähriger Planungsphase begann im Juni 2014 der Bau einschließlich eines Nahwärmenetzes und im Dezember 2014 ging das Holzhackschnitzelheizwerk in Betrieb (Abb. 1).



Abbildung 1: Holzhackschnitzelheizwerk mit Nahwärmenetz

1.2 Wärmeversorgung und Rohstoffbereitstellung

Mit Wärme versorgt werden öffentliche Liegenschaften in der Gemeinde Massen, die örtliche Grund- und Oberschule in Massen, deren Turnhalle, die Amtsgebäude und ein Bürogebäude. Mit einer Leistung von 550 Kilowatt verbraucht die Anlage etwa 1500 bis 1800 Schüttraummeter Holzhackschnitzel im Jahr. Die nachwachsenden Rohstoffe, die das Holzhackschnitzelheizwerk benötigt, stammen gegenwärtig aus gemeindeeigenem Wald, Landschaftspflegeholz, Kurzumtriebsplantagen und Agroforstflächen in der Region. Hierdurch wird eine nachhaltige Rohstoffbereitstellung gesichert. Seit 2012 wurden auf landwirtschaftlichen Flächen in der Nähe des Heizwerkes mittlerweile über 10 Hektar Kurzumtriebsplantagen angelegt, die die Versorgung des Heizwerkes mit

Holzhackschnitzeln sichern (Abb. 2). Künftig sollen in der Region verstärkt auch agroforstliche Nutzungsformen etabliert werden. Hierfür ist geplant, mit ansässigen Landwirtschaftsbetrieben längerfristig geltende Abnahmeverträge für Energieholz zu erstellen und abzuschließen. Die Begründung von Agroforstsystemen ermöglicht es, neben der Bereitstellung von holzartiger Biomasse ökologische Vorteilswirkungen für Agrarflächen zu erzielen und trägt so zu einer nachhaltigeren Landwirtschaft bei.

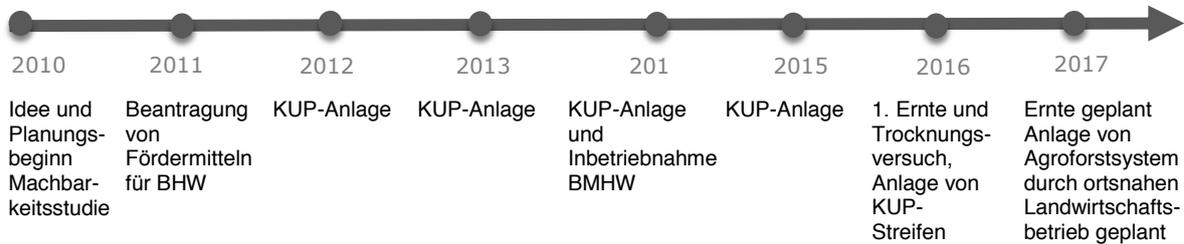


Abbildung 2: Anlage und Ernte von Agrarholzflächen seit Planung des Biomasseheizwerkes

1.3 Klimaschutz und Wertschöpfung

Da das Holzhackschnitzelheizwerk nur so viel Kohlenstoffdioxid verbraucht, wie vorher durch die nachwachsenden Rohstoffe aufgenommen wurde, spart das Heizwerk bis zu 300t Kohlenstoffdioxid pro Jahr ein. In der Gemeinde Massen kann der gesamte Wertschöpfungsprozess, der sich durch den Anbau, die Lagerung, die Ernte und die Verbrennung vor Ort ergibt, dokumentiert werden (Abb. 3). Mit dem Bau des Holzhackschnitzelheizwerkes konnte die Gemeinde Massen ihre Abhängigkeit von fossilen Ressourcen verringern. Durch die Schaffung von regionalen Wertschöpfungsketten werden regionale Arbeitsplätze und damit Perspektiven für den ländlichen Raum erhalten.



Quelle: AKE

Abbildung 3 : Regionale Wertschöpfungskette des Amtes Kleine Elster

2 Erste Erfahrungen zur regionalen Bereitstellung von Hackschnitzeln

Im Februar 2016 erfolgte die erste Ernte einer Kurzumtriebsplantage mit Hilfe eines neu entwickelten Anbaumähhackers, welcher die Bäume gleichzeitig sägt und hackt (Abb. 4). Auf der geernteten Fläche, die eine Größe von drei Hektaren hatte, wurde ein überdurchschnittlicher Ertrag von 840 Schüttraummeter erzielt. Üblich bzw. erwartet wurden etwa 500 Schüttraummeter. Die Ernte wurde von einem landwirtschaftlichen Dienstleistungsunternehmen ausgeführt und der Transport zu den Lagerungsorten (ehemalige Flugzeugshelter auf dem Flugplatz in Schacksdorf), welche sich in unmittelbarer Nähe zum Hackschnitzelheizwerk befinden, wurde durch ortsansässige Landwirtschaftsbetriebe unterstützt.



Im Winter 2016/2017 wird es eine weitere Beerntung von Agrarholzflächen zur Sicherung der Wärmeversorgung geben. Außerdem hat ein ortsansässiger Agrarbetrieb in diesem Jahr eine Agroforstfläche geplant, bei denen das später zu erntende Holz ebenfalls im Holzhackschnittelheizwerk seine Verwendung finden soll. Dieses Agroforstsystem soll im Frühjahr 2017 auf einer ca. 15 ha großen Ackerfläche etabliert werden. Somit ist eine nachhaltige Bereitstellung des Rohstoffs Holz zur Wärmeversorgung in der Gemeinde Massen gesichert.

Agroforst mit Walnussbäumen – Erfahrungen aus Brandenburg

Vivian Böllersen*

Land- und Gartenwirtschaft Böllersen, Groß-Ziethener-Chaussee 143, 12355

*Kontakt: T: 030/6636843 – E: info@walnussbauern.de

Zusammenfassung

Die Walnuss (*Juglans regia*) hat in Deutschland eine lange, geradezu kulturhistorische Nutzungsgeschichte und spielt auch in der modernen Ernährung wieder zunehmend eine Rolle. Der Bedarf an Walnüssen wird aber zu 100 % aus dem Ausland gedeckt, wobei diese Kultur hier durchaus Anbaupotential hat, wie die vielen schwertragenden Solitär bäume in deutschen Höfen und Gärten belegen.

Der Anbau von Walnüssen in Agroforstsystemen erfordert einige Grundkenntnisse und einen Spritzer Pioniergeist. Denn ebenso wie die Agroforstkultur an sich ist die wirtschaftliche Nutzung von Walnussbäumen eine verloren gegangene Tradition, die erst durch mutige Leuchtturmprojekte und aktiven Austausch wieder zum Leben erweckt werden kann.

Der Beitrag zeigt die Möglichkeiten des Walnussanbaus in Deutschland auf und verweist auf beispielgebende Aktivitäten in ganz Deutschland. Im Speziellen wird ein Anbauprojekt in Brandenburg vorgestellt, welches die Autorin selbst betreut.

1 Die Walnuss in Deutschland

1.1 Geschichte

Die genaue Abgrenzung des natürlichen Areals der Walnuss ist nur schwer möglich, da die Art seit vorgeschichtlicher Zeit kultiviert wird und somit stets vom Menschen beeinflusst und verbreitet worden ist. In vielen Gegenden ist sie verwildert und zuletzt völlig eingebürgert. Als Ur-Areal werden aber weithin Mittelasien, die nördlichen Teile des Irans, Kleinasien und der Himalaya anerkannt. Wie Braunkohlefunde belegen, war die Walnuss bereits im Tertiär bei uns verbreitet, wurde aber, wie viele Vertreter der ursprünglichen Vegetation, von der letzten Eiszeit verdrängt.

Die „Welsche Nuss“ in ihrer heutigen Erscheinungsform wurde schließlich von den Römern wieder nach Europa gebracht und etablierte sich in Gallien und Germanien schnell als nahrhafte Ergänzung für Hof und Garten. Spätestens seit dem Christentum wurde sie mit allerlei mystischen Bräuchen belegt, tauchte zunehmend in Dichtungen und Sagen auf und hatte in vielen Haushalten als Arzneimittel Bedeutung. Bis heute werden goldene Nusschalen an den Christbaum gehangen und der Nikolausteller mit Walnüssen bestückt.

1.2 Heutige Nutzung und Nachfrage

Besonders im Südwesten Deutschlands hat sich die Walnusskultur vielerorts gehalten. Der Baum ist ein prägendes Landschaftselement der Weinbaugebiete, wo die frische Schälness nach wie vor als regionale Spezialität genossen wird. Ob frisch oder getrocknet, ob zu Likör oder Backwerk, zu Öl oder Konserven verarbeitet – die Frucht der Walnuss bietet ein breites Anwendungsspektrum und dank ihrer hochwertigen Zusammensetzung an Fettsäuren befriedigt sie auch den modernen, gesundheitsbewussten Konsumenten.

Neben der Frucht sind auch die Blätter (zum Beispiel in der Naturkosmetik) und vor allem das Holz nutzbare Organe der Walnuss. Sie gehört zu den Kernholzbäumen mit einem vom hellfarbigen Splintholz deutlich abgesetzten Farbkern. Vielfach ist es zudem gestreift („gewässert“), unregelmäßig dunkel geädert oder auch wolkig gezeichnet. Die Erlöse für Walnussholz auf süddeutschen Submissionen übersteigen die für Eiche oft erheblich – es gibt kaum wertvollere Hölzer bei uns.

Die Produktion von Walnüssen hat sich weltweit seit 1995 mehr als verdreifacht. China, die USA und der Iran liegen heute an der Spitze der Erzeugerländer, mit jeweils über 400.000 Tonnen jährlicher Produktion.

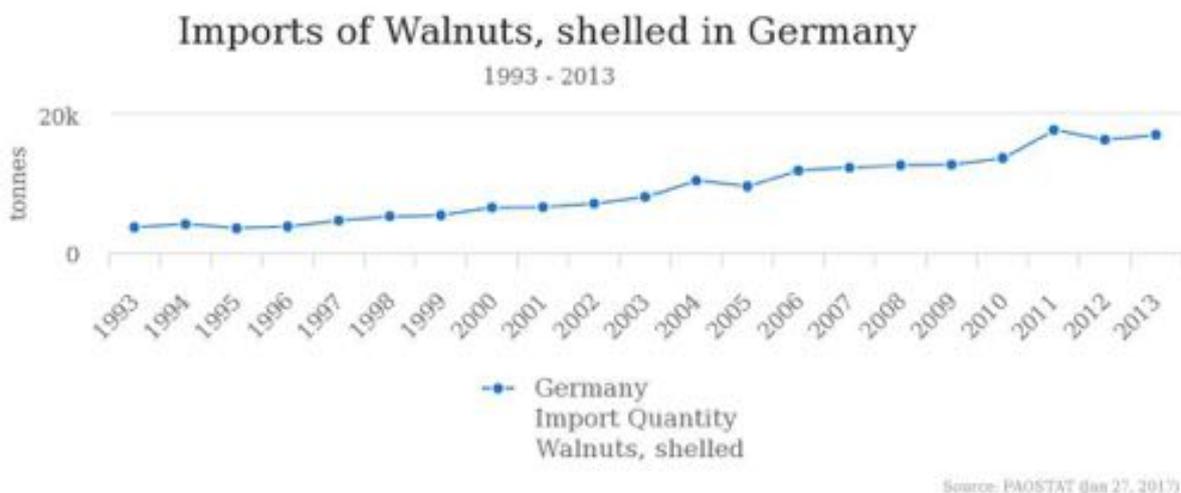


Abbildung 1: Einfuhren von Walnusskernen nach Deutschland 1993-2013 (FAO 2017)

Deutschland importiert Walnüsse in der Schale zu mehr als 50 % aus den USA, weitere Lieferanten sind Frankreich, Ungarn, Chile und Italien. Im Jahr 2013 waren es rund 10.600 t. Hinzu kommen die in den letzten Jahren enorm gestiegenen Einfuhren von Walnusskernen auf zuletzt 17.050 t (2013; Abb. 1), die wir vor allem aus den USA, Chile, Moldawien, Frankreich, der Ukraine und aus Indien erhalten. Deutschland ist damit nach Japan der größte Importeur von Walnusskernen weltweit.

1.3 Rückgang der Walnuss

Aufgrund ihrer schwachen Konkurrenzkraft verbreitet sich die Walnuss nur schwerlich auf natürlichem Wege. Der Lichtmangel und die hohe Wüchsigkeit anderer Forstkulturen machen ihr im Wald zu schaffen, sie ist auf gezielte Pflanzungen angewiesen.

Durch die beiden Weltkriege ist der deutsche Walnussbestand stark eingebrochen, weil das Holz für Gewehrschäfte benötigt wurde. Zudem fielen zwei Extremwintern in den 40er

und 50er Jahren zahlreiche ältere und schwache Exemplare zum Opfer. Entsprechende Nachpflanzungen wurden versäumt.

Der Anbau von Walnüssen galt zunehmend als uninteressant und wurde nie hinreichend erforscht. In den 50er Jahren wurden größere Studien in Geisenheim angelegt, die aber vor 15 Jahren aus Kostengründen eingestellt wurden. Die deutschen Walnussernten werden seit 2002 nicht mehr vom statistischen Bundesamt erfasst. Ein Anreiz für potentielle Anbauer ist also kaum gegeben. Das „Kuratorium Baum des Jahres“ wählte daher die Walnuss 2008 zum Träger dieses Titels, um für mehr Engagement zum Erhalt dieser Baumart zu werben – bislang ohne Erfolg.

2 Anbau von Walnüssen in Agroforstsystemen

2.1 Grundlagen des Walnussanbaus

Die Walnuss ist eine wärme- und lichtbedürftige Baumart, die eine Spät- und Frühfrostgefährdung mit sich bringt. Sie verträgt weder Staunässe noch Trockenheit. Klimatisch sind aber große Teile Deutschlands für den Anbau geeignet, weil die Walnuss auch unter hinreichenden Bedingungen zufriedenstellende Erträge hervorbringt. Eine standörtliche Anpassung über die Sortenwahl ist aber unabdingbar.

In der Pflege ist ein Walnussbaum zwar weit extensiver als andere Obstbäume, auf bestimmte Schnittmaßnahmen zur Kronenlockerung und Stammerzweigung sollte jedoch nicht rigoros verzichtet werden, besonders wenn die Stämme eines Tages verkauft werden sollen.

Die Walnuss wird maßgeblich von zwei Blattkrankheiten befallen: dem Pilz *Marssonina juglandis* und der Bakteriose *Xanthomonas arboricola* pv. *Juglandis*. Beide treten besonders in feuchten Jahren auf, können den Baum schwächen und die Ernte erschweren. Weite Pflanzabstände und luftige Kronen werden als prophylaktische Maßnahmen empfohlen. Als ernstzunehmender Schädling muss die invasive Walnussfruchtfliege *Rhagoletis completa* betrachtet werden, die sich seit Anfang der 2000er Jahre in ganz Deutschland ausgebreitet hat. Im Breisgau werden derzeit mögliche Bekämpfungsmittel getestet; erfolgsversprechende vorbeugende Maßnahmen gibt es bislang nicht.

Die Ernte von Walnüssen erfolgt auf den meisten Betrieben per Hand, ebenso wie die Nachernte-Maßnahmen. Für Anlagen ab 5 ha kann eine Sammelmaschine mit entsprechender Sortier- und Waschstraße sinnvoll sein. Die Trocknung erfolgt oft in selbstkonstruierten Vorrichtungen und dauert je nach Witterung und Trocknungswärme zwischen 3 Tagen und 4 Wochen.

Die Sortenvielfalt der Walnuss ist ein entscheidender Schlüssel zur Reanimation ihres Anbaus in Deutschland (Tab. 1). Die Selektionen aus Geisenheim wurden im „Deutschen Walnussortiment“ beschrieben und zeichnen sich praktisch alle durch eine sehr gute Nussqualität aus. Seit der Einstellung der dortigen Beobachtungen wurden aber die vorhandenen Sorten in den Forschungszentren der großen Erzeugerländer weiterentwickelt und neue Varietäten gefunden. So wurden z.B. in Ungarn und der Tschechischen Republik äußerst robuste, ertragreiche Sorten vermehrt, die auch in Deutschland anbaufähig wären. Leider findet man solche nur selten in unseren

Baumschulen, da die deutschen Veredler weiterhin auf das hiesige Sortiment setzen. Hier müsste der Zugang zu diesen vielversprechenden Varietäten erleichtert werden.

Tabelle 1: Übersicht der gefragtesten Eigenschaften und Beispiele an entsprechenden Sorten der Walnuss

Eigenschaft	Sorte
Schnelle Ertragsreife	<i>Fernor, Jupiter, Milotai 10, Proslavski, Wunder von Monrepos, Weinheimer 139</i>
Hohe Erträge	<i>A 117, Jupiter, Lara, Milotai 10, Moselaner 120, Ockerwitzer Lange, Scharsch</i>
Geringe Krankheitsanfälligkeit	<i>A 117, Champion, Geisenheim 26, Kurmarker 1247, Mars, Proslavski, Scharsch</i>
Geringe Spätfrostgefährdung	<i>Fernor, Franquette, Geisenheimer 26, Mars, Meylanaise, Moselaner 120, Ronde de Montinac, Scharsch</i>
Hohe Winterfrosthärte	<i>Champion, Jupiter, Mars, Ockerwitzer Lange</i>
Geringe Bodenansprüche	<i>A117, Champion, Geisenheimer 26, Weinberg 2</i>
Große, hochwertige Nüsse	<i>Apollo, Champion, Easterhazy II, Geisenheimer 120, Ockerwitzer Lange, Proslavski</i>
Gute Verarbeitungseigenschaften	<i>Ronde de Montinac, Giswil</i>

2.2 Besonderheiten im Anbauverbund

Die Standzeit eines Walnussbaums beträgt mindestens 50-60 Jahre, dafür muss man sich in den ersten Jahren in Geduld üben: Die meisten Sorten beginnen erst nach 4-6 Jahren mit der Fruchtbildung und gehen erst mit 10-15 Jahren in die Vollertragsphase über.

Da die Walnuss wunderschöne, ausladende Kronen bildet, müssen die Pflanzabstände entsprechend weit gewählt werden, sofern man keinen buschigen Plantagen-Wuchs bevorzugt. Die Zwischenräume wiederum können in den ersten Jahren – solange die Bäume noch nicht den gesamten Standraum beanspruchen – anderweitig genutzt werden, zum Beispiel zum Anbau gartenbaulicher Kulturen. Auch die Grünlandnutzung, Beweidung oder Kombination mit anderen Dauerkulturen ist realisierbar.

Die für den Agroforst üblichen Abstände ermöglichen natürlich auch nach dem Ausgewachsensein der Bäume die ackerbauliche Nutzung zwischen den Reihen. Hierbei ist von Anfang an eine Beschädigung der Wurzeln bei der Arbeit mit schwerem Gerät zu vermeiden, um einen Pilzbefall des Holzes zu verhindern. Dieser würde dessen Handelswert empfindlich schmälern bzw. den Stamm für den Verkauf ausschließen.

Eine interessante stoffliche Besonderheit der Walnussgewächse ist das Juglon (auch Juglanin oder Nucin). Es existiert in den Pflanzen als Glucosid und ist äußerlich durch die Schwarzfärbung verletzter und absterbender grüner Pflanzenorgane zu erkennen. Das nicht toxische Glucosid wird durch Regen aus den Pflanzenteilen ausgewaschen und gelangt in den Boden, wo es von Bodenmikroben zum toxischen Juglon umgewandelt wird. Diese Substanz hat eine allelopathische Wirkung, die ein interessantes Forschungsfeld für Botaniker eröffnet: Im Einflussbereich der Kronentraufe wirkt das Juglon phyto- und fungitoxisch auf zahlreiche Pflanzenarten und Pilze. Zumindest die Jungstadien von vorwiegend dikotylen Samenpflanzen kümmern schon in Folge sehr geringer Juglon-Konzentrationen und sterben ab (Tab. 2).

Dieser Effekt ist bei der Schwarznuss (*Juglans nigra*) besonders stark ausgeprägt. Verschiedenste Gräser sowie Pflanzen mit gut ausgebildeter Kutikula sind aber relativ tolerant (Tab. 2).

Tabelle 2: Einfluss von Juglon auf verschiedene Pflanzenarten

Negative Beeinflussung	Immun oder kaum betroffen
<i>Asparagus officinalis</i> (Spargel)	<i>Allium cepa</i> (Zwiebel)
<i>Betula papyrifera</i> (Papier-Birke)	<i>Beta vulgaris</i> (Rüben)
<i>Brassica oleracea</i> (Kohl)	<i>Pastinaca sativa</i> (Pastinake)
<i>Lycopersicon esculentum</i> (Tomaten)	<i>Phaseolus zinnia</i> (Lima- und Brechbohnen)
<i>Magnolia x soulangiana</i> (Tulpen Magnolie)	<i>Prunus</i> spp. (Kirschen, Nektarinen, Pfirsich und Pflaumen)
<i>Medicago sativa</i> (Luzerne)	<i>Rubus occidentalis</i> (schwarze Himbeere)
<i>Solanum melongena</i> (Aubergine)	<i>Cucurbita</i> (Kürbisse)
<i>Solanum tuberosum</i> (Kartoffel)	<i>Zea mays</i> (Zuckermais)
<i>Paeonia</i> (einige Pfingstrosen)	Sowie die meisten der winterfesten, im Herbst gesetzten Blumenzwiebeln einschließlich Laucharten, Krokusse, Narzissen, Hyazinthen, Tulpen und eine Reihe von weiteren Zierpflanzen
<i>Pinus strobus</i> (Weymouth-Kiefer)	
<i>Tilia americana</i> (Amerikanische Linde)	
<i>Vaccinium</i> (Heidelbeeren)	

In einigen ackerbaulichen Kulturen zeigte sich, dass das Juglon die Wachstumsgeschwindigkeit von Trieb und Wurzeln, die Blatt-Photosynthese, die Transpiration, Atmung und die Stomata-Kontrolle der Pflanze hemmt. Über die aktive Planung bei der Bewirtschaftung von Agroforstsystemen kann die Akkumulation des Juglons angewendet werden, um das Wachstum bestimmter Arten, ob Pflanze, Insekt oder Pilz, in der spezifischen geographischen Nähe des Baumes zu begrenzen oder zu kontrollieren.

Da Juglon nicht besonders wasserlöslich ist, verbreitet es sich nicht leicht durch Bodenbearbeitung, sondern kann nur unter dem Kronendach bestehen, wo sich lebende Wurzeln befinden. Nachdem Walnussbäume von einer Stelle entfernt werden, kann die Toxizität bis zu einem Jahr nach der Entfernung im Boden fortbestehen (Strugstad u. Despotovski 2012).

3 Praktische Erfahrungen

3.1 In Deutschland

Seit einigen Jahren interessieren sich wieder zunehmend Land- und Forstwirte, Obstbauern und Quereinsteiger für den Anbau von Walnüssen. Grund hierfür könnte die verstärkte Wertschätzung extensiver Bewirtschaftungssysteme seitens der Ministerien und entsprechende Förderzuschüsse sein. Aber auch das gesteigerte Interesse von KonsumentInnen an heimischer Ware sowie die Suche vieler Landwirte nach Nischenprodukten als Ausstieg aus dem Preiskampf am Lebensmittelmarkt dürften hierbei eine Rolle spielen.

Neben den also zunehmenden jungen Walnussanlagen von den deutschen Vorgebirgsregionen bis an die Küsten existieren in einigen süddeutschen Gebieten zudem Projekte, die mit der Walnuss als Holzlieferant arbeiten. Im Ostalbkreis werden z.B. Agroforst-Anlagen mit großer Zuversicht gepflanzt und beobachtet – besonders im Blick auf den Klimawandel wird hier davon ausgegangen, dass die wärmeliebende Walnuss in Zukunft an Bedeutung für die deutsche Forstwirtschaft gewinnen wird. Aus demselben Grund, aber auch aus Leidenschaft widmet sich seit Anfang der 90er Jahre die „Interessengemeinschaft Nuss“ (<http://www.ig-nuss.de>) der Förderung des Anbaus von Nussbäumen im Wald.

Seit 2014 hat sie eine kleine Schwester, die „Interessengemeinschaft deutscher Walnussbauern“ (<http://www.walnussbauern.de>), die sich vorwiegend mit dem Anbau von Walnüssen zu Zwecken der Fruchterzeugung beschäftigt.

3.2 In Brandenburg

Brandenburg hat klimatisch einige Vorteile für den Walnussanbau. Die geringen Niederschlagssummen ermöglichen ein schnelles Abtrocknen der Blattoberflächen nach einem Regenschauer, sodass sich Blattkrankheiten weniger leicht ausbreiten können (Böllersen 2013).

Die Temperaturen in Brandenburg sind im Hinblick auf die Jahresdurchschnittstemperatur sehr günstig für Walnüsse – die Vegetationsperiode ist lang genug, damit der Baum qualitativ hochwertige Nüsse entwickeln, wachsen und sich nach außen gegen tiefe Winter und hartnäckige Schädlinge schützen kann. In Lagen mit bestehender Spätfrostgefahr kann durch die Wahl spät austreibender Sorten das Risiko eines Ertragsausfalles minimiert werden.

Auch zur Ertestung aktuellster Sorten für den Standort Brandenburg wurde 2015 in Velten bei Berlin eine 4,4 ha große Fläche mit Walnussbäumen bepflanzt (Abb. 2). Die Auswahl der Sorten konzentrierte sich neben der Ertragshöhe vor allem auf einen späten Austrieb, geringe Bodenansprüche und die Robustheit gegenüber Winterfrösten und Krankheiten.

Die gewählten Varietäten stammen aus Deutschland, Frankreich, Tschechien, Ungarn und anderen Anrainernationen. Es sollen schlussendlich 200 veredelte Walnussbäume auf den ehemaligen Luchwiesen stehen, die in über 20 verschiedenen Sorten das Spektrum der Möglichkeiten und Grenzen des Walnussanbaus in Brandenburg aufzeigen sollen.

Es wurde im Verbund 13 x 15 m gepflanzt, um Hochstämme und breit ausladende Kronen erziehen zu können. Die Grünlandnutzung wird zu Gunsten des benachbarten Reitvereins zwischen den Reihen fortgeführt; eine spätere Nutzung als Weide ist angedacht. Die Baumscheiben werden in den ersten Jahren manuell freigehalten und die Bäume jährlich einem Erziehungsschnitt unterzogen. Zur Vorbeugung von Fegeschäden wurde ein Einzelbaumschutz angelegt und zur Vermeidung von Triebbruchschäden durch Vögel erhöhte Ansitzwarten angebracht (<http://www.landwirtschaft-boellersen.de>).



Abbildung 2: Erste Reihe der Sorte Mars nach Frühjahrspflanzung 2014 (Foto: V. Böllersen)

4 Aussichten

Die Walnuss muss wieder mehr in den Fokus deutscher Forschungsaktivitäten rutschen. Ein derart beliebtes Produkt – ob Holz oder Frucht – sollte zumindest zu einem gewissen Anteil aus eigenen Landen stammen. Dies ist möglich, es fehlt nur an mutigen Pionieren und modernen Untersuchungen.

Höchste Beachtung sollte auch die Ausbreitung der Walnussfruchtfliege finden. Wenn jetzt auch noch kein allseits wahrgenommener Schädling, so sind die Befallszahlen von privaten Walnussbäumen in Ballungsgebieten und die folgende „Auslichtung“ betroffener Bäume immens. Um diese Entwicklung zu stoppen und dem Wiederaufleben der Walnusskultur in Deutschland eine Chance zu geben bedarf es jetzt an Forschungsaktivitäten und Zulassungen, die dieser neuen Gefahr trotzen können.

Literatur

Böllersen V (2013): Evaluierung der Möglichkeiten und Grenzen des ökologischen Walnussanbaus in Brandenburg – Zustandsaufnahme und Bewertung der deutschen Walnussproduktion. Masterarbeit am Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Eberswalde.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (Hrsg.) (2017): Food and Agricultural commodities production. Online im Internet: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>

Strugstad MP, Despotovski S (2012): A summary of extraction, synthesis, properties, and potential uses of juglone: A literature review. *Journal of Ecosystems and Management* 13(3), 1-16.

Ertragsleistung eines Energieholz-Alley-Cropping-Systems

Jaconette Mirck*, Michael Kanzler, Christian Böhm

¹Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus

*Kontakt: T: 0355/69 4597 – F: 0355/69 2323 – E: jaconette.mirck@b-tu.de

1 Einleitung

Winderosion ist in weiten Teilen Deutschlands ein ernstzunehmendes Problem für den Bodenschutz. Auf etwa 25 % der Ackerflächen ist der Boden gefährdet. Betroffen sind insbesondere offene Landschaften mit schnell austrocknenden, feinsandreichen Böden ohne schützende Pflanzenbedeckung, auf denen Windhindernisse fehlen (Bodenwelten 2017). Brandenburg hat einen großen Anteil an sandigen Böden, die sehr anfällig für Bodenerosion durch Wind sind. Die Mehrzahl der brandenburgischen Ackerflächen gilt als mittel bis hoch erosionsgefährdet (BGR 2014). Bei konventioneller Ackerbewirtschaftung beträgt der durchschnittliche Bodenabtrag in Deutschland ca. $4,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (BMU 2009). Im Vergleich hierzu ist die Bodenneubildungsrate mit Werten zwischen $0,01$ und $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Blume et al. 2010) sehr niedrig. Daher werden Bodenabtragswerte von über $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ als unumkehrbar betrachtet (Montanarella 2007).

Unsere Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass im Kurzumtrieb bewirtschaftete Gehölzstreifen die Windgeschwindigkeit und damit den Bodenabtrag erheblich verringern können (Böhm et al. 2014). Gehölzstreifen beeinflussen jedoch nicht nur die Windgeschwindigkeit, sondern sie wirken auch auf andere mikroklimatische Parameter, wie die Beschattung, die Verdunstung, die Taubildung, die Oberbodenfeuchte, die Verzögerung der Schneeschmelze und die Erosion durch Wind und Wasser (Grünewald et al. 2010). Durch die Modifikation des Mikroklimas können die Gehölzstreifen auch den Ertrag der angrenzenden Ackerkulturen beeinflussen. Dieser Effekt kann sowohl positiv als auch negativ sein. Ziel dieser Studie war es, in einem südbrandenburgischen Agroforstsystem die Ertragseffekte auf die Ackerfrucht Zuckerrübe (*Beta vulgaris*) zu quantifizieren, um so Aussagen zu dessen Ertragsleistung treffen zu können.

2 Material und Methoden

Die Erhebungen für diese Studie erfolgten auf einer streifenförmigen Agroforstfläche (Alley Cropping) in der Nähe von Forst (Lausitz), Südbrandenburg. Diese Fläche hat eine Größe von insgesamt 70 ha. Auf dem nördlichen Flächenteil, der eine Größe von 40 ha aufweist, befinden sich sieben in Nord-Süd-Richtung ausgerichtete Gehölzstreifen, die sich aus den Baumarten Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und Pappel (im Untersuchungsareal *Populus nigra* x *P. maximowiczii*) zusammensetzen. Diese Gehölzstreifen sind vierreihig aufgebaut und ungefähr 11 m breit. Die zwischen den Gehölzstreifen befindlichen Ackerstreifen haben eine Breite von 24 m, 48 m oder 96 m breit (Abb. 1).

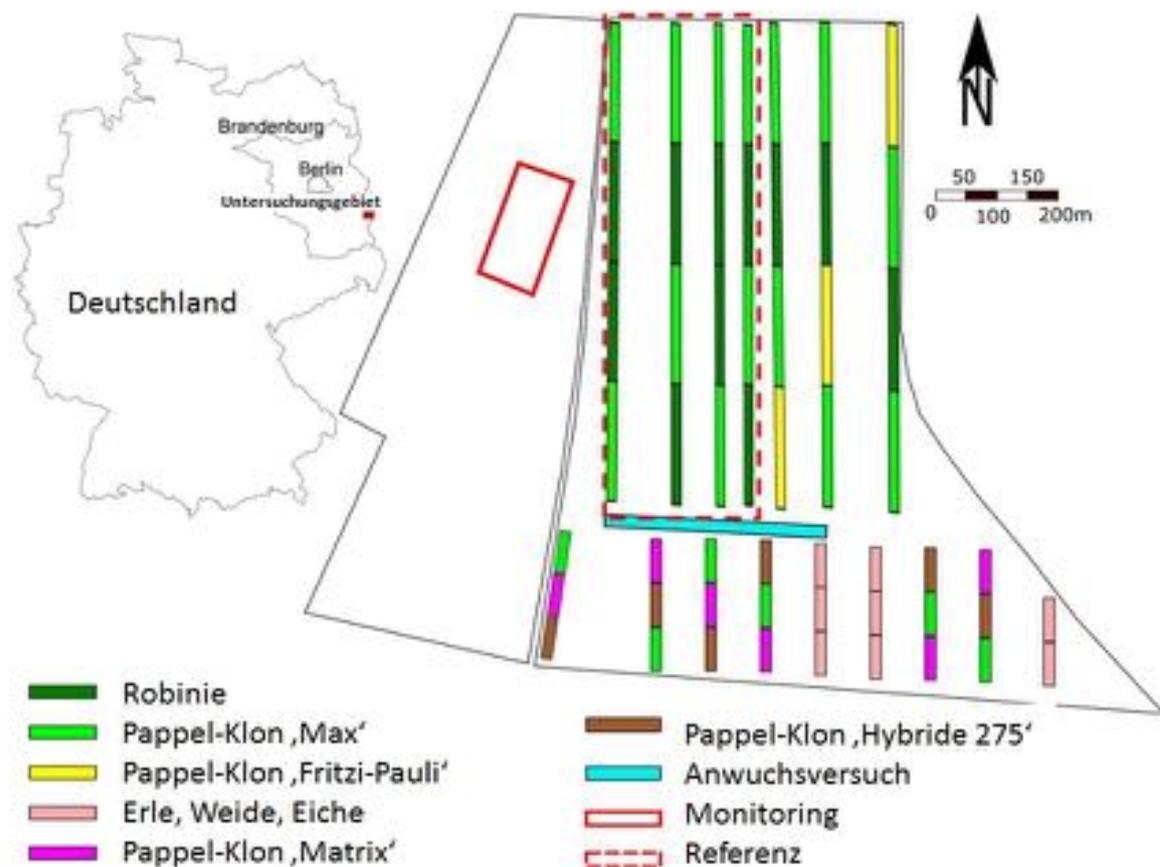


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Alley-Cropping-Versuchsfläche bei Forst (Lausitz), Südbrandenburg

Die Fläche wird seit mehreren Jahrzehnten konventionell ackerbaulich bewirtschaftet. Im Jahr 2015, dem Beprobungsjahr, wurden Zuckerrüben angebaut. Die Ackerfrüchte der vorangegangenen Jahre waren Mais (*Zea mays*), Luzerne (*Medicago sativa*) / SolaRigol (auf Kartoffelanbau abgestimmte Saatgutmischung) und Kartoffeln (*Solanum tuberosum*). Die Zuckerrübenenernte fand zwischen dem 30.09. und 06.10.2015 statt. Während der Ernte wurden Proben von drei unterschiedlich breiten Ackerstreifen (96 m, 48 m und 24 m) sowie von einer Referenzfläche westlich der Agroforstfläche entnommen (Abb. 1). Gegenstand der hier vorgestellten Untersuchungen sind die Ergebnisse des 48 m breiten Ackerstreifens. Hier wurden auf insgesamt 6 Transekten 5 Beprobungspartellen angelegt (je 3 m und 12 m östlich und westlich der Gehölzstreifen und in der Mitte des Ackerstreifens bei 24 m; n = 6).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Zuckerrübenenerträge auf dem 48 m breiten Ackerstreifen des Agroforstsystems waren höher als jene auf der Referenzfläche. Selbst nach Abzug der Gehölzfläche (ca. 19 % der Ackerfläche) betrug die Ertragsdifferenz immerhin noch ca. 1 % (Abb. 2). Diese Ertragssteigerung ist höchstwahrscheinlich auf das veränderte Mikroklima zurückzuführen. Insbesondere die Verringerung der Windgeschwindigkeit (zwischen 4 % und 54 % im Sommer und 14 % und 54 % im Winter), eine hiermit in Verbindung stehende Reduzierung der potentiellen Verdunstung (Kanzler et al. 2016) und die hieraus

resultierende höhere Wasserverfügbarkeit schienen sich positiv auf die Zuckerrübenenerträge ausgewirkt zu haben. Während einer Trockenperiode im Sommer 2015 wurde innerhalb des Agroforstsystems eine Erhöhung der Oberbodenfeuchte um 3 % im Vergleich zur Referenzfläche gemessen (Mirck et al. 2016).

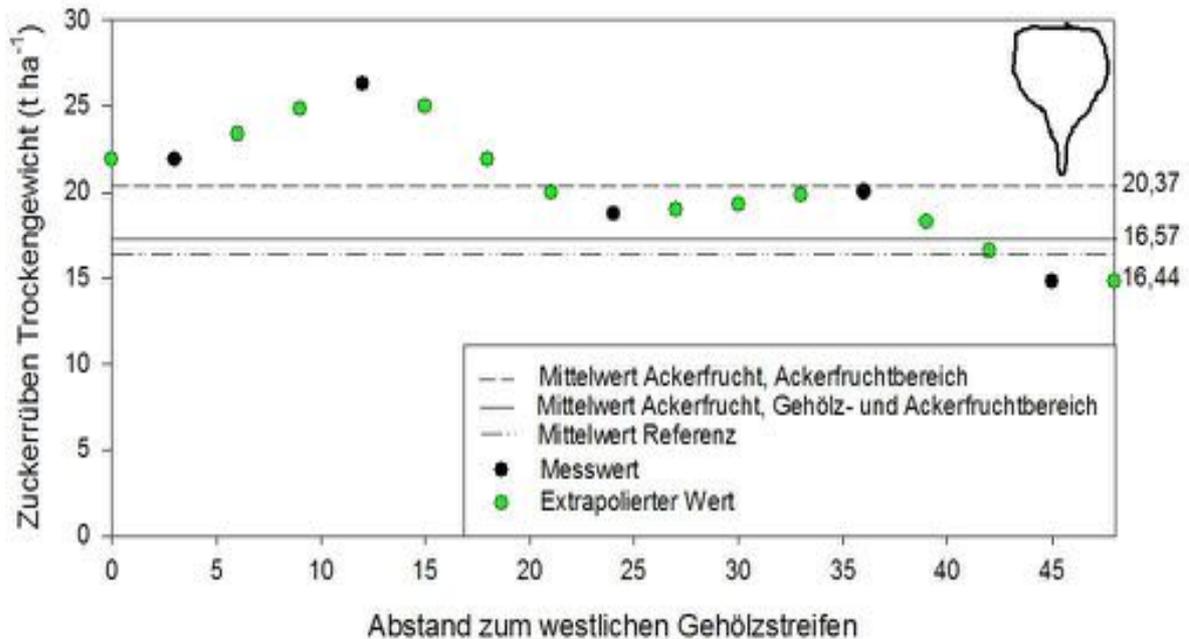


Abbildung 2: Gemessene und extrapolierte Zuckerrüben-Erträge (Trockengewicht) entlang eines 48 m breiten Ackerstreifens des Alley-Cropping-Systems in der Nähe von Forst (Lausitz), Südbrandenburg

Für die Ertragsleistung des gesamten Agroforstsystems sind auch die Biomasseerträge der Gehölze hinzuzurechnen. Folglich war die Gesamtertragsleistung des untersuchten Agroforstsystems deutlich höher als jene der Referenzfläche. Diese Aussage ist jedoch nicht für alle Agroforstsysteme in Deutschland generalisierbar, da die Ertragsleistung eines Agroforstsystems von den Standortfaktoren, den Witterungsbedingungen und von der Acker- sowie der Gehölzkultur abhängt.

Literatur

BGR (2014): Bodenanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Ressourcenbewertung-management/Bodenerosion/Wasser/Karte_Erosionsgefahr_node.html.

Blume H-P, Scheffer F, Brümmer GW, Schachtschabel P, Horn R, Kandeler E, Kögel-Knabner I, Kretschmar R, Stahr K, Wilke BM, Welp G, Thiele-Bruhn S (2010): Lehrbuch der Bodenkunde, 16. überarb. Aufl., Spektrum, Heidelberg.

BMU (2009): Zweiter Bodenschutzbericht der Bundesregierung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Bodenwelten (2017): Bodennetzwerk – Bundesverband Boden e.V.
<http://www.bodenwelten.de/content/neue-%C3%BCbersichtskarte-zur-winderosionsgef%C3%A4hrdung-von-ackerb%C3%B6den>.

Böhm C, Kanzler M, Freese D (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforestry Systems* 88, 579-591.

Grünewald H, Böhm C, Bärwolff M, Wöllecke J, Quinkenstein A, Hoffmann J (2009): Ökologische Aspekte von Agroforstsystemen. *Symposium Energiepflanzen 2009*, 233-263.

Kanzler M, Böhm C, Mirck J, Schmitt D, Veste M (2016): Agroforstliche Landnutzung als Anpassungsstrategie an den Klimawandel. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 28, 126-127.

Mirck J, Böhm C, Kanzler M, Freese D (2016): Sugar beet yields and soil moisture measurements in an alley cropping system. *European Agroforestry Conference, Montpellier, France, May 22-25 2016*, 282-285.

Montanarella L (2007): Trends in Land Degradation in Europe. In: Sivakumar VK, Ndiang'ui N (Hrsg.): *Climate and Land Degradation*. 1. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg, 83-104.

Gütesiegel in der Landwirtschaft – eine Bestandsaufnahme der Preiszahlungsbereitschaft

Alexander Sänn^{1*}, Julia Pauly²

¹Betriebswirtschaftliches Forschungszentrum für Fragen der mittelständischen Wirtschaft e.V. (BF/M) an der Universität Bayreuth, Mainstraße 5, 95444, Bayreuth

^{*}Kontakt: alexander.saenn@uni-bayreuth.de

²Universität Bayreuth, Alumnus

Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel zeigt die Entwicklung eines Gütesiegels für die Agroforstwirtschaft, insbesondere dem Produkt Gans aus Agroforst, auf. Dazu führt der Text in den theoretischen Hintergrund ein, gibt einen Überblick ausgewählter Gütesiegel im relevanten Markt und setzt innerhalb der empirischen Untersuchung die Befragung zur Relevanz und Preissetzung des Gütesiegels fort. Die Gestaltung des Siegels entwickelt eine Markenidentität und liefert die Grundlagen zur Kommunikation des Siegels als „sicheres Lebensmittel“ und Ursprung aus „artgerechter Tierhaltung“. Die Preissetzung ermittelt die Preiszahlungsbereitschaft der insgesamt 129 ausgewerteten Probanden, welche zu ca. 75 % Frauen als Einkäufer von Lebensmitteln im Familienumfeld repräsentiert sind. Die empirische Untersuchung zeigt auf, dass insbesondere für die Probanden die regionale Herkunft des Produktes Gans wichtig ist. Das Gütesiegel dient in der Betrachtung der relativen Wichtigkeiten der Produkteigenschaften (Attribute) als Substitut und Indikator für die Qualität und die Bedingungen der Aufzucht/Haltung der Gänse. Insgesamt zeigen die Ergebnisse jedoch, dass das Biosiegel „stärker“ als das Agroforst-Siegel am Markt etabliert ist. Aus Sicht der Kommunikation ist eine Beziehung zwischen beiden Siegeln zur Überwindung des Kaltstartproblems und der damit in Verbindung stehenden Unbekanntheit zu empfehlen. Insgesamt stellt für nachhaltig agierende Haushalte diese Kombination den größten Nutzen dar. Der Vertrieb der Gans kann hier direkt beim Erzeuger oder beim Metzger stattfinden, da diese zur relevanten Zielgruppe der in dieser Befragung präferierten Einkaufsstätten für den Konsum von Fleischprodukten gehören.

1 Einleitung

Die Entscheidung zum Kauf eines bestimmten Produktes trifft der Konsument direkt am Point-of-Sale (POS). So zeigt eine beispielhafte Studie der GfK (Gesellschaft für Konsumforschung), dass ca. 70 % der Konsumenten erst unmittelbar im Laden entscheiden, welches Produkt sie wählen (Adsolution GmbH 2011). Dies ist u. a. auch im Lebensmittelkonsum der Fall. Der Verbraucher wurde insbesondere bei Lebensmitteln in den vergangenen Jahren mit Skandalen wie BSE, Dioxin, „Gammelfleisch“ konfrontiert und ist verunsichert (Haenraets et al. 2012). Die Vielfalt der Angebote an Produkten auf dem Lebensmittelmarkt bereiten den Konsumenten zusätzliche Herausforderungen, eine

Entscheidung für ein bestimmtes Produkt zu fällen (Fotopoulos u. Krystallis 2003). Daher bedient sich der Verbraucher einer Orientierung an Gütesiegeln, welche einen Vertrauensvorschuss in bestimmte Produktmerkmale stimulieren. Somit bieten Gütesiegel eine entscheidende Hilfestellung beim Einkaufen an und gelten als Sicherheitsmaß für beispielsweise ethische, ökologische und nachhaltige Aspekte des Konsums (vgl. Moussa u. Touzani 2008). Sie zeichnen ein Lebensmittel in einer bestimmten Weise aus und erleichtern damit dem Verbraucher die Unterscheidung zu anderen Produkten (Fotopoulos u. Krystallis 2003). Heute gibt es insbesondere im Lebensmittelbereich eine Vielzahl an Gütesiegeln, welche den Verbraucher zu überzeugen versuchen, was auf der einen Seite wiederum zur Verunsicherung und auf der anderen Seite zu einer Egalität dieses Alleinstellungsmerkmals (USP) führt.

Der vorliegende Beitrag zeigt die Entwicklung eines beispielhaften Gütesiegels für das Landnutzungssystem der Agroforstwirtschaft auf. Die Zielgruppe der empirischen Untersuchung stellt der Privatkunde von Agroforst-Produkten, konkret der Agroforst-Gans, dar. Grundsätzlich ist der deutsche Gänsemarkt sehr stark auf Importe angewiesen. Der Konsum der Gans findet hauptsächlich im Zeitraum vom St. Martinsfest bis zum Jahresende statt (Beck 2011). Der Selbstversorgungsgrad mit Gänsen in Deutschland im Jahr 2010 betrug 13,3 %. Der vorliegende Beitrag stellt damit nur einen kleinen Baustein in der (Re-)Etablierung der Agroforstwirtschaft in Deutschland dar. So klein wie dieser Baustein auch sein mag, so relevant ist dieser auch. Die letztendliche Nachfrage am Markt nach Produkten aus der Agroforstwirtschaft ermöglicht es erst dem Landwirt, einen Absatz zu planen und damit einen Kosten-Nutzen-Vergleich zwischen der konventionellen Landnutzung und der Nutzung eines Agroforstes umzusetzen. Ziel dieses Beitrages ist es daher zum einen das Gütesiegel zu entwickeln und zum anderen durch Einbringung des Gütesiegels in einen Vergleichsmarkt, den erzielbaren monetären Mehrwert gegenüber anderen Gütesiegeln (und den verbundenen Anbau- bzw. Bewirtschaftungsmethoden) zu ermitteln.

Der Artikel geht in seinem weiteren Verlauf auf den methodischen Hintergrund zur Entwicklung des Gütesiegels ein. Dazu werden in Kapitel 2 ausgewählte theoretische Grundlagen des Markenmanagements eingeführt und um die Grundlagen der Präferenzmessung zur späteren Bestimmung der Preiszahlungsbereitschaft der Kundengruppe ergänzt. Kapitel 3 untersucht bereits am Markt die Agroforst-Gans adressierende Gütesiegel bzw. Label. Diese werden einleitend vorgestellt und in Bezug auf ausgewählte Merkmale, wie z. B. inhaltliche Zielstellung und Geltungsbereich (Scope), gegenübergestellt. Ergänzend werden einleitend die bisher durch ausgewählte Studien bekannten Ankerpunkte bei der Kaufentscheidung der Konsumenten vorgestellt. Das Kapitel schließt mit der Vorstellung des entwickelten Gütesiegels. Kapitel 4 stellt die empirische Untersuchung zur Ermittlung der Preiszahlungsbereitschaft vor. Das Kapitel geht dabei explizit auf den Fragebogen, die Datenerhebung sowie die Datenauswertung ein. Kapitel 5 blickt auf die nachfolgenden Schritte zur Einbringung des Gütesiegels in den realen Markt.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Funktionen einer Marke

Zur Einführung in den theoretischen Hintergrund werden der Begriff der Marke definiert, die Funktionen aus Kunden- sowie Anbieterperspektive aufgezeigt und eine Zusammenführung mit dem Thema „Gütesiegel“ argumentiert.

Die klassische Markenansicht sieht eine merkmalsbezogene Definition der Marke vor und zielt darauf ab, dass eine Marke als physisches Kennzeichen für die Herkunft eines Markenartikels zu verstehen ist (siehe dazu im weiteren Verlauf implizierte Ansätze zum „Country-of-Origin“-Effekt in u.a. Elliot u. Cameron 1994). Neuere Definitionen gehen über die merkmalsbezogene Beschreibung hinaus und sehen „als Marke (..) alle Zeichen, [..], die geeignet sind, Waren oder Dienstleistungen eines Unternehmens von denjenigen anderer Unternehmen zu unterscheiden“ (Ingerl u. Rohnke 2010, 36). Im Umfeld des Marketings sieht die Lehrliteratur die Marke als „...ein in der Psyche der Konsumenten und sonstiger Bezugsgruppen der Marke, fest verankertes, unverwechselbares Vorstellungsbild von einem Produkt oder einer Dienstleistung...“ (Meffert et al. 2002) und definiert als Marke „... Leistungen [..], die neben einer unterscheidungs-fähigen Markierung (...) im Markt ein Qualitätsversprechen geben, [damit] eine dauerhaft werthaltige, nutzenstiftende Wirkung erzielt [wird]“ (Bruhn 2004).

In Aggregation ergibt sich für die kundenseitige Betrachtung des Nutzens a) die Marke als Orientierungshilfe, b) die Hilfe zur Entlastung einer Informationsüberflut, c) die Vertrauensfunktion, d) die (assoziierte) Qualitätssicherung, e) ein Prestige für den Käufer sowie f) eine Funktion der Identifizierung (vgl. dazu u.a. Keller u. Lehmann 2006, Homburg et al. 2009). In Aggregation ergibt sich für die anbieterseitige Betrachtung der Nutzen a) einer Differenzierung gegenüber der Konkurrenz, b) die gesteuerte Bildung von Präferenzen beim Kunden, c) der Kundenbindung, d) der Wertsteigerung, e) der Steigerung der Preiselastizität, f) eines möglichen Image-Transfers zu neuen Produkten/Dienstleistungen sowie g) die Adressierung bestimmter Marktsegmente durch beispielsweise eine angepasste Ausgestaltung der Markenbotschaft (vgl. dazu u.a. Farquhar 1989, Crimmins 2000, Meffert et al. 2002, Homburg u. Krohmer 2009).

Damit wird ersichtlich, dass Marken und Gütesiegel eine Schnittmenge in ihrer Funktionalität aufweisen. Doch können in dem Umfeld der Lebensmittelindustrie Marken und Gütesiegel synonym betrachtet werden? Gütesiegel stellen für den Kunden ein hilfreiches Qualitätssignal dar, welches über das Produkt informiert, Informationsasymmetrien zwischen Hersteller und Konsument überbrückt und die Unsicherheit hinsichtlich der Kaufentscheidung verringert (Gierl u. Stich 1999, Verbeke 2005, Moussa u. Touzani 2008). Marken und Siegel erfüllen in diesem Zusammenhang also die gleiche Funktion für den Konsumenten als extrinsische Qualitätssignale (Olson u. Jacoby 1972, Zeithaml 1988, Thøgersen 2000). Unternehmen setzen Gütesiegel ein, um bestimmte Produkteigenschaften zu kommunizieren und sich von Konkurrenzprodukten abzugrenzen (Sander et al. 2016). Die freiwillige Angabe einer Marke und eines Gütesiegels erfolgt dabei in gleicher Art und Weise. Somit kann eine Marke die Funktion eines Gütesiegels übernehmen und im Gegenzug kann sich auch ein Gütesiegel zu einer Marke entwickeln (Roth et al. 2009).

2.2 Bestimmung der Preiszahlungsbereitschaft

Der tatsächliche Wert einer Marke und damit die Relevanz ergibt sich u.a. aus der höheren Preiselastizität, wie sie im vorherigen Abschnitt als anbieterseitige Funktion eingeführt wurde. Ferner dient die Bepreisung der Produkte/Dienstleistungen innerhalb einer Marke als segmentierender Ansatz der Zielgruppe und der Positionierung der Marke am Markt.

Zur Feststellung dieser Preiszahlungsbereitschaft verweist die Literatur auf multivariate Analyseverfahren, wie die Choice-Based Conjointanalyse (CBC). Aktuelle Studien zeigen, dass die CBC mit der Zielstellung der Preisgestaltung die dominierende Methode in der Praxis darstellt (mit einem Anteil der Nutzung zur Preisgestaltung von bis zu 88 %, vgl. Selka u. Baier 2014). In der CBC werden den Konsumenten mehrere Produktalternativen (Stimulus) sowie eine Nicht-Kauf-Option präsentiert und in Bezug auf ihre Bevorzugungswürdigkeit zu den anderen Alternativen bewertet (vgl. u.a. Gensler 2006). Die Produkte sind durch für den Kunden relevante Eigenschaften wie Preis, Herkunft, Farbe, Vorhandensein eines Siegels sowie den jeweiligen Ausprägungen (5 EUR, Deutschland, blau, Siegel ist vorhanden) bestimmt. Ein Stimulus stellt eine gültige Kombination von diesen Eigenschaften in einer jeweils konkreten Ausprägung dar. Es wird unterstellt, dass sich die Probanden nutzenmaximal verhalten und somit das Produkt, das ihnen den höchsten Nutzen bringt, auswählen (Gensler 2006). Die zugrundeliegende Nutzenfunktion (Random Utility Function) stellt die Art der Aggregation der Präferenzwerte für die gegebene Kombination von Eigenschaften in ihrer jeweiligen Ausprägung dar. Der Zusammenhang zwischen dem Nutzen einer Alternative und der Entscheidung des Probanden (Kunden) wird durch Regression erklärt. Die Gegenüberstellung und die Auswahl finden mittels Paarvergleichen/Trade-Offs (Abwägen zwischen mehreren Alternativen) statt. Die Entscheidungen liegen damit auf (bi-/multi-) nominaler Ebene vor (Wahl ja/nein oder Wahl Alternative 1,..., n). Für vertiefende Informationen siehe u. a. McFadden (1986) sowie für eine detaillierte Erläuterung der Conjointanalyse und insbesondere der CBC Baier u. Bruschi (2009). Die Bestimmung der Preiszahlungsbereitschaft stellt nur eine Möglichkeit dar.

Als Variante der direkten Abfrage der Zahlungsbereitschaft etablierte sich ebenso das Van Westendorp-Modell (vgl. u.a. Reinecke et al. 2009 zur detaillierten Erläuterung). Das Modell legt mittels vier Fragen den Bereich akzeptabler Preise fest und leitet den optimalen Preis ab. Den Probanden werden folgende Fragen gestellt: 1) Bis zu welchem Punkt erachten Sie das Produkt noch als günstig? 2) Bei welchem Preis betrachten Sie das Produkt als so günstig, dass Sie dessen Qualität ernsthaft anzweifeln und infolgedessen nicht kaufen? 3) Bei welchem Preis würden Sie das Produkt als teuer bezeichnen, aber dennoch in Erwägung ziehen, dieses zu kaufen? 4) Bei welchem Preis würden Sie das Produkt als zu teuer bezeichnen und einen Kauf nicht mehr in Erwägung ziehen? Die Antworten auf die vier Fragen werden nach der Befragung aggregiert und in einem Diagramm präsentiert (Wildner 2003). Der Schnittpunkt aus "zu teuer" und "zu günstig" stellt den Punkt mit dem geringsten Kaufwiderstand dar, also den optimalen Preispunkt (Optimum Price Point – OPP). Hier ist der Anteil der Befragten, denen das Produkt zu günstig bzw. zu teuer ist, gleich (van Westendorp 1976). Der Schnittpunkt aus "teuer" und "günstig" beschreibt den Indifferenzpunkt (Indifference Price Point – IDP) (Lewis u. Shoemaker 1997). Dieser beschreibt ein ausgeglichenes Preis-Image-

Verhältnis. Ungefähr eine identische Anzahl an Kunden schätzen das Produkt als „teuer“ bzw. „billig“ ein (van Westendorp 1976).

Das Anwendungsfeld des Lebensmitteleinzelhandels suggeriert, dass eine grundlegende Bereitschaft zu erhöhten Preisen bei steigendem Nutzwert für den Konsumenten hinnehmbar ist. Aktuelle Studien (vgl. IfD Allensbach 2014, Nestlé 2016) in dem Umfeld zeigen, dass Verbraucher insbesondere und zunehmend auf die Herkunft, die Frische und eine hohe Qualität achten. Es zeigt sich weiterhin, dass ca. 46 % der Probanden bereit ist, für artgerechte Tierhaltung mehr Geld am POS auszugeben (Abb. 1). Es stehen ethische Kriterien im Fokus und bieten einem zukünftigen Gütesiegel die Möglichkeit zur Differenzierung. Nestlé (2016) zeigt, dass mehr als 73 % der Befragten, welche bereit sind, mehr Geld für ethische Kriterien auszugeben, einen Aufpreis von bis zu 10 % unterstützen.

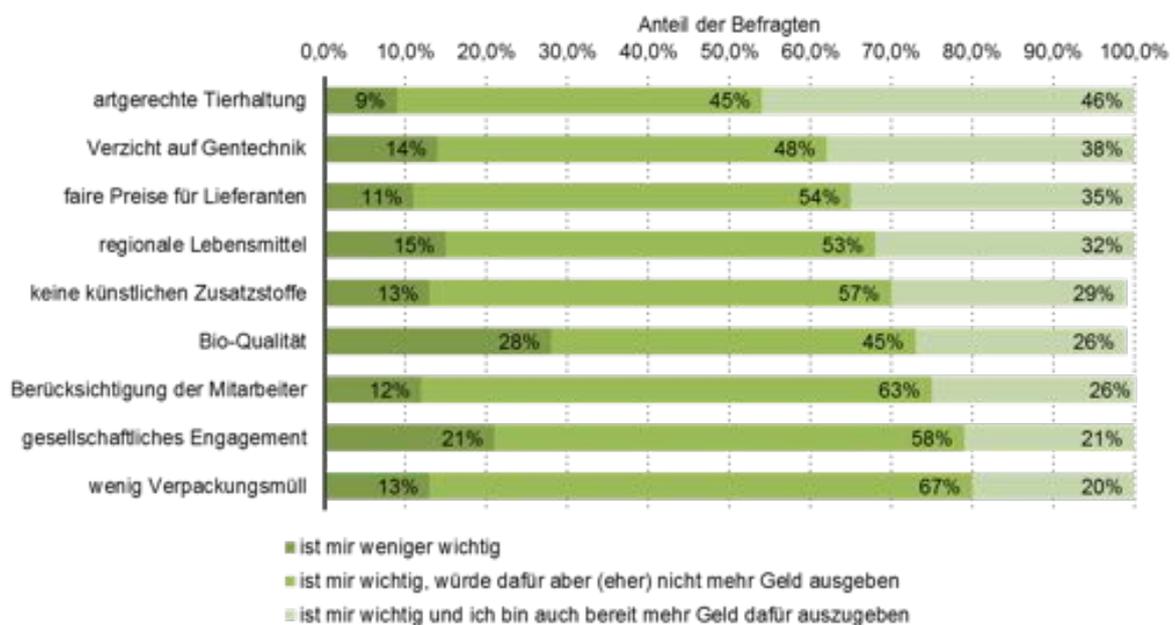


Abbildung 1: Mehrzahlungsbereitschaft von Verbrauchern in Deutschland für ethische Kriterien von Lebensmitteln im Jahr 2015 (vgl. Nestlé 2016)

3 Gütesiegel in der Landwirtschaft

3.1 Überblick ausgewählter Gütesiegel

Der Markt der Landwirtschaft ist in seinen Facetten durch spezialisierte Gütesiegel besetzt. Im relevanten Markt der Lebensmittel für die Agroforst-Gans existieren ebenso Gütesiegel, welche partiell Herausstellungspunkte für die Agroforstwirtschaft adressieren. Abbildung 2 illustriert einige am Markt etablierte Gütesiegel mit Identifizierungsfunktion. Diese sind in Bezug auf die beiden Hauptaspekte der ökologischen Landwirtschaft sowie der artgerechten Tierhaltung untergliedert. Die dargestellten Gütesiegel besitzen im Allgemeinen laut einer Studie (Zühlsdorf et al. 2016) eine hohe Bekanntheit: 43,1 % kennen das EU-Bio-Siegel; 96,7 % kennen das Bio-Siegel; 74,7 % kennen Bioland und 42,5 % kennen Demeter.



Abbildung 2: Ausgewählte Gütesiegel im relevanten Markt

Gütesiegel adressieren dabei unterschiedliche Stufen im Rahmen von Lebensmittelwertschöpfungssystemen und besitzen einen zu differenzierenden Fokus (Scope) bei der Abdeckung einzelner Stufen der Wertschöpfungskette, insbesondere in Bezug auf Landwirtschaft und Verarbeitung (vgl. dazu u.a. Beske et al. 2014 für eine Literatur-basierte Aufarbeitung sowie Hinrichs 2004, 12 für eine exemplarische Wertschöpfungskette in der Schweinefleischproduktion). In der Regel umfassten die Lebensmittelkette „...die Gewinnung bzw. Vorproduktion landwirtschaftlicher Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, die primäre Produktion pflanzlicher und/oder tierischer Erzeugnisse, die Verwendung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse in der Lebensmittelproduktion und Verarbeitung und den Absatz durch den Groß- und/oder Einzelhandel und die Gastronomie mit dem Übergang des Lebensmittels zum Konsumenten am Point of Sale“ (Sommer 2007, 126). Die Vorgaben, welche zur Erreichung eines Siegels erfüllt werden müssen, setzt dabei nicht immer ein unabhängiges Organ. Gütesiegel werden von einzelnen Unternehmen oder Unternehmensgruppen, Verbänden, staatlichen Einrichtungen und weiteren Institutionen initiiert (Hansen u. Kull 1994). Die standardsetzende Organisation legt fest, welche Kriterien erfüllt werden müssen, damit ein Produkt ein Siegel tragen darf. Die Kriterien können sich auf den gesamten Produktionsprozess oder nur auf das (End-)Produkt beziehen (Mayer 2003). Um die Erzeugnisse aus der Landwirtschaft mit einem Gütesiegel auszeichnen zu dürfen, muss ein Zertifizierungsprozess durchlaufen werden (Ingwald et al. 2011). Dabei schweigen sich am Markt vorhandene Gütesiegel jedoch teilweise über genau diese operativen Anforderungen aus – diese stellen u.a. einen USP des Gütesiegels und der damit verbundenen Geschäftsmodelle dar. Tabelle 1 stellt ausgewählte Gütesiegel nach den inhaltlichen Schwerpunkten ihrer Richtlinien und dem Bereich der Lebensmittelkette dar:

Die Informationen zur Komposition der Übersicht beruhen auf, für den Konsumenten im Rahmen der jeweiligen Webseite und öffentlicher Broschüren, auffindbaren Informationen. Dabei fokussieren alle beleuchteten Gütesiegel Fleisch als Frische-Produkt. Es werden drei unterschiedliche Siegel miteinander verglichen: Das Bio-Siegel als staatliches Siegel (genutzt von mehr als 4.000 Unternehmen bei mehr als 5.000 Fleisch- und Wurstwaren mit Stand 2015, BLE 2016), das Bioland-Siegel – exemplarisch als ein Siegel der ökologischen Anbauverbände und das Neuland-Siegel als ein Vertreter der artgerechten Tierhaltung. Das Besondere an dem „Für mehr Tierschutz“-Siegel und dem „Tierschutz kontrolliert“-Siegel ist, dass diese in zwei verschiedenen Stufen vorliegen. Das heißt, es existieren jeweils zwei Level mit verschiedenen Anforderungen – für Verbraucher zunehmend verwirrend. Der Begriff artgerechte Tierhaltung ist nicht gesetzlich geregelt, bezeichnet jedoch „eine Form der Tierhaltung, die sich an den natürlichen Lebensbedingungen der Tiere orientiert (...) und ihnen ermöglicht, die natürliche Verhaltensweise zu behalten“ (Rus u. Brunsch 2016). Dies führt u.a. zu Parallelen in der Nutzung eines silvopastoralen Agroforstsystems.

Tabelle 1: Darstellung beispielhafter Kriterien ausgewählter Gütesiegel im Markt für das Lebensmittel Gans (in Anlehnung an Pauly 2016)

Gütesiegel	Bio-Siegel	Bioland	Neuland		
Herausgeber	BMEL	Bioland e. V.	Neuland e. V.		
Fokus des Siegels	Ökologische Produktion und Verarbeitung	Organisch-biologischer Landbau	Tiergerechte und umweltschonende Nutztierhaltung		
Geltungsbereich der Richtlinie	Produktion und Verarbeitung	Produktion, Verarbeitung und Verkauf	Produktion und Verarbeitung		
Tierhaltung	X	X	X		
Pflanzenanbau	X	X			
Nachhaltigkeit		X			
Produktvielfalt	Mehrere Produkte	Mehrere Produkte	Ein Produkt/eine Produktgruppe		
Produktion	Einsatz von Gentechnik	Verboten	Verboten		
	Haltungsform	Freilandhaltung; Wassergeflügel muss stets Zugang zur Wasserfläche haben; Käfighaltung untersagt	Freilandhaltung; Wassergeflügel muss stets Zugang zur Wasserfläche haben; Käfighaltung untersagt	Freilandhaltung; Wassergeflügel muss stets Zugang zur Wasserfläche haben; Käfighaltung untersagt	
	Tierfuttermittel	Fütterung der Tiere erfolgt mit ökologisch erzeugtem Futter, jedoch sind konventionelle Futtermittel bei Geflügel bis max. 5% erlaubt, Futtererzeugung vom eigenen Hof ist nicht eindeutig vorgeschrieben	Fütterung der Tiere erfolgt grundsätzlich mit ökologisch erzeugtem Futter mind. 50 % des Futters vom eigenen Betrieb oder einer regionalen Kooperation	Heimisches Futter deutschen Ursprungs, ausgenommen Mineralfutter mind. 50% des Futters muss aus dem eigenen Betrieb stammen	
	Tiergesundheit	Präventive Verabreichung von Tierarzneimitteln oder Antibiotika verboten Einsatz von herkömmlichen Medikamenten nur bei unnötigen Tierleiden	Präventive Verabreichung von Tierarzneimitteln oder von Antibiotika verboten Naturheilverfahren und homöopathischen Behandlungen haben Vorrang; Einsatz von herkömmlichen Medikamenten nur bei unnötigen Tierleiden	Präventive Verabreichung von Tierarzneimitteln oder Antibiotika verboten; Naturheilverfahren und homöopathischen Behandlungen haben Vorrang ; Einsatz von herkömmlichen Medikamenten nur bei unnötigen Tierleiden	
	Artgerechte Tierhaltung	Ja	Ja	Ja	
	Tierzukauf	Erlaubt	Erlaubt, aus konventioneller Haltung: Zukaufalter weniger als 3 Tage	Erlaubt; nur von anerkannten Neuland Betrieben; aus konventioneller Haltung: nur nach Kontrolle	
	Verarbeitung	Schlachtung	Schnell und wirkungsvoll	Schnell und wirkungsvoll	Sorgsam und sachkundig
		Transport	Stress und unnötiges Leiden für die Tiere vermeiden. Transportzeit: max. 8h	Stress und unnötiges Leiden für die Tiere vermeiden, Transportzeit: max.4 h, Transportentfernung: max. 200 km, Transport von Schlachtkörpern vorziehen	Transportzeit: max.4 h Transportentfernung: max. 200 km
Betriebsumstellung	Teilumstellung, biologische und konventionelle Bewirtschaftung möglich	Gesamtbetriebsumstellung, biologische Bewirtschaftung	Gesamtbetriebsumstellung der Tierhaltungsbereiche auf Neuland-Richtlinien		

3.2 Ausgestaltung eines Agroforst-Siegels

Die Markenidentität stellt das Selbstbild einer Marke dar, das aktiv vom Unternehmen kreiert werden kann. Das Markenimage hingegen bezieht sich auf das Fremdbild einer Marke, bei dem die Marke aus den Augen der maßgeblichen Anspruchsgruppen begutachtet wird (Esch et al. 2005). Die Markenidentität kann durch Werbung nach außen getragen und kreiert werden (Stagg et al. 2002) und das Markenimage prägt (Madhavaram et al. 2005). Das Gütesiegel für die Gans aus agroforstwirtschaftlichem Anbau wird anhand von Informationen aus Experteninterviews (u.a. Landwirtschaftsbetrieb Domin und Atelier VorSicht) und den theoretischen Vorarbeiten (siehe Pauly 2016) ausgestaltet. Die konkrete Ausgestaltung der Identität des Gütesiegels gleicht dem Markenidentitätsansatz nach Esch.



Abbildung 3: Markenidentität der Agroforst-Gans

Die Kompetenz, die auf das zentrale Merkmal des Gütesiegels eingeht, kann hier mit ganzheitlicher Nachhaltigkeit beschrieben werden. Diese bezieht sich auf das gesamte Konzept der Agroforstwirtschaft, was wiederum die Tierhaltung und demnach auch die Ganshaltung miteinschließt. Somit kann die Gans als „nachhaltige Gans“ beschrieben werden. Das Konzept der Agroforstwirtschaft wird hier mit „Agroforstwirtschaft – Nachhaltigkeit hat einen Namen“ (Claim) titulierte (Abb. 3). Der Gans aus der Agroforstwirtschaft können verschiedene Attribute zugeschrieben werden. Hierbei wird sich primär auf Attribute, die die Produktion betreffen, konzentriert. Die Agroforstwirtschaft bietet den Gänsen einen natürlichen Lebensraum (Freilandhaltung und Auslauf), da sie an den Agroforststreifen aufwachsen und durch die Bäume Schutz vor extremen Wetterlagen sowie Schutz vor Sonne und vor Winden erhalten. Auch haben sie freien Zugang zu einer Wasserstelle und können artgerecht aufwachsen. Die Gänse werden mit Futter aus eigenem Anbau bzw. mit Futter aus agroforstwirtschaftlichem Anbau, beispielsweise mit Hafer, gefüttert. Die Grünfläche (Gras- oder Weidefläche), auf der sie aufwachsen, bietet ihnen eine weitere Nahrungsgrundlage. Der Einsatz von genetisch veränderten Organismen und deren Derivaten sowie der Einsatz von genetisch verändertem Futter sind nicht erlaubt. Gänsen werden im Krankheitsfall nur im äußersten Notfall Antibiotika

verabreicht. Die Gänse werden mindestens 20 Wochen aufgezogen, bevor sie geschlachtet werden. Daher erhält der Konsument mit der Gans ein hochwertiges, nachhaltiges Produkt. Die Tonalität des Siegels bezieht sich sowohl auf das Grundkonzept Agroforst als auch auf die Gans. Mit der Gans aus agroforstwirtschaftlichem Anbau sind Eigenschaften wie „nachhaltig“, „natürlich“ dank der Lebensweise der Tiere, „hochwertig“ durch den verminderten Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden und „gesünder“ angesichts weniger Krankheitsfälle bei den Gänsen verbunden. Das Gütesiegelbild besteht aus einem Gütesiegellogo und einem Gütesiegelnamen (Wort- und Bildmarke). Das Gütesiegellogo enthält eine graphische Darstellung von einem Baum, Grünland, Acker und Gewässer, um die Agroforstwirtschaft allgemein in ihren zentralsten Elementen darzustellen. Der Bezug zur Gans wird mit einer graphischen Darstellung der Gans hergestellt. Die Form des Siegels ähnelt der eines Stempels, sodass sich hierfür eine ovale oder runde Kontur eignet. Generell sollte zwar farbreduziert gearbeitet werden, aber eine besondere Erkennbarkeit des Agroforstkonzepts sollte vorliegen, da der Bekanntheitsgrad des Konzeptes noch gering ist. Das Wort „Agroforstwirtschaft“ ist unerlässlich und sollte somit im Gütesiegel enthalten sein. Aufgrund der besseren Lesbarkeit eignet sich für die Darstellung von Wörtern auf dem Siegel eine Mischform aus Groß- und Kleinbuchstaben.

Beim Farbschema wurde sich an den Farben, die auf der Website des Projektes „Aufwerten“ verwendet werden, orientiert. Dadurch werden ein einheitlicher Auftritt und der Wiedererkennungswert der Agroforstwirtschaft für die Konsumenten gewährleistet. Das Siegel wurde bewusst so ausgestaltet, dass es auch universell und somit allgemein für die Agroforstwirtschaft einsetzbar ist.



Abbildung 4: Grafische Darstellung der Markenfamilie

Wie aus Abbildung 4 ersichtlich wird, besteht die Möglichkeit, das „Grundlogo“ für weitere Produkte aus der Agroforstwirtschaft zu verwenden. Somit kann beispielsweise eine Abwandlung des Siegels für weitere Produkte aus der Agroforstwirtschaft, wie etwa für das Energieholz, erfolgen und die Bekanntheit erhöhen.

4 Empirische Untersuchung zum initialen Markenwert

4.1 Entwicklung und Datenerhebung

Mittels der Methoden CBC und PSM wurde zur Ermittlung der Schlagkräftigkeit des entwickelten Agroforst-Gütesiegels ein Fragebogen webbasiert in Umlauf gebracht. Adressiert wurden Käufer von Lebensmitteln, welche beispielsweise die Versorgung ihrer Familie hauptsächlich übernehmen. Somit lag der Fokus primär auf weiblichen Probanden, da die Zuständigkeit traditionell durch die Rollenverteilung zwischen den

Geschlechtern geprägt ist (vgl. u.a. Strecker et al. 1996). Der Fragebogen wurde im November 2016 verschickt.

Im Vorfeld der Befragung wurden mittels einzelner Interviews (n = 27) in unterschiedlichen Verkaufsstätten, wie z. B. im Supermarkt oder beim Metzger, Ersteindrücke gewonnen und als Fundament des Fragebogens eingearbeitet. Ziel der Befragung ist es, die Wichtigkeit verschiedener Attribute für die Konsumenten beim Kauf einer Gans herauszufinden sowie den optimalen Preis für das kreierte Agroförstwirtschafts-Siegel abzuleiten. Aufbauend auf den Ergebnissen der Vorbefragung wurden die Attribute festgelegt. Diese sind in Tabelle 2 mit den jeweiligen Ausprägungen gegeben. Zur Umsetzung wurde die SaaS-Lösung LEET Conjoint verwendet.

Tabelle 2: Attribute und Ausprägungen zur Befragung

Attribute	Ausprägungen
Preis	4 €/kg, 9 €/kg, 13 €/kg, 16 €/kg, 18 €/kg
Herkunft	Europa, Deutschland, Regional
Gütesiegel	Bio-Siegel, Agroförstwirtschafts-Siegel, Agroförstwirtschafts-Siegel und Bio-Siegel, Kein Siegel
Qualität	Frisch, Tiefgefroren
Tierhaltung	Bodenhaltung, Freilandhaltung

Der Fragebogen wurde beispielsweise an Frauen mit bewusster Lebensweise (Landfrauen des deutschen Landfrauenverbands; Sportverein Frauen Gymnastikgruppen; Mittelständisches Unternehmen mit 90 % Frauenanteil) versendet. Insgesamt konnten n = 145 Probanden befragt werden, wobei n = 129 Fragebögen für die Auswertung genutzt werden konnten. Tabelle 3 gibt einen Überblick zur soziodemographischen Verteilung:

Tabelle 3: Soziodemographische Verteilung der Probanden

Soziodemographische Charakteristika	% Anteil
Gesamtstichprobe (n=129)	100%
Weiblich / Männlich	74 % / 26 %
16 – 25 Jahre / 26 – 35 Jahre / 36 – 45 Jahre / 46 – 55 Jahre	2 % / 14 % / 17 % / 45 %
56 – 65 Jahre / 65 + Jahre	20 % / 2 %
Volks- oder Hauptschulabschluss / Realschulabschluss / (Fach-) Abitur	7 % / 16 % / 27 %
Abgeschlossenes Studium	50 %
0 € - 1.000 € / 1.001 € - 2.500 € / 2.501 € - 4.000 € / mehr als 4.000 €	7 % / 28 % / 26 % / 15 %
keine Angabe	23 %

4.2 Auswertung

Die vorliegenden Daten zeigen, dass die Probanden den täglichen Einkauf von Lebensmitteln zu 81 % im Supermarkt bestreiten. Lediglich 32,6 % der Probanden gaben an, dass sie diesen Einkauf hauptsächlich im Bio-Supermarkt erledigen. Mehrfache Antworten waren möglich. Bei dem Einkauf von Fleischprodukten sagen jedoch 72,1 %, dass Sie diese hauptsächlich vom Metzger, 40,3 % von der Frischetheke im Supermarkt und lediglich 14,7 % vom Wochenmarkt beziehen. Dieses Bild wird von den relativen Wichtigkeiten der Attribute bestätigt. Einem Gütesiegel wird eine relative Wichtigkeit von 26,49 % zugesprochen. Die Herkunft der Gans wird mit 27,07 % als relativ wichtigstes

Attribut gesehen. Der Preis ist mit lediglich 16,86 % untergeordnet zu betrachten. Qualität (18,75 %) sowie Tierhaltung (10,84 %) spielen ebenso eine untergeordnete Rolle. Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Gütesiegel als Substitut für Qualität und Tierhaltung steht. Nachfolgende Darstellung (Abb. 5) zeigt die Teilnutzenwerte zu den einzelnen Ausprägungen innerhalb der CBC für die gesamte Stichprobe.

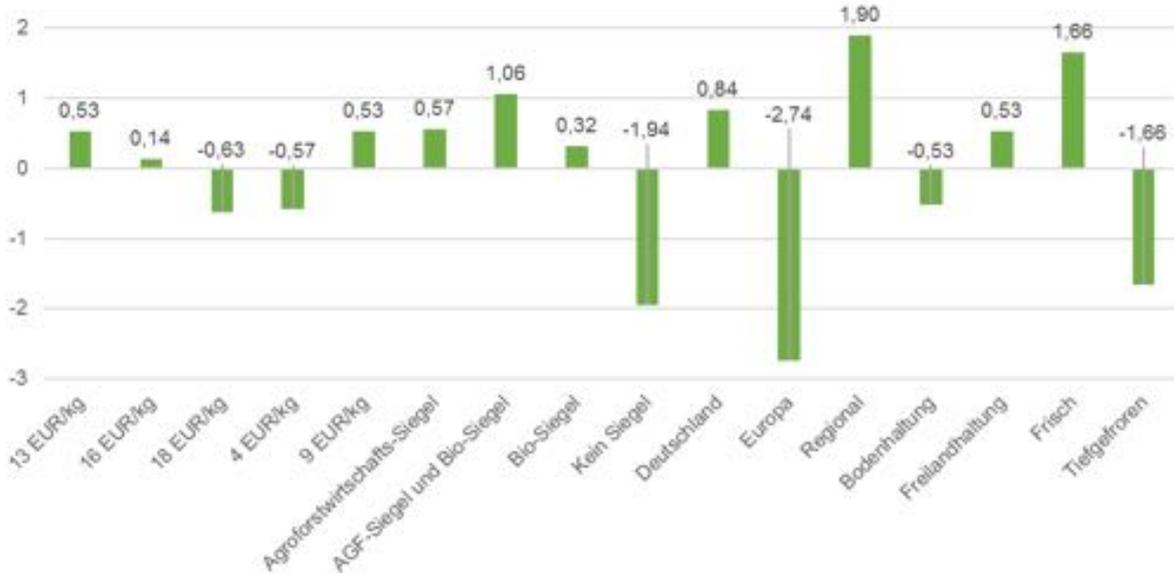


Abbildung 5: Grafische Darstellung der Teilnutzenwerte der Eigenschaftsausprägungen

Eine Gruppierung der Probanden in nachhaltig-agierende Personen ($n = 57$) sowie nicht nachhaltige Personen ($n = 72$) zeigt statistisch signifikante Unterschiede in der Bewertung der einzelnen Ausprägungen. So zeigt sich insbesondere im Preis eine höhere Zahlungsbereitschaft bei nachhaltig-agierenden Personen, eine deutliche Bevorzugung eines Agroforst-Gütesiegels sowie einer Präferenz für regionale Herkunft. Die Art der Tierhaltung ist bei beiden Gruppen gleich präferiert (Freilandhaltung). Es zeigt sich weiterhin, dass nicht-nachhaltig agierende Personen die Qualitätsstufe „Frisch“ stärker im Vergleich zur anderen Gruppe bevorzugen.

Allgemein ist in obiger Abbildung eine deutliche Ablehnung gegenüber einer europäischen Herkunft sowie einer Auslieferung ohne Gütesiegel zu erkennen. Dies widerspricht der aktuellen Marktstruktur, da der Markt in Deutschland mehrheitlich durch Importe aus (Ost-)Europa dominiert wird. Insbesondere die Korrelation ($r = 0,75$) zwischen der Ablehnung einer europäischen Herkunft und der Ablehnung „kein Siegel“ deutet auf Unsicherheiten bei Verbrauchern und einem gewünschten Mindeststandard beim Verzehr (Stichwort: gutes Gefühl) hin. Die Betrachtung der Preiszahlungsbereitschaft mittels PSM ergibt einen Preis von 10,50 EUR/kg Gans mit Agroforst-Siegel und den dazugehörigen Qualitätsanforderungen. In der reinen Preisbetrachtung liegt damit der Mehrwert des Siegels im Vergleich zu dem Bio-Siegel bei 96 ct/kg bei gleichzeitiger Reduzierung der Herkunft von „regional“ auf „bundesweit“. Die Einführung eines Agroforst-Siegels kann somit positiv beurteilt werden.

5 Ausblick

Die Abbildung 6 zeigt weitere Notwendigkeiten zur Etablierung des Siegels im Markt auf. Der kurzfristige Betrachtungshorizont ermittelt Möglichkeiten der Kommunikation des Gütesiegels an die einzelnen Stakeholder. Dazu gehört eine beispielhafte Untersuchung zur Platzierung und Wirksamkeit am POS mittels Eye-Tracking. Es bedarf weiterhin einer Vertriebsinfrastruktur sowie dem Aufbau des notwendigen Vertrauens bei den Verbrauchern. Mit langfristiger Betrachtung steht die Differenzierung im Vordergrund weiterer Ausarbeiten. Dabei sind die Wirtschaftlichkeitsrechnung für den Einzelfall und die Preiselastizität zur Saison zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der vorliegenden Befragungen könnten ferner durch diese sowie durch sozial gewünschte Antworten und einem saisonal höheren Involvement beeinflusst sein. Dies ist zu prüfen.



Abbildung 6: Darstellung weiterer Entwicklungsstufen (vgl. Sänn 2017 zur Einordnung)

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Förderung des Forschungsprojektes AUFWERTEN („Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie“ (FKZ: 033L129AN)), innerhalb dessen diese Studie durchgeführt wurde.

Literatur

- Adsolution GmbH (2011): Aktuelle Studie der GfK: 70% aller Kaufentscheidungen fallen am POS. <http://www.adsolution.net/newsblog/gfk-kaufentscheidungen-pos/> (Zugriff am: 24.09.16).
- Baier D, Bruschi M (2009): Erfassung von Kundenpräferenzen für Produkte und Dienstleistungen. In (Hrsg.): Baier D, Bruschi M: Conjointanalyse: Methoden – Anwendungen – Praxisbeispiele, Springer, Berlin, 3-17.

- Beck MM (2011): Deutschland: Gänse werden teurer. <https://www.ami-informiert.de/ami-maerkte/maerkte/ami-maerkte-eier-und-gefluegel/meldungen/meldungen-single-ansicht/article/deutschland-gaense-werden-teurer.html> (Zugriff am: 15.11.16).
- Beske P, Land A, Seuring S (2014): Sustainable supply chain management practices and dynamic capabilities in the food industry: A critical analysis of the literature. *International Journal of Production Economics* 152, 131-143.
- BLE (2016): Anzahl der Produkte mit Bio-Siegel in Deutschland nach Warengruppen im Jahr 2015.
- Bruhn M (2004): Begriffsabgrenzungen und Erscheinungsformen von Marken. In *Handbuch Markenführung: Kompendium zum erfolgreichen Markenmanagement: Strategien – Instrumente – Erfahrungen*, Gabler, Wiesbaden, 3-50.
- Crimmins JC (2000): Better Measurement and Management of Brand Value. *Journal of Advertising Research* 40, 136-144.
- Elliott GR, Cameron RC (1994): Consumer perception of product quality and the country-of-origin effect. *Journal of International Marketing* 2, 49-62.
- Esch FR, Langner T, Rempel JE (2005): Ansätze zur Erfassung und Entwicklung der Markenidentität“. In *Moderne Markenführung: Grundlagen – Innovative Ansätze – Praktische Umsetzungen*, Gabler, Wiesbaden, 103-130.
- Farquhar PH (1989): Managing Brand Equity. *Marketing Research* 1, 24-33.
- Fotopoulos C, Krystallis A (2003): Quality labels as a marketing advantage: The case of the “PDO Zagora” apples in the Greek market. *European Journal of Marketing* 37, 1350-1374.
- Gensler S (2006): Ermittlung von Präferenzen für Produkteigenschaften mit Hilfe der Choice-Based Conjoint Analyse, Teil I. *WiSt: Wirtschaftswissenschaftliches Studium* 35, 254-258.
- Gierl H, Stich A (1999): Sicherheitswert und Vorhersagewert von Qualitätssignalen. *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 51, 5-32.
- Haenraets U, Ingwald J, Haselhoff V (2012): Gütezeichen und ihre Wirkungsbeziehungen – ein Literaturüberblick. *der markt* 51, 147-163.
- Hansen U, Kull S (1994): Öko-Label als umweltbezogenes Informationsinstrument: Begründungszusammenhänge und Interessen. *Marketing ZFP* 16, 265-274.
- Hinrichs AM (2004): Verhinderung von Lebensmittelskandalen mittels vertraglicher Bindung und vertikaler Integration. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Homburg C, Krohmer H (2009): *Marketingmanagement: Strategie, Instrumente, Umsetzung, Unternehmensführung*. Gabler, Wiesbaden.
- Homburg C, Kuester S, Krohmer H (2009): *Marketing management: A contemporary perspective*. McGraw-Hill, London.
- IfD Allensbach (2014): *SGS-Verbraucherstudie 2014*.
- Ingwald J, Haenraets U, Haselhoff V (2011): Die Interaktion zwischen Zertifizierern und Zertifizierten – Eine prozessbezogene Analyse am Beispiel der Lebensmittelindustrie“, *Working Papers Nr. 2*, Lehrstuhl für Marketing, TU Dortmund, Dortmund.

- Keller KL, Lehmann DR (2006): Brands and Branding: Research Findings and Future Priorities. *Marketing Science* 25, 740-759.
- Madhavaram S, Badrinarayanan V, McDonald RE (2005): Integrated Marketing Communication (IMC) and Brand Identity as Critical Components of Brand Equity Strategy: A Conceptual Framework and Research Propositions. *Journal of Advertising* 34, 69-80.
- Mayer C (2003): Umweltsiegel im Welthandel: Eine institutionenökonomische Analyse am Beispiel der globalen Warenkette von Kaffee. Band 139, Marburg/Lahn: Marburger Geographische Gesellschaft e.V.
- McFadden D (1986): The choice theory approach to market research. *Marketing Science* 5, 275-297.
- Meffert H, Burmann C, Koers M (2002): Stellenwert und Gegenstand des Markenmanagement. In Meffert H (Hrsg.): *Markenmanagement: Grundfragen der identitätsorientierten Markenführung mit Best-Practice-Fallstudien*. Gabler, Wiesbaden, 4-13.
- Moussa S, Touzani M (2008): The perceived credibility of quality labels: A scale validation with refinement. *International Journal of Consumer Studies* 32, 526-533.
- Nestlé (2016): Mehrzahlungsbereitschaft von Verbrauchern in Deutschland für ethische Kriterien von Lebensmitteln im Jahr 2015. *Lebensmittelzeitung* Nr. 3, 22. Januar 2016, 43.
- Olson JC, Jacoby J (1972): Cue Utilization in the Quality Perception Process. in Venkatesan M (Hrsg.): *Proceedings of the Third Annual Conference of the Association for Consumer Research*, Association for Consumer Research, Chicago, USA, 167-179.
- Pauly J (2016): *Brand Management - eine Bestandsaufnahme von Gütesiegeln in der Landwirtschaft*. Abschlussarbeit an der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Bayreuth.
- Reinecke S, Mühlmeier S, Fischer PM (2009): Die van Westendorp-Methode: Ein zu Unrecht vernachlässigtes Verfahren zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft?. *WiSt: Wirtschaftswissenschaftliches Studium* 38, 97-100.
- Roth S, Klingler, M, Schmidt, TR, Zitzlsperger DFS (2009): Brands and Labels as Sustainability Signals, *Proceedings of the ANZMAC Conference 2009*, Melbourne, Australia.
- Rus CG, Brunsch, R (2016): *Tierproduktion in Nordostdeutschland*“, Arbeitspapier Nr.20, Interdisziplinäre Arbeitsgruppe LandInnovation, Berlin.
- Sänn A (2017): *The Preference-Driven Lead User Method for New Product Development. A Comprehensive Way to Stimulate Innovations with Internal and External Sources*, Springer-Gabler, Wiesbaden.
- Selka S, Baier D (2014): Kommerzielle Anwendung auswahlbasierter Verfahren der Conjointanalyse: Eine empirische Untersuchung zur Validitätsentwicklung. *Marketing ZFP* 36, 54-66.
- Sommer P (2007): *Umweltfokussiertes Supply Chain Management: Am Beispiel des Lebensmittelsektors*, Dt. Univ.-Verlag, Wiesbaden.

- Stagg C, Saunders J, Wong V (2002): Go/no-go criteria during grocery brand development. *Journal of Product & Brand Management* 11, 459-482.
- Strecker O, Reichert J, Pottebaum P (1996): *Marketing in der Agrar- und Ernährungswirtschaft: Grundlagen, Strategien, Maßnahmen*, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Thøgersen J (2000): Psychological Determinants of Paying Attention to Eco-Labels in Purchase Decisions: Model Development and Multinational Validation. *Journal of Consumer Policy* 23, 285-313.
- van Westendorp PH (1976): NSS-Price Sensitivity Meter (PSM)-A new approach to study consumer perception of price. *Proceedings of the ESOMAR Congress*, 139-167.
- Verbeke W (2005): Agriculture and the food industry in the information age. *European Review of Agricultural Economics* 32, 347-368.
- Wildner R (2003): Marktforschung für den Preis. *Jahrbuch der Absatz- und Verbrauchsforschung* 49, 4-26.
- Zeithaml VA (1988): Consumer Perceptions of Price, Quality, and Value: A Means-End Model and Synthesis of Evidence. *Journal of Marketing* 52, 2-22.
- Zühlsdorf A, Kühl S, Spiller A, Gault S (2016): Wie wichtig ist Verbrauchern das Thema Tierschutz? Präferenzen, Verantwortlichkeiten, Handlungskompetenzen, Politikoptionen. <http://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/Tierschutz-Umfrage-Ergebnisbericht-Langfassung-vzbv-2016-01.pdf> (Zugriff am: 01.11.16).

Wie wirtschaftlich sind Anbau und Verwertung von Energieholz aus Agroforstwirtschaft in einem südbrandenburgischen Landwirtschaftsbetrieb?

Roman Schneider^{1*}, Christian Böhm²

¹Hochschule Zittau/Görlitz, Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik (IPM), Theodor-Körner-Allee 16, 02763, Zittau

*Kontakt: T: 03583/612 4821 – F: 03583/61 1804 – E: r.schneider@hszg.de

²Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046, Cottbus

1 Motivation und Zielsetzung

Nach Angaben des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) nimmt in Deutschland im Bereich der energetischen Verwertung von Biomasse Holz den überwiegenden Anteil ein und wird insbesondere im Wärmesektor sowie im Bereich der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung (Kraft-Wärme-Kopplung) eingesetzt (BfN 2012). Nach der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) wurden im Jahr 2016 ca. 67 % der Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien durch Holz gedeckt (FNR 2016). Bisher kamen dafür überwiegend Rest- und Altholz, also Holzabfälle aus der Holzbe- und Holzverarbeitung und zu Abfall gewordene Holzprodukte sowie zu einem geringeren Anteil auch Waldrestholz zum Einsatz. Jedoch wird in Zukunft der Bedarf an größeren Mengen holziger Biomasse für die energetische Verwertung sowie für die stoffliche Nutzung weiter steigen. Diese Nachfrage kann nicht allein über die zusätzliche Waldholzentnahme gedeckt werden, da die Potenziale aus dem Wald bereits weitgehend erschlossen sind (BfN 2010). Dies würde auch hinsichtlich des Ziels eines ausgeglichenen Nährstoffhaushalts und der Erhaltung der biologischen Vielfalt zu Problemen führen. Daher wird als eine Alternative zunehmend die Anlage von Kurzumtriebsplantagen (KUP) mit schnellwüchsigen Gehölzen auf landwirtschaftlichen Flächen bzw. weitergehend die Kombination von Ackerbau- und Gehölzflächen (Agroforstwirtschaft) diskutiert.

Das übergeordnete Ziel des Forschungsvorhaben AUFWERTEN (Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie) ist die Schaffung von Voraussetzungen für die Umsetzung und Integration agroforstlicher Nutzungskonzepte in die landwirtschaftliche Praxis. Da eine breite Praxisanwendung über reine Modellversuche hinaus nur dann realistisch ist, wenn Agroforstsysteme (AFS) wirtschaftlich tragfähig sind, müssen die Erlöse aus der Produktverwertung die Kosten der Bewirtschaftung und der Verwertung übersteigen. Ein möglicher Pfad der Verwertung von Produkten aus AFS ist die energetische Nutzung von Hackschnitzeln (HS) aus den Energieholzstreifen des AFS. Diese könnten zum einen als Brennstoff für Hackschnitzelheizkessel und damit zur Wärmeversorgung des Standortes dienen und zum anderen auch als Brennstoff für

kleintechnische Holzvergasungsanlagen genutzt werden. Diese arbeiten in der Regel nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), also der gleichzeitigen Bereitstellung von Strom und Wärme.

Somit soll folgend ein real existierendes AFS mit einer theoretisch vorhandenen KWK-Anlage kombiniert und die Wirtschaftlichkeit des Gesamtkonzeptes als Praxisbeispiel abgeschätzt werden. Würde sich mit dieser Form der Produktverwertung aus dem AFS eine Wirtschaftlichkeit darstellen lassen, wäre dies für das ausgewählte Praxisbeispiel ein mögliches Geschäftsmodell. Als Praxisbeispiel wurde der Landwirtschaftsbetrieb Domin (Peickwitz, Brandenburg) ausgewählt, da bei diesem schon ein AFS realisiert wurde und erste Bewirtschaftungsdaten vorliegen. Weitere Informationen zum Landwirtschaftsbetrieb und dem vorhandenen AFS können (Domin 2016) entnommen werden.

2 Energetische Verwertung von Holzhackschnitzeln mit einem Holzvergaser-BHKW

Zur thermochemischen Vergasung fester regenerativer Brennstoffe (i.d.R. Holz in Form von Pellets oder Hackschnitzel) werden diese mit einem gasförmigen Reaktionspartner (Vergasungsmittel) bei erhöhten Temperaturen ab etwa 600 °C in ein Produktgas mit den brennbaren Hauptbestandteilen Kohlenstoffmonoxid, Wasserstoff und in geringerem Umfang Methan (teil-)umgesetzt. Daneben entstehen auch höhermolekulare Kohlenwasserstoffe, deren kondensierbare Anteile als Teere bezeichnet werden. Je nach eingesetztem Vergasungsmittel sind auch (quasi-)inerte Gasbestandteile, wie Stickstoff, Wasserdampf und Kohlendioxid in unterschiedlichen Konzentrationen im Produktgas vorhanden. Die direkte Umwandlung des Produktgases in Strom und Wärme erfolgt in der Praxis fast ausschließlich über Hubkolbenmotor-BHKW (Gasmotoren). Der verbleibende Feststoff, meist nach dem Ort des Anfalls als Vergaserrückstand oder Filterstaub bezeichnet, besteht aus den im Brennstoff enthaltenen mineralischen Bestandteilen (Asche) und dem nicht in die Gasphase überführten brennbaren Bestandteilen, im Wesentlichen dem unvergasten, fixen Kohlenstoff. Durch einige Anlagenhersteller werden diese festen Rückstände in gesonderten Prozessschritten thermisch nachbehandelt, um Menge und Schadstoffgehalte zu reduzieren.

In Abbildung 1 ist zur Veranschaulichung der prinzipielle verfahrenstechnische Ablauf der Biomassevergasung dargestellt. Dieser gliedert sich in die Bereiche der Brennstoffannahme und -aufbereitung, über die Gaserzeugung und dessen Aufbereitung bis hin zur energetischen Gasnutzung, wobei der Gasmotor nur eine der möglichen Nutzungsvarianten darstellt.

Die thermochemische Vergasung stellt eine Variante zur Substitution fossiler Energieträger dar und bietet die Möglichkeit im Sinne der Ressourcenschonung und Klimaneutralität zu wirken. Die Technologie hat in mehreren Bereichen Vorteile gegenüber konventionellen Verfahren zur Nutzung fester Biomasse. Die Besonderheit besteht vor allem darin, dass aus einem festen Energieträger ein brennbares Gas erzeugt wird. Anstelle der technisch aufwändigen Umwandlung von Wärme in Strom in einem extern befeuerten Dampfkraft- oder ORC-Prozess (Organic Rankine Cycle – Prozess, Dampfkraftprozesse mit organischen Arbeitsmitteln), kann dieses brennbare Gas in Motoren unmittelbar mit hohem Wirkungsgrad zur Stromerzeugung genutzt werden. Das führt als entscheidender Vorteil der Vergasung dazu, dass bereits bei kleinen elektrischen

Leistungen ab 30 kW die Energieeffizienz der Gesamtanlagen gleich oder höher sein kann als bei Wärmekraftanlagen im Megawattbereich. Durch die hohen elektrischen Wirkungsgrade sind Vergasungsanlagen besonders für den dezentralen Einsatz mit den zusätzlichen Vorteilen einer optimalen Wärmenutzung durch vorhandene Wärmeverbraucher, einer regionalen Wertschöpfung und einem künftig an Bedeutung gewinnenden Beitrag zur Netzstabilität prädestiniert. Die komplexe Verfahrenstechnik von der Gaserzeugung über die Gasreinigung bis hin zur Gasnutzung führt aktuell noch zu spezifisch hohen Investitionskosten. Die Wirtschaftlichkeit wird auch aus volkswirtschaftlicher Sicht nur erreicht, wenn durch eine entsprechende Auslegung eine Anlage mindestens etwa 5.000 Stunden pro Jahr (Volllastbenutzungsdauer) betrieben und die dabei entstehende Wärme möglichst vollständig auch mit kommerziellem Gegenwert genutzt werden kann. In Verbindung mit geeigneten Wärmespeicherkonzepten können die Anlagen kurzfristig vom Stromnetz genommen werden und so durch die Bereitstellung negativer Regelleistung einen wertvollen Beitrag zur Netzstabilität leisten.

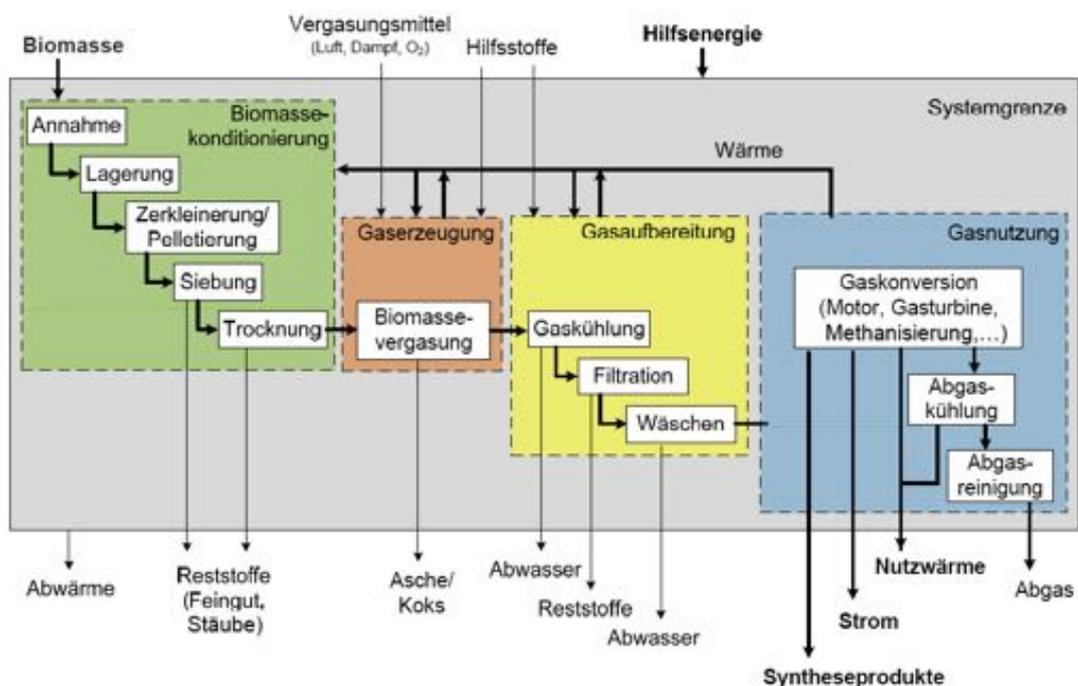


Abbildung 1: Grafische Darstellung des grundsätzlichen Aufbaus von Biomassevergasungsanlagen nach (Zeymer et al. 2010)

Zu berücksichtigen sind die relativ hohen Qualitätsanforderungen an den Brennstoff. Dies beinhaltet die meist vom Hersteller für ihr Anlagensystem angegebenen Grenzwerte u.a. für Wassergehalt, Grob- und Feinanteil sowie Stückigkeit der HS. Darüber hinaus muss ein, im Vergleich mit anderen KWK-Anlagen auf Basis fossiler Brennstoffe, höherer Betreuungsaufwand für Wartung und Instandhaltung der Anlage konstatiert werden.

Zusammengefasst kann ein Holzvergaser-BHKW wirtschaftlich dort sinnvoll sein, wo

- der Brennstoff vor Ort generiert werden kann und dieser den Qualitätsanforderungen entspricht,
- ein hoher ganzjähriger Wärmebedarf mit entsprechender Grundlast vorhanden ist,
- vorhandener Eigenstrombedarf besteht, dessen Grundlast über die Anlage gedeckt werden kann,
- die Betreuung der Anlage kurzfristig möglich ist (Hofanlage)

- und ein persönliches Interesse des Betreibers an der Holzvergasung besteht.

Probleme hinsichtlich der Anlagenzuverlässigkeit ergeben sich, wenn die geforderte Brennstoffqualität durch eine unzureichende Aufbereitung nicht dauerhaft gewährleistet werden kann. Außerdem wird eine Wirtschaftlichkeit schwierig darstellbar, wenn die Anlagenkonfiguration nicht dem vor Ort vorhandenen Energiebedarf entspricht. Folglich muss das gesamte Nutzungskonzept von der Brennstoffbereitstellung bis hin zur Energiebereitstellung aufeinander abgestimmt sein. Ausführlichere Informationen zur Thematik können u.a. Schüßler et al. (2009) und Zeymer et al. (2013) entnommen werden.

3 Wirtschaftlichkeitsabschätzung

3.1 Vorgehen und Annahme bestimmter Parameter

Die ökonomische Bewertung der energetischen Verwertung der HS aus dem AFS als Brennstoff für eine kleintechnische KWK-Anlage wurde mittels einer statischen Wirtschaftlichkeitsabschätzung vorgenommen. Die Kosten der Energieholzproduktion im Rahmen des AFS basieren dabei auf realen Bewirtschaftungsdaten des Landwirtschaftsbetriebes Domin. Als eine betriebstypische Ackerfruchtfolge wurde Mais/Futterroggen – Mais/Zwischenfruchtmischung – Hafer – Winterroggen/Futterroggen festgelegt. Transportkosten wurden weder bei den Gehölz- noch bei den Ackerkulturen berücksichtigt. Nicht in die Berechnung einbezogen wurden zudem Pachtkosten und sämtliche Fördermittel. Der betrachtete Standort kann mit einer mittleren Ackerzahl von 22 als ertragsschwach angesehen werden. Zusätzlich wurde ein Mehraufwand der Bewirtschaftung aufgrund der relativ kleinteiligen Strukturen des AFS von 5 % gegenüber den üblichen Bewirtschaftungskosten berücksichtigt. Auch die Flächengröße der Gehölzkultur von 5 ha entspricht den aktuellen Strukturen des Landwirtschaftsbetriebes Domin. Der angesetzte Biomasseertrag der Energieholzstreifen aus dem AFS basiert auf Erfahrungen und wurde relativ konservativ auf $16,7 \text{ t}_{\text{FM}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ angesetzt. Da der Wassergehalt der frisch gehackten HS ca. 55 Ma.-% beträgt und der maximale Wassergehalt des Brennstoffes für die KWK-Anlage des gewählten Herstellers mit ca. 10 Ma.-% vorgegeben ist, müssen die HS vor Ort getrocknet werden. Die entsprechenden Trocknungskosten wurden mit einem marktüblichen Kostenaufwand von 4 € Srm^{-1} angenommen. Da die Menge an HS, die über das AFS (auf Basis der Gehölzkulturflächengröße und des Biomasseertrages) bereitgestellt werden können, nicht ausreicht, um die KWK-Anlage ganzjährig mit Brennstoff zu versorgen, müssen HS vom Markt zugekauft und anschließend vor Ort getrocknet werden. Für die zugekauften HS wurde ein Marktpreis von $45 \text{ € t}_{\text{FM}}^{-1}$ angenommen. Die Kosten der energetischen Verwertung des Produktes wurden auf Grundlage von Herstellerangaben und eigenen Erfahrungen ermittelt. Die Leistungsgröße der KWK-Anlage wurde nach Vorgabe des vor Ort vorhandenen Wärmebedarfs festgelegt. Die durchschnittlichen Jahresbetriebsstunden der KWK-Anlage ergeben sich aus den für die ersten zwei Betriebsjahre angesetzten 6.000 Jahresbetriebsstunden und den für die folgenden 18 Betriebsjahre angesetzten 7.500 Jahresbetriebsstunden. Die Angaben zur ausgewählten KWK-Anlage (Leistung, Brennstoffqualität- und bedarf, Personalaufwand) stammen aus den Informationen des Herstellers Spanner Re² (2016). Der Vergütungssatz für den eingespeisten Strom ergibt sich nach dem EEG (2014). Für die Wärmevergütung wurden $0,05 \text{ € kWh}^{-1}$ angenommen.

Der Betrachtungs- bzw. Nutzungszeitraum (AFS, KWK-Anlage) sowie die Abschreibungsfristen (KWK-Anlage, Gebäude) wurden auf 20 Jahre und der Zinssatz auf 4 % festgelegt.

Tabelle 1: Parameter der Wirtschaftlichkeitsabschätzung für den Beispielbetrieb

Parameter	Wert	Einheit	Quelle	Zuordnung
Fläche Gehölzkultur	5	ha	Landwirt	AFS
Umtriebszeit	4	a	Annahme	AFS
Baumart	Pappel		Annahme	AFS
Hackschnitzel-Ertrag	16,7	$t_{FM} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	Annahme	AFS
Wassergehalt Frischmasse	55	Ma.-%	Annahme	AFS
Mehraufwand der Bewirtschaftung	5	%	Annahme	AFS
Bewirtschaftungskosten	7.000	€ a^{-1}	Berechnung	AFS
Marktpreis Hackschnitzel	45	$\text{€ } t_{FM}^{-1}$	Annahme	AFS
Trocknungskosten Hackschnitzel	4	$\text{€ } S_{rm}^{-1}$	Berechnung	AFS
Leistung KWK-Anlage	30 / 72	$\text{kW}_{el} / \text{kW}_{th}$	Hersteller	KWK-Anlage
Spezifische Investitionskosten	5.000	$\text{€ } \text{kW}_{el}^{-1}$	Annahme	KWK-Anlage
Durchschn. Betriebsstunden pro Jahr	7.350	h a^{-1}	Annahme	KWK-Anlage
Brennstoffbedarf	30	kg h^{-1}	Hersteller	KWK-Anlage
Wassergehalt Brennstoff	10	Ma.-%	Annahme	KWK-Anlage
Personalaufwand	0,5	h d^{-1}	Hersteller	KWK-Anlage
Stromeinspeisevergütung	0,13	$\text{€ } \text{kWh}^{-1}$	EEG 2014	KWK-Anlage
Wärmevergütung	0,05	$\text{€ } \text{kWh}^{-1}$	Annahme	KWK-Anlage
Betrachtungszeitraum	20	a	Annahme	Allgemein
Zinssatz	4	%	Annahme	Allgemein
Abschreibungszeitraum Anlage	20	a	Annahme	Allgemein
Abschreibungszeitraum Gebäude	20	a	Annahme	Allgemein

3.2 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit wurden die Annuität und die Amortisationsdauer ermittelt. Bei den berechneten Annuitäten handelt es sich um den theoretischen Betrag, der während des Investitionszeitraumes jährlich konstant unter Erhaltung des eingesetzten Kapitals als Gewinnbeitrag entnommen werden kann. Die Annuität dient als Vergleichsgröße zu den bei einjährigen Kulturen üblichen Deckungsbeiträgen. Die Amortisationsdauer ist die Anzahl der Jahre, die benötigt wird, um den Kapitaleinsatz eine Investition aus den Rückflüssen wieder zu gewinnen.

Im Folgenden werden Zwischenergebnisse der Berechnung aufgeführt, die für die wirtschaftliche Bewertung des AFS dienlich sein können.

Im vorherigen Kapitel wurde als Ausgangsparameter die Fläche der Gehölzkultur entsprechend der schon vorhandenen Gehölzfläche des Beispielbetriebes mit 5 ha festgelegt. Sollte jedoch der gesamte Brennstoffbedarf des Holzvergaser-BHKW über ein AFS gedeckt werden, ist unter Berücksichtigung des Flächenertrages, der Umtriebszeit etc. eine Flächengröße von ca. 26 ha notwendig. Dies würde einem Anteil an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche des Landwirtschaftsbetriebes Domin von ca. 10 % und damit dem nach (Böhm et al. 2017) empfohlenen Flächenanteil (2 bis 40 %) von Gehölzkulturen innerhalb von AFS entsprechen.

Die reinen Bereitstellungskosten der HS aus dem AFS sind mit $21 \text{ € t}_{\text{FM}}^{-1}$ gegenüber dem angenommenen Marktpreis von $45 \text{ € t}_{\text{FM}}^{-1}$ sehr gering. Folglich wäre ein Direktverkauf der HS aus dem AFS empfehlenswert. Jedoch sind hierbei die anfallenden Kosten für Zwischenlagerung, Verladung, Transport etc. unberücksichtigt. Außerdem ist es für den direkten Verkauf der HS notwendig, Absatzmärkte zu erschließen sowie den Aufwand und die Risiken eines Marktakteurs zu beherrschen.

Die realen Brennstoffkosten für das Holzvergaser-BHKW ergeben sich aus der Bereitstellung der HS aus dem AFS, dem Zukauf von HS zum Marktpreis und dem Trocknungsaufwand. Wird dies alles berücksichtigt, ergibt sich ein Preis für die auf einen Wassergehalt von 10 Ma.-% getrockneten HS von 103 € t^{-1} .

Der jährliche Deckungsbeitrag der erwähnten vierjährigen Ackerfruchtfolge betrug nach Ende des Betrachtungszeitraums auf dem ertragsschwachen Standort etwa 114 € ha^{-1} . Demgegenüber konnte die Gehölzkultur eine Annuität von 368 € ha^{-1} aufweisen. Aus dem Vergleich dieser Annuitäten kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass der Agrarholzanbau für das Praxisbeispiel wirtschaftlich lukrativer gegenüber dem Ackerbau ist. Wie zuvor erwähnt, sind jedoch bei dieser Betrachtung der Aufwand für den Verkauf des jeweiligen Produktes und die beim Agrarholzverkauf größeren Zeiträume des Kapitalrückflusses unberücksichtigt.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Kombination aus AFS und KWK-Anlage wurden nun zusätzlich die Kosten und Erlöse der energetischen HS-Verwertung in einem Holzvergaser-BHKW berücksichtigt. Als Resultat der statischen Wirtschaftlichkeitsabschätzung für dieses Praxisbeispiel ergibt sich eine über den Betrachtungszeitraum durchschnittliche Annuität von -14.423 € a^{-1} . Aufgrund der negativen Annuität ist somit keine Amortisation der Investition gegeben. Folglich wird unter Beachtung der vorgegebenen Rahmenbedingungen keine Wirtschaftlichkeit für die Kombination des bestehenden AFS mit einer KWK-Anlage erreicht.

Um die unterschiedlichen Parametereinflüsse auf die Wirtschaftlichkeit des AFS zu untersuchen, wurde nun als nächster Schritt eine Variation der Parameter mit entsprechender Sensitivitätsanalyse hinsichtlich der Annuität vorgenommen.

3.3 Sensitivitätsanalyse der Parameter

Durch die Sensitivitätsanalyse können mögliche kritische Parameter bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung festgestellt werden, um die Auswirkungen möglicher Veränderungen aufzuzeigen und somit die Unsicherheit sowohl des Verfahrens als auch der Entscheidungsfindung zu verringern. Um die Sensitivitätsanalyse in einem überschaubaren Rahmen durchführen zu können, werden einige ausgewählte Parameter

(vgl. Tabelle 2) exemplarisch untersucht, die den größten Einfluss auf das Ergebnis ausüben und allein dadurch die größten Unsicherheiten in sich bergen.

Tabelle 2: Variation der Parameter zur Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Parameter	Min	Max	Einheit	Zuordnung
Fläche Gehölzkultur	2	8	ha	AFS
Hackschnitzel-Ertrag	6,7	26,7	$t_{FM} ha^{-1} a^{-1}$	AFS
Bewirtschaftungskosten	2.800	11.200	$€ a^{-1}$	AFS
Marktpreis Hackschnitzel	18	72	$€ t_{FM}^{-1}$	AFS
Trocknungskosten Hackschnitzel	1,6	6,4	$€ S_{rm}^{-1}$	AFS
Leistung KWK-Anlage	12	48	kW_{el}	KWK-Anlage
Spezifische Investitionskosten	2.000	8.000	$€ kW_{el}^{-1}$	KWK-Anlage
Stromeinspeisevergütung	0,054	0,214	$€ kWh^{-1}$	KWK-Anlage
Wärmevergütung	0,02	0,08	$€ kWh^{-1}$	KWK-Anlage
Jahresbetriebsstunden	6.027	8.600	$h a^{-1}$	KWK-Anlage

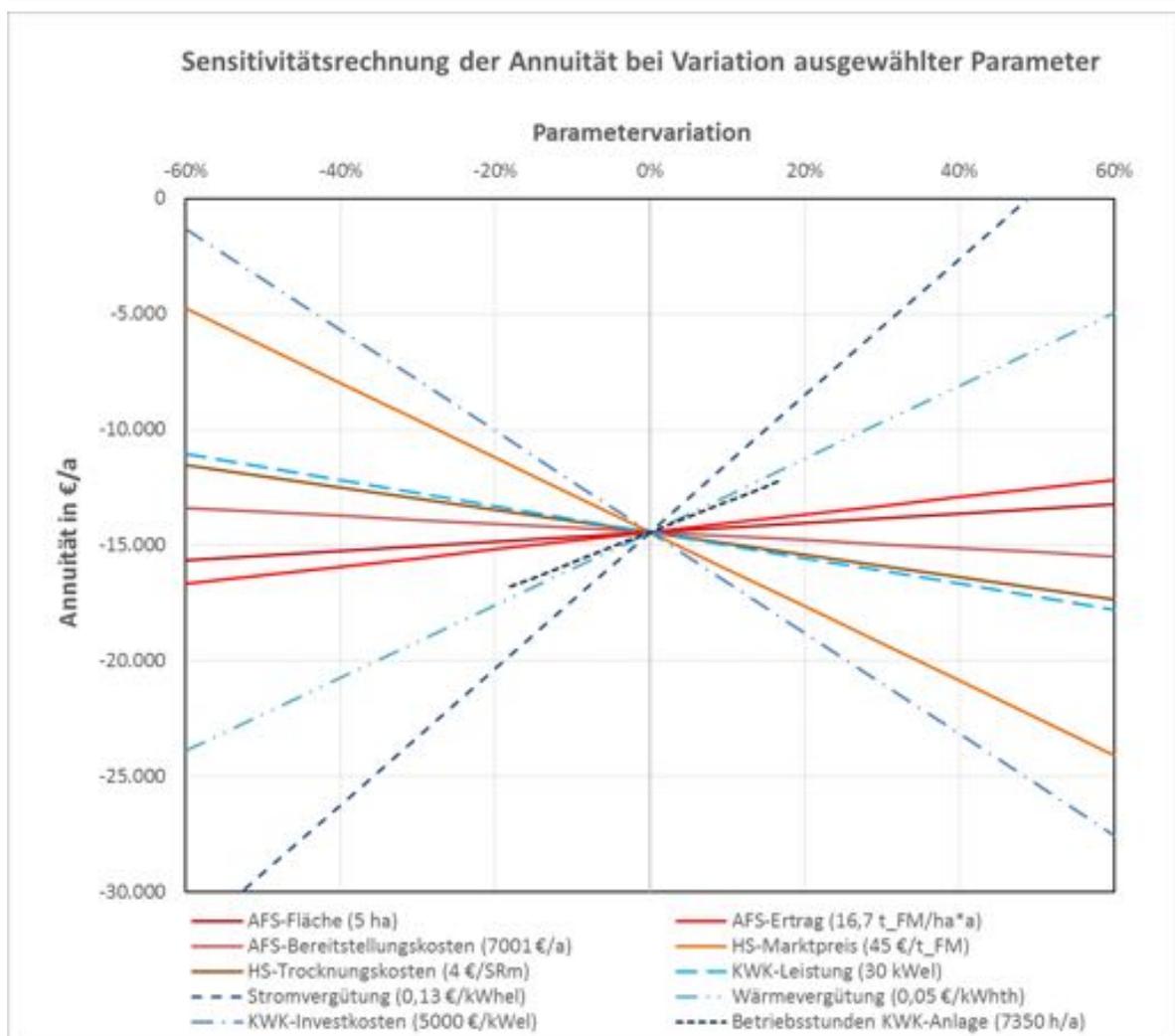


Abbildung 2: Grafische Darstellung der Sensitivitätsanalyse der Annuitäten durch Variation ausgewählter Parameter

In Abbildung 2 sind exemplarisch die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für das beschriebene AFS dargestellt. Die Werte in den Klammern geben dabei jeweils die Ausgangsgröße im Basisfall (0 % Parametervariation) an, die dann prozentual (von -60 % bis +60 % ausgehend vom Basisfall) variiert wird. Die größten Einflüsse auf die Annuität haben von den gewählten Parametern jene mit dem größten Anstieg, also die Stromvergütung, gefolgt von den Investitionskosten der KWK-Anlage, dem Hackschnitzel-Marktpreis und der Wärmevergütung. Aus diesen Parametern kann in dem vorgegebenen Variationsbereich nur die Stromvergütung zur positiven Annuität (ab ca. +50 %) führen.

Demzufolge wurde als nächster Schritt der Ansatz verfolgt, dass die KWK-Anlage zur Deckung des vor Ort vorhandenen Eigenstrombedarfes genutzt wird. Die entsprechenden Betrachtungen und Ergebnisse wurden in den beiden folgenden Kapiteln beschrieben.

3.3.1 Wirtschaftlichkeitsabschätzung bei Eigenstromversorgung

Die Ergebnisse der Parametervariation führen zur Erkenntnis, die Optionen zur Steigerung der Stromvergütung zu prüfen. Eine der Möglichkeiten stellt die Eigenstromversorgung des betreffenden Standortes dar. Somit wäre für den Strom der KWK-Anlage, der für den Eigenbedarf genutzt wird, nicht mehr der Vergütungssatz des EEG 2014 maßgebend, sondern der reale Strombezugspreis des Betreibers. Dafür wurde ein Strombezugspreis von $0,26 \text{ € kWh}^{-1}$ angenommen. Zusätzlich muss nach dem EEG (2014) für jede selbst erzeugte und genutzte elektrische Kilowattstunde die aktuell gültige EEG-Umlage berücksichtigt werden. Diese lag für das vierte Quartal 2016 bei $6,354 \text{ ct kWh}^{-1}$. Holzvergasungsanlagen müssen als EEG- und KWK-Anlagen nicht die volle Umlage, sondern im Jahr 2016 35 % der EEG-Umlage zahlen, sodass sich ein bilanzieller Stromvergütungssatz für die Deckung des Eigenbedarfs von $0,24 \text{ € kWh}^{-1}$ ergibt. Der Strom, der nicht für die Eigenbedarfsdeckung genutzt wird, wird eingespeist und entsprechend EEG vergütet.

Der durchschnittlich vorhandene elektrische Eigenbedarf des Landwirtschaftsbetriebes generiert sich aus den Verbrauchern Biogasanlage, Hofladen, Büro/Haus und der KWK-Anlage und beträgt in Summe ca. 16,4 kW. Zu beachten ist hierbei, dass Lastgänge beim Strombedarf und damit die Aufteilung in Grund- und Spitzenlast nicht betrachtet wurden.

Als Resultat der statischen Wirtschaftlichkeitsabschätzung bei Eigenstromnutzung ergibt sich eine über den Betrachtungszeitraum durchschnittliche Annuität von 3.019 € a^{-1} und eine Amortisationsdauer von 14,2 a. Folglich wird mit dem theoretischen Fall der Eigenstromversorgung eine Wirtschaftlichkeit erreicht, wenngleich die Amortisationsdauer von 14,2 a verhältnismäßig hoch ist. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 als Basisfall dargestellt.

3.3.2 Wirtschaftlichkeitsabschätzung bei Variation des Eigenstrombedarfs

Um die Bedeutung des vorhandenen Eigenstrombedarfs für die Wirtschaftlichkeit der Kombination von AFS und KWK-Anlage hervorzuheben, wurde der Eigenstrombedarf ebenfalls variiert. In Abbildung 3 sind exemplarisch die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bei Variation des Eigenstrombedarfs für das beschriebene AFS dargestellt. Ausgehend vom zuvor beschriebenen Basisfall (Eigenstrombedarf 16,4 kW) wurde dieser im Bereich von -80 % bis +80 % variiert. Dabei wird ersichtlich, dass bei einem Stromeigenbedarf, der der elektrischen Leistung der KWK-Anlage (30 kW)

entspricht, eine Annuität von ca. 15.000 € a⁻¹, entsprechend ein Amortisationszeitraum von ca. 7 a und damit eine gegebene Wirtschaftlichkeit zu verzeichnen sind.

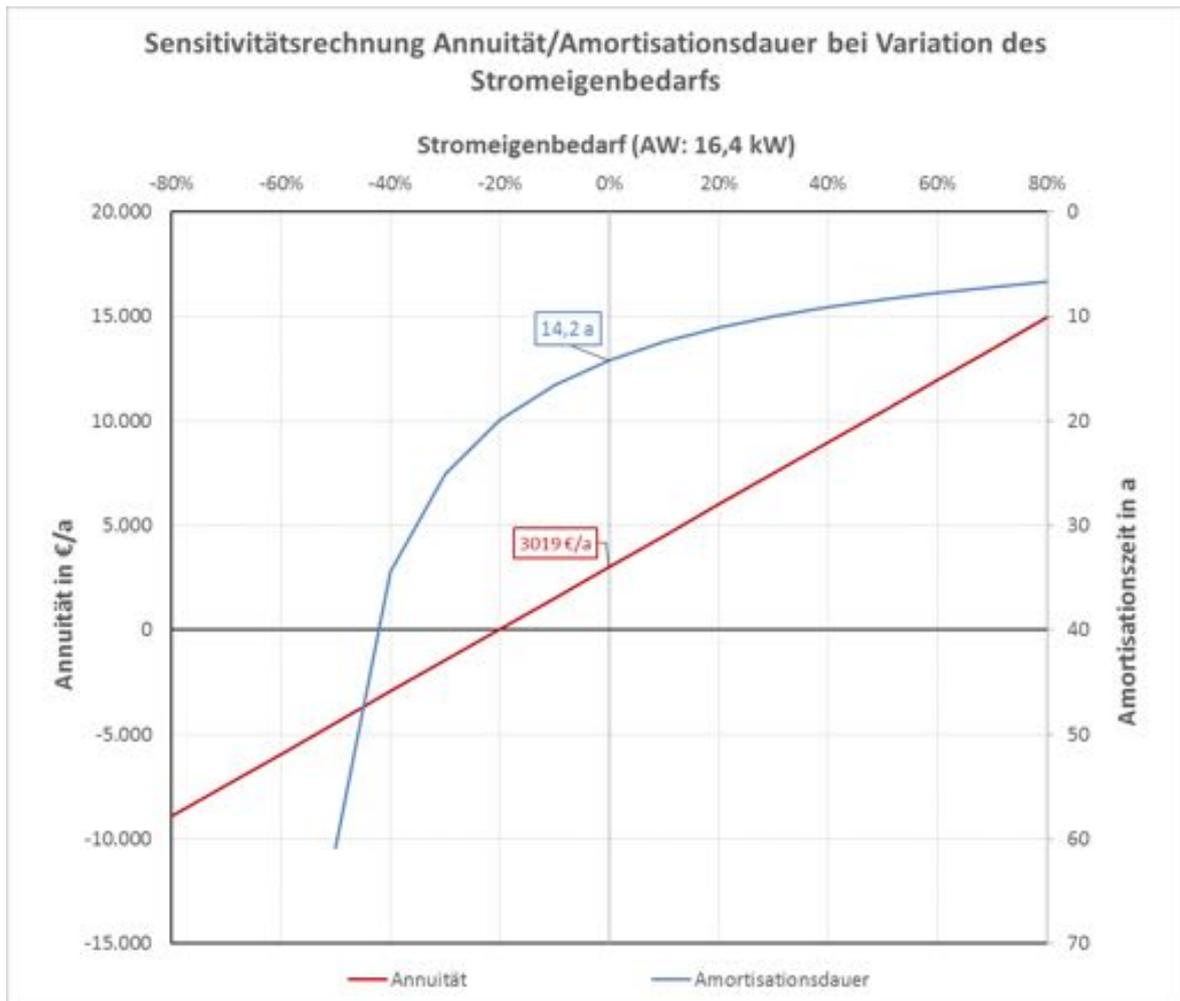


Abbildung 3: Grafische Darstellung der Sensitivitätsrechnung bei Variation des Stromeigenbedarfs

4 Zusammenfassung und Fazit

Der Anbau und die Verwertung von Energieholz aus der Agroforstwirtschaft des Landwirtschaftsbetriebes können wirtschaftlich sein. Hierbei existieren verschiedene Verwertungsmöglichkeiten. Sollen die HS direkt verkauft werden und wird nur der Vergleich der HS-Bereitstellungskosten aus dem AFS ($21 \text{ € t}_{\text{FM}}^{-1}$) mit dem HS-Marktpreis ($45 \text{ € t}_{\text{FM}}^{-1}$) herangezogen, ergibt sich eine finanzielle Attraktivität des Produktes. Unberücksichtigt sind dabei jedoch weitere anfallende Kosten wie z.B. der Produktvermarktung. Werden die Annuitäten des Agrarholzanbaus (368 € ha^{-1}) und des Ackerbaus (114 € ha^{-1}) verglichen, ist der Agrarholzanbau und Verkauf der HS deutlich lukrativer. Bei einer energetischen Nutzung der HS vor Ort in einem Holzvergaser-BHKW mit Wärmenutzung und Stromeinspeisung ist keine Wirtschaftlichkeit gegeben. Diese wird vor allem durch die KWK-Anlage negativ beeinflusst, da die Erlöse durch die mit dem EEG 2014 gesunkenen Stromeinspeisevergütung gefallen sind und gleichzeitig die Kosten hinsichtlich Investition und Betrieb nicht wesentlich gesunken sind. Die Eigenstromnutzung mit entsprechender Stromvergütung kann in Abhängigkeit des vor Ort

existierenden Eigenstrombedarfs und entsprechender Anpassung der Anlagenleistungsgröße allerdings zur Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems aus Agroforstwirtschaft und Holzvergaser-BHKW führen.

Danksagung

Die Autoren danken dem BMBF für die über das Forschungsprojekt AUFWERTEN (FKZ: 033L129AN) geleistete finanzielle Unterstützung. Ebenso sei dem Landwirtschaftsbetrieb Domin für die gute Zusammenarbeit und die Bereitstellung von Bewirtschaftungsdaten gedankt.

Literatur

BfN (2010): Bioenergie und Naturschutz. Synergien fördern, Risiken vermeiden. Positionspapier des Bundesamtes für Naturschutz (BfN). Bonn.

BfN (2012): Energieholzanbau auf landwirtschaftlichen Flächen. Online verfügbar unter: https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbareenergien/bfn_energieholzanbau_landwirtschaftliche_flaechen.pdf

Böhm C, Tsonkova P, Albrecht E, Zehlius-Eckert W (2017): Zur Notwendigkeit einer kontrollfähigen Definition für Agroforstschläge. Agrar-und Umweltrecht 1/2017,7-12.

Domin T (2016): Agroforstwirtschaft als Standbein des Landwirtschaftsbetriebes Domin. In: 5. Forum Agroforstsysteme, Senftenberg, 1.12.2016

EEG (2014): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2014)

FNR (2016): Basisdaten Bioenergie Deutschland. Online verfügbar unter: <https://mediathek.fnr.de/basisdaten-bioenergie.html>

Schüßler I, Bräkow D, Treppe K, Salomo B, Zschunke T (2009): Schwachstellenanalyse an BHKW-Vergaseranlagen (FKZ 22009106). Online verfügbar unter: https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/ifvu/ressourcen/dateien/tvu/publications/09_05---FNR-Schwachstellenanalyse.pdf?lang=de

Spanner Re² (2016): Produktbroschüren Spanner Holz-Kraft-Anlagen. Online verfügbar unter: <http://www.holz-kraft.de/images/pdfs/Holz-Kraft-Flyer%20de.pdf>

Zeymer M, Rönsch S, Klemm M (2010): Übersicht zum grundsätzlichen Aufbau von Biomassevergasungsanlagen mit KWK. In: Bundeswettbewerb Bioenergie-Regionen. "Nutzung fester Brennstoffe in kleintechnischen KWK-Anlagen". Online verfügbar unter: http://www.bioenergie-regionen.de/fileadmin/bioenergie-regionen/dateien/Vortrag_2010-03-09_Feste_Biomasse_in_kleintechnischer_KWK_DBFZ.pdf

Zeymer M, Herrmann A, Oehmischen K, Schmersahl R, Schneider R, Heidecke P, He L, Volz F (2013): DBFZ-Report Nr. 18: Kleintechnische Biomassevergasung, Option für eine nachhaltige und dezentrale Energieversorgung. ISSN: 2190-7943. Online verfügbar unter: <https://www.dbfz.de/referenzen-publikationen/dbfz-reports.html>

Ein kurzer Überblick über die Entstehung von Gehölzen in der Landschaft

Penka Tsonkova*, Christian Böhm

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046, Cottbus

*Kontakt: T: 0355/69 5064 – F: 0355/69 2323 – E: penka.tsonkova@b-tu.de

1 Einleitung

Gehölze, die Acker- und Grünland in vielfältiger Form durchsetzen und gliedern, prägen die Landschaft außerhalb von Siedlungen und Wäldern (DVL 2000). Derartige Flurgehölze sind mit Vorteilswirkungen für die Landschaft und für den Menschen verbunden, unabhängig davon, ob sie streifenförmig angeordnet oder flächig verteilt sind. Der Anteil und die Verteilung der Flurgehölze sowie deren Aufbau sind zumeist landschaftstypisch der landwirtschaftlichen Nutzung angepasst und historisch bedingt (DVL 2000). In der atlantischen Region und in Mitteleuropa sind streifenförmig angeordnete Strukturen wie Wallhecken und Windschutzpflanzungen weit verbreitet (Nerlich et al. 2013). Neben der jeweiligen Nutzfunktion der Gehölze (Brenn- oder Nutzholzlieferant, Obstproduktion, Orientierungspunkt, Schattenlieferant, Erosionsschutz), wurden sie auch als landschaftsverschönerndes Element geschätzt (Springmann 2010). So waren kombinierte land- und forstwirtschaftliche Nutzungsweisen in der Vergangenheit weit verbreitet (Konold u. Reeg 2009). Dabei bilden die Gehölzstrukturen in Kombination mit den Ackerkulturen ein traditionelles Agroforstsystem, bei welchem die gleichzeitige Bewirtschaftung der beiden Komponenten positive Vorteile erbringt (Nerlich et al. 2013). Demensprechend wurde der Großteil der Gehölzstrukturen bewusst von Menschen angelegt und durch Pflegemaßnahmen in einem bestimmten Zustand erhalten (Knauer 1993, DVL 2006). Heute werden die Feldgehölze überwiegend nicht mehr bewirtschaftet bzw. deren Holz und Früchte genutzt. Findet eine Bewirtschaftung statt, so ist diese in der Regel von der Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzfläche entkoppelt, wodurch ihre Vorteilswirkungen weniger zum Tragen kommen (Tsonkova et al. 2016). Im Folgenden wird ein kurzer Überblick zur Entstehung von streifenförmig angeordneten und flächig verteilten Gehölzstrukturen in der Landschaft gegeben.

2 Streifenförmig angeordnete Gehölze

2.1 Traditionelle Hecken

Hecken setzen sich allgemein zumeist aus Bäumen und Sträuchern zusammen, die vor allem in den Saumbereichen durch ein- und mehrjährige krautige Pflanzen und Gräser ergänzt werden. Sie verlaufen mehr oder weniger durchgehend und linienförmig durch die landwirtschaftliche Flur (LfL 2005). Hecken werden u.a. hinsichtlich ihrer Form, ihres Pflanzenbestandes, ihrer Lage in der Landschaft, ihrem Alter sowie ihrer Entstehung (gepflanzt oder spontan gewachsen) differenziert (DVL 2006).



Abbildung 1: Hecke in Südbrandenburg (Foto: C. Böhm, 2015)

Lokal höhere Heckendichten sind oftmals auf spezielle Funktionen der Gehölze zurückzuführen, beispielsweise auf deren Windschutzwirkung in Küstennähe, auf deren Lärm- und Sichtschutzwirkung an Straßen oder auf Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für umwelterhebliche Eingriffe (Reif u. Achtziger 2000). In Abbildung 1 ist beispielhaft eine artenreiche Hecke in Südbrandenburg dargestellt, die vordergründig zum Zwecke des Biotopverbundes angelegt wurde.

Die Anlage und Nutzung von Hecken hat eine sehr lange Tradition. Durch Pflanzung entstanden sind beispielsweise die norddeutschen Knicklandschaften sowie die Wallheckengebiete der Münsterländer Bucht (Reif u. Achtziger 2000). Die ersten Knicks wurden zum Zwecke der Flächenabgrenzung sowie als Windschutz vor ca. 300 Jahren angelegt (Knauer 1993). Die Hecken in Schleswig-Holstein, Teilen Niedersachsens und Westmecklenburg wurden als Abgrenzung von Viehweiden gegenüber Feldern gepflanzt als sich im 17. Und 18. Jahrhundert die Koppelwirtschaft entwickelte (DVL 2006). Bei diesem Bodennutzungssystem wurde jede Parzelle für einige Jahre als Acker, danach als Weide genutzt, so dass beide Nutzungsarten auf unterschiedlichen Teilen der Feldflur stattfanden (DVL 2006). Für die Abgrenzung von beweideten Flächen gegenüber Ackerflächen wurde darauf geachtet, dass schwer bis undurchdringliche Gehölzstreifen entstehen konnten (Knauer 1993). Die Zweige der Sträucher wurden geknickt, um die Hecke für das Vieh undurchlässig zu machen, wodurch auch die Bezeichnung "Knicks" entstand. In Mecklenburg wurden u.a. Weißdorn (*Crataegus*) und Hainbuchen (*Carpinus betulus*) verwendet (LUNG 2001). Im Münsterland (Westfalen) sowie in der westniedersächsischen und schleswig-holsteinischen Geest wurden die Knicks teilweise mit den natürlich vorhandenen Arten aus umliegenden Wäldern in bunter Reihenfolge („Bunte Knicks“), später auch mit nur einer Art wie Weißdorn, und sogar fremdländischen Gehölzen wie Flieder (*Syringa vulgaris*), Teestrauch (*Spiraea salicifolia*) oder Grauerle (*Alnus incana*) („Einfarbige Knicks“) angelegt (Reif u. Achtziger 2000).

Im Hügel- und Bergland sind Hecken dagegen spontan entstanden, wenn etwa natürliche Böschungen oder mehr oder weniger Breite Steinriegel lange genug unberührt blieben (Knauer 1993). In der Regel, wurden Verbuschungen von Rainen und Steinriegeln früher in vielen Landschaften durch Mahd, Beweidung oder Brand bekämpft (Reif u. Achtziger 2000). Gehölze, die dennoch aufkamen wurden stellenweise geduldet und falls es möglich war, genutzt. Vor allem auf Lesesteinriegeln überlebten Wurzelsprosse und ausschlagfähige Wurzelstöcke die Bekämpfungsmaßnahmen der Bauern, so dass sich die Hecken dort wieder regenerieren konnten (Reif u. Richert 1995). Manche Hecken

entstanden durch Sukzession und sind oftmals schon mehrere Jahrhunderte alt; viele sind aber auch relativ junge Strukturen, die sich in den letzten Jahrzehnten nach Beendigung der Grasnutzung auf Feldrainen etablierten (Reif u. Achtziger 2000).

Besonders heckenreiche Landschaften finden sich auf Lesesteinriegeln und Stufenrainen der Jura-, Muschelkalk- und Basaltgebiete (Eifel, Franken, Württemberg, Hessen, Sachsen-Anhalt, Rhön, Vogelsberg), entlang der Besitzgrenzen im Alpenvorland (Lenggries), sowie auf Steinriegeln basenhaltiger Silikatgesteine (Schwarzwald, Bayerischer Wald, Erzgebirge) (Reif u. Achtziger 2000). Die Gehölze im Alpenvorland siedelten sich ebenfalls spontan auf Parzellengrenzen und Lesesteinhaufen an (DVL 2006). Die Baumhecke wurde als Schattenspender für das Vieh, als Zaun um die Weiden herum und als Quelle für Laubheu, Brenn- und Bauholz genutzt (DVL 2006).

2.2 Windschutzhecken

In vielen Gebieten Deutschlands wurden u.a. im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren, vor allem in den 1950er bis 1970er Jahren, zahlreiche Hecken (und andere Landschaftsstrukturen) beseitigt. Auch in Schleswig-Holstein führten Flurbereinigungsmaßnahmen seit den 1950er Jahren zu einer Reduktion der Knickdichte und damit zur Schaffung großer Schläge (Reif u. Achtziger 2000). Um die hiermit verbundenen negativen Effekte abzumildern, wurde in der Folge mit der Anlage von Windschutzpflanzungen begonnen. Diese sollten zur (Wieder)Belebung des Landschaftsbildes beitragen, Bodenerosion verringern und eine Sicherung oder sogar Steigerung der Erträge bewirken (Reif et al. 1995). Gehölzstrukturen, die in den 1950er und 1960er Jahren im Kontext der Flurbereinigung angelegt wurden, waren zweireihige, später auch mehrreihige Gehölzstreifen (DVL 2006). Die Hecken wurden damals vorwiegend schematisch ohne Rücksicht auf bestehende Strukturen etabliert (DVL 2006). Die Pflanzungen erfolgten oftmals in nicht geeigneten Bereichen, so z.B. in Wiesenbrüteregebieten, oder es wurden ungünstige Verhältnisse zwischen Bäumen und Sträuchern (z.B. Schlehe (*Prunus spinosa*), Weißdorn und Rosen (*Rosa spec.*)) gewählt (DVL 2006). Insbesondere vor den 1980er Jahren wurden oft auch Arten wie Hainbuche, Kornelkirsche (*Cornus mas*), Traubenkirsche (*Prunus padus*) und Kartoffelrose (*Rosa rugosa*) angebaut (Reif u. Richert 1995). Das Hauptanliegen dieser Anpflanzungen war das Bestreben, durch eine hohe Artenzahl eine höhere naturschutzfachliche Wertigkeit der Hecke zu erreichen, wobei übersehen wurde, dass neben der Artenzahl auch andere naturschutzfachliche Kriterien wichtig sind. So waren viele artenreiche Pflanzungen nicht landschaftstypisch und manche verwendete Sorte bzw. Herkunft der gepflanzten Arten gefährdete die standortsheimischen Genotypen (Reif u. Achtziger 2000). Resultierend aus dieser Erkenntnis bemühte man sich ab den 1980er Jahren vorwiegend einheimische Arten bzw. Sorten zu bevorzugen und landschaftstypische Heckentypen anzulegen (Reif u. Richert 1995, Reif u. Achtziger 2000).

Zum Schutz gegen Winderosion wurden auch Windschutzstreifen aus schnellwachsenden Bäumen (vornehmlich Hybridpappeln) konzipiert, die in Nord-Süd-Richtung, also entgegen der Hauptwindrichtung angelegt wurden (Reif u. Achtziger 2000). In weiten Teilen des nordostdeutschen Tieflandes erfolgte die Anlage derartiger Windschutzstreifen bereits ab 1955 (DVL 2006). Differenziert werden konnten diese Windschutzstreifen in zwei Grundtypen: 1) eine ca. 5 m breite dreireihige Heckenanlage mit Bäumen in der Mittelreihe und Straucharten als Abgrenzung zur Ackerfläche an den Rändern und 2) eine

zwischen 3 und 8 m breite einreihige Pflanzung von Hybridpappeln entlang von Gewässern oder Feldwegen (DVL 2006). Solche Windschutzpflanzungen sind zumeist monoton und strukturarm. Zudem fehlen charakteristische standortheimische Straucharten. Ihre Anlage erfolgte quer zur vorherrschenden Windrichtung, unabhängig von Wegen und Eigentumsgrenzen (LUNG 2001). Eine Entnahme der Hybridpappel war ab dem 30. Standjahr geplant, jedoch in Vergessenheit geraten (DVL 2006). Abbildung 2 zeigt exemplarisch eine überalterte Windschutzhecke in Südbrandenburg. Gegenwärtig verursachen die graduell absterbenden Pappeln durch abgebrochene Äste oder umgestürzte Stämme an vielen Orten zunehmend Probleme bei der Bewirtschaftung der angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen (DVL 2006).



Abbildung 2: Überalterte Windschutzhecke in Südbrandenburg (Foto: P. Tsonkova, 2015)

2.3 Baumreihen und Alleen

Während Alleen beidseitige Baumreihen entlang von Verkehrs- und Feldwegen sind, wurden Baumreihen einseitig etabliert. Beide bestehen in der Regel aus gleichaltrigen und gleichartigen Bäumen, die in einem gleichmäßigen Abstand gepflanzt sind (LUNG 2001). Der Sinn in der Pflanzung von Baumreihen und Alleen bestand ursprünglich darin, Kutschen, Reiter, Fußgänger und später auch Radfahrer vor Sonne, Regen und Wind zu schützen (DVL 2006). Mit der Motorisierung verlor dieser Schutz an Bedeutung. Auf dem Gebiet der ehemaligen DDR sind jedoch viele Alleen erhalten und stellen heute geschätzte Kulturlandschaftselemente dar (DVL 2006). Viele Baumreihen und Alleen entlang von Verkehrswegen bestehen aus Obstbäumen, deren Früchte vielerorts noch vor 30 Jahren durch die ansässige Bevölkerung genutzt wurde (DVL 2006).

2.4 Ufergehölze

Als Standorte für Ufergehölze kamen die natürlichen Wasserläufe und wasserführenden Gräben in Betracht (DVL 2006). Dabei sind sowohl die Ufergehölze als auch viele der Gewässer selbst anthropogenen Ursprungs. Typische Gehölze an Gewässern sind Weidenarten (*Salix spec.*), Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*), Birke (*Betula pendula*), Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*) und Pappel (*Populus spec.*) (LUNG 2001). Viele dieser Gräben werden heute nicht mehr genutzt, dennoch führen sie weiterhin Wasser (DVL 2006). Die Ufergehölzstandorte waren stark in das dörfliche Leben eingebunden, da sie für die Landwirtschaft und das Handwerk von vielfältigem Nutzen waren (DVL 2006). Ferner fungierten Gehölze an der Grenze zwischen landwirtschaftlicher Nutzfläche und Gewässer als Filterstreifen und reduzieren die Bodenerosion und somit den Austrag von an Bodenpartikeln gebundenen Pflanznährstoffen und Pflanzenschutzmitteln (Knauer

1993). Auch heute kommt den Gehölzen an Gewässerrändern eine wichtige Funktion für den Schutz des Oberflächenwassers vor Nährstoff-, Pestizid- und Sedimenteinträgen zu.

3 Flächig verteilte Gehölze

3.1 Baumgruppen

3.1.1 Feldgehölze

Feldgehölze sind kleinere, beliebig geformte Gehölzflächen, die inselartig in der landwirtschaftlichen Flur liegen und sich aus Bäumen und Sträuchern zusammensetzen, wobei auch ein- und mehrjährige krautige Pflanzen und Gräser auftreten können. Sie besitzen eine ausgeprägte Randzone, die eine waldartige Innenzone umschließt (LfL 2005). Das Feldgehölz besitzt ein eigenes Bestandesklima im Inneren und ist im Vergleich zu Wald durch einen größeren Lichtreichtum und stärkere Feuchtigkeits- und Temperaturschwankungen gekennzeichnet (DVL 2006). Die Entstehung von Feldgehölzen ist auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen, wie Waldreste, Sukzessionsflächen und Lesesteinhaufen (DVL 2006). Häufig handelt es sich um Sukzessionsflächen, die aus der Nutzung herausfielen, sobald man auf sie verzichten konnte (DVL 2006). In neueren Flurbereinigungsverfahren wurden sie oftmals dort geschaffen, wo bei der Flurneuordnung für die Landwirtschaft schwieriger zugängliche Teilareale entstanden sind (Knauer 1993). Ein Beispiel für ein Feldgehölz in Südbrandenburg ist in Abbildung 3 dargestellt.



Abbildung 3: Feldgehölz in Südbrandenburg (Foto: P. Tsonkova, 2015)

3.2 Einzelne Bäume

3.2.1 Einzelbäume (Hutebäume)

Nichtobsttragende Bäume in der Flur dienen häufig als Orientierungshilfe oder auch als Markierung an wichtigen Kreuzungen oder Abzweigungen von Straßen und Wegen (DVL 2006). Die größte Anzahl von Einzelbäumen stand auf Weideflächen (Hutungen), wo sie auch als Hutebäume bezeichnet werden. Sie dienen dem Schutz des Weideviehs bei starker Sonnenstrahlung (so ruhten sich Wiederkäuer im Schatten aus und verdauten) wie auch bei Witterungsunbilden (Regen, Hagel) (DVL 2006). Bekannte Beispiele sind die mächtigen Berg-Ahorne (*Acer pseudoplatanus*) auf dem Schachten des Bayerischen Waldes sowie Eichen (*Quercus spec.*) auf den Allmenden und Gemeindeangern Süddeutschlands, deren Früchte für die Schweinemast im Herbst begehrt waren (DVL 2006).

3.2.2 Streuobst

Streuobstbestände sind Obstbestände in der Agrarlandschaft mit zumeist hochstämmigen Sorten der Obstarten Apfel (*Malus domestica*), Birne (*Pyrus communis*), Pflaume (*Prunus domestica*) oder Kirsche (*Prunus avium* L.) (Herzog 1998, Knauer 1993). In der Feldflur herrschte der Hochstamm vor, da unter hochstämmigen Bäumen eine ganzflächige Unterkultur betrieben werden konnte, z.B. Futtergras, Getreide, Hackfrüchte, Gemüse oder Beerenobst (Weller 2006). Obstbau wurde schon seit Jahrhunderten betrieben. Die Obstbaumstrukturen, welche den südwestdeutschen Streuobstlandschaften bis heute ihren anmutigen Reiz verleihen, begannen sich jedoch erst im 18. und 19. Jahrhundert zu entwickeln (Weller 1996). Hinter den Anstrengungen zum Aufbau des Obst- und Weinbaus stand ein starker Obrigkeitwille. So wurde in sogenannten *Generalskripten* bindend vorgeschrieben, wie viel Obstbäume jeder ansässige Bürger und jeder heiratende Bürgersohn auf die Allmendflächen oder entlang von Straßen und Wegen zu pflanzen hatte. Diese Bäume mussten von deren Pflanzern auch gepflegt und nach dem Absterben durch neue ersetzt werden (Weller 1996). Seit Jahrhunderten wurde der Anbau von Obstbäumen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen durch begünstigende Regelungen stark gefördert und durch den Ausbau der Vermarktungsmöglichkeiten für Obst ermöglicht (Herzog 1998). Dies zeigt, dass für die Anlage und Nutzung von Agroforstsystemen auch heute sowohl unterstützende politische Rahmenbedingungen als auch Vermarktungsmöglichkeiten erforderlich sind (Herzog 1998).

4 Entstehung und gegenwärtige Bedeutung der Gehölze

Eine Zusammenfassung der Entstehung ausgewählter Gehölzstrukturen in der Landschaft enthält Abbildung 4.



Abbildung 4: Eine zeitliche Annäherung der Entstehung ausgewählter Gehölzstrukturen in der Landschaft (**natürlich** oder **von Menschen angelegt**) und wichtige Triebkräfte ihrer Umwandlung inklusive deren **positiven** oder **negativen** Auswirkungen. (Eigene Darstellung nach DVL (2006))

Insgesamt fand bis 1950 eine Zunahme der Gehölzstrukturen in der Landschaft statt, gefolgt von einer starken Abnahme bis zum Ende des 20. Jahrhunderts. Derzeit wird die wichtige Rolle der Gehölze in der Land(wirt)schaft erneut anerkannt und ihr Schutz angeregt. Allerdings bedürfen insbesondere die nach 1950 angelegten Gehölze, einschließlich der Windschutzhecken in Ostdeutschland und der Biotopverbundhecken in Westdeutschland, eine Optimierung ihrer Struktur. Zudem werden Gehölze oftmals nur unzureichend in die ackerbaulichen Entscheidungsprozesse einbezogen. Vielen traditionellen Agroforstsystemen fehlt die land- und forstwirtschaftliche Doppelnutzung (Unseld et al. 2011). Die Bewirtschaftung der Knicks ist gegenwärtig durch die

entsprechende Richtlinie geregelt und von der landwirtschaftlichen Nutzung entkoppelt. Ferner sind auch viele Hecken in der landwirtschaftlichen Flur vorhanden, die nicht bewirtschaftet werden, wodurch auch – z.B. durch überalterte, umbrechende Bäume – die landwirtschaftliche Nutzung gestört werden kann. Zudem können Hecken, die zu hoch gewachsen sind z.B. durch ihre Schattenwirkung zu Ertragseinbußen führen oder jene, die in die Breite gewachsen sind, ein Bearbeitungshindernis für angrenzende Flächen und Wege darstellen (DVL 2006). Außerdem steht die gegenwärtige Wertschätzung von Streuobstwiesen wegen ihrer positiven Wirkungen für den Naturschutz, das Kleinklima und das Landschaftsbild im Gegensatz zum nachlassenden Interesse an der Pflege der Bäume und der Flächen sowie an der Nutzung des Obstes, was zu einer Überalterung der Bäume, zur Verwilderung der Grundstücke und letztlich zur Aufgabe der Bestände führen kann (Reeg 2008). Die Gehölze könnten im Rahmen einer agroforstlichen Nutzung in die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Fläche mit einbezogen werden. Eine Möglichkeit der Aufwertung von Streuobstbeständen wurde ferner in der Etablierung moderner Agroforstsysteme mit Wertholzbäumen gesehen (Luick u. Vonhoff 2009, Reeg 2008). Auch neu angelegte, streifenförmig angeordnete Agroforstsysteme, welche unter Berücksichtigung der entsprechenden Naturschutzziele gestaltet sind, bieten vielfältige Möglichkeiten, einen Beitrag zur Erhaltung oder Schaffung von Habitaten, sowie zum Biotopverbundsystem in Agrarlandschaften zu leisten (Reeg et al. 2008). Zudem bewirken sie einen effektiven Windschutz (Böhm et al. 2014) und können auch zur Verbesserung der Wasserqualität beitragen (Böhm et al. 2015).

5 Schlussfolgerung

Gehölze sind ein wichtiger Bestandteil der landwirtschaftlichen Fläche und sollen durch angepasste Maßnahmen regelmäßig gepflegt werden. Heutzutage sind viele Gehölze als Folge einer mangelnden Bewirtschaftung veraltet oder haben an Bedeutung verloren. Die Einbindung der bestehenden Gehölzstrukturen in ein integriertes Bewirtschaftungssystem (Agroforstsystem) bietet eine Möglichkeit, die Strukturen durch Nutzung zu pflegen. Die Integration der existierenden Gehölze in die ackerbaulichen Entscheidungsprozesse bietet die Chance, Gehölzstrukturen aufzuwerten, die durch sie bereitgestellten Vorteilswirkungen gewinnbringend zu nutzen und so die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft insgesamt langfristig zu steigern.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Förderung des Forschungsprojektes AUFWERTEN („Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie“ (FKZ: 033L129AN)), innerhalb dessen die Ergebnisse zusammengestellt wurden.

Literatur

Böhm C, Kanzler M, Freese D (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedge-rows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforestry Systems* 88, 579-591.

Böhm C, Kanzler M, Mirck J, Freese D (2015): Effekte agroforstlicher Wirtschaftsweisen auf die Grundwasserqualität von Ackerstandorten. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 27, 83-84.

DVL – Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (2000): Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege - "Flurgehölze". Lychen (Brandenburg), 20 S.

DVL – Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (2006): Landschaftselemente in der Agrarstruktur – Entstehung, Neuanlage und Erhalt. DVL-Schriftenreihe "Landschaft als Lebensraum", Heft 9, 122 S.

Herzog F (1998): Streuobst: a traditional agroforestry system as a model for agro-forestry development in temperate Europe. *Agroforestry Systems* 42, 61-80.

LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2005): Hecken, Feldgehölze und Feldraine in der landwirtschaftlichen Flur, LfL, 11. Auflage, 20 S.

Luick R, Vonhoff W (2009): Wertholzpflanzungen – das Thema Agroforstsysteme in moderner Inszenierung. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 41, 47-52.

LUNG – Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (2001): Landschaftsökologische Grundlagen zum Schutz, zur Pflege und zur Neuanlage von Feldhecken in Mecklenburg-Vorpommern (Materialien zur Umwelt, Heft 1/2001)

Knauer N (1993): Ökologie und Landschaft. Situation Konflikte Lösungen. Ulmer, Stuttgart.

Konold W, Reeg T (2009): Historische Agroforstsysteme in Deutschland. In: Reeg T, Bemmann A, Konold W, Murach D, Spiecker H (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH, Weinheim, 313-324.

Nerlich K, Graeff-Hönninger S, Claupein W (2013): Agroforestry in Europe: a review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany. *Agroforestry Systems* 87, 475-492.

Reeg T (2008): Agroforstsysteme als interessante Landnutzungsalternative? Entscheidungsfaktoren für Landnutzer. *Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung*, Band 6, 53-68.

Reeg T, Möndel A, Brix M, Konold W (2008): Naturschutz mit der Agrarlandschaft – neue Möglichkeiten mit modernen Agroforstsystemen. *Natur und Landschaft* 83(6), 261-265.

Reif A, Richert E (1995): Naturnahe Hecken durch Verwendung autochthoner Gehölze. *Materialien zur Ländlichen Entwicklung* 33, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München, 59 S.

Reif A, Jens T, Kapp G, Essmann H (1995): Windschutzhecken am südlichen Oberrhein. Zustand, Pflegedefizite und Empfehlungen für künftige Pflanzungen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 27, 12-19.

Reif A, Achtziger R (2000): Gebüsche, Hecken, Waldmäntel, Feldgehölze (Strauchformationen). In: Konold W, Böcker R, Hampicke U (Hrsg.): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege – 3. Erg.Lfg.* 11/00, ecomed, Landsberg, 45 S.

Springmann S, Morhart C, Spiecker H, Oelke M, Konold W, Seidl F, Mastel K (2010): Agroforstsysteme – eine Chance für Bewirtschafter, Natur und Landschaft. *AFZ-DerWald* 65(22), 24-25.

Tsonkova P, Mirck J, Böhm C, Fütz B, Freese D (2016): The lack of a clear definition of agroforestry hinders its acceptance in Germany. 3rd European Agroforestry Conference – Montpellier, 23-25 May 2016 Farmers' testimonies across Europe, 259-262.

Unsel R, Reppin N, Eckstein K., Zehlius-Eckert W, Hoffmann H, Huber T (2011): Leitfaden Agroforstsysteme. Möglichkeiten zur naturschutzgerechten Etablierung von Agroforstsystemen. Gefördert durch Bundesamt für Naturschutz (BfN), 48 S.

Weller F (1996): Streuobstwiesen. Herkunft, heutige Bedeutung und Möglichkeiten der Erhaltung. In: Konold W (Hrsg.): Naturlandschaft Kulturlandschaft. Die Veränderung der Landschaften nach der Nutzbarmachung durch den Menschen. ecomed, Landsberg, 137-160.

Weller F (2006): Streuobstwiesen. In: Konold W, Böcker R, Hampicke U (Hrsg.): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege – 18. Erg.Lfg. 2/06, ecomed, Landsberg, 42 S.

Agroforst-Standardtypen und deren Wahrnehmung – erste Ergebnisse

Rico Hübner^{1*}, Johanna Härtl¹, Wolfgang Zehlius-Eckert¹, Klaus Pukall²

¹Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung, Emil-Ramann-Str. 6, 85354 Freising

*Kontakt: T: 08161/714776 – F: 08161/714671 – E: rico.huebner@tum.de

²Technische Universität München, Lehrstuhl für Wald- und Umweltpolitik, Hans-Carl-v.-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising

1 Einleitung

Moderne Agroforstsysteme (im weiteren Verlauf mit „AFS“ abgekürzt) sind neuartige Landnutzungssysteme, zu denen teils sehr unterschiedliche Auffassungen bestehen, welche Formen hierunter fallen. Daher ist neben einer allgemeinen Definition auch eine systematische Typisierung notwendig. Darüber hinaus ist es für die Zukunftschancen dieses Landnutzungssystems von Interesse wie die Bevölkerung gegenüber AFS eingestellt ist, insbesondere da die Etablierung von AFS mit längerfristigen Veränderungen in der Landschaft einhergehen.

Der erste Teil dieses Beitrags umfasst die Herleitung und Definition von fünf Agroforst-Standardtypen. Die Festlegung auf Standardtypen für moderne, produktionsorientierte AFS soll es ermöglichen, verschiedene Analysen, Berechnungen und Modellierungen im Forschungsprojekt Innovationsgruppe AUFWERTEN („Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie“) durchzuführen. Die Ergebnisse sollen auf Systemebene miteinander vergleichbar gemacht werden (z.B. hinsichtlich Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Untersuchungen der Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion oder der Ermittlung von Vorteilen für Umwelt und Landschaft wie z.B. die landschaftsästhetische Wirkung). Ziel ist es, die Standardsysteme einer multikriteriellen, Aspekt übergreifenden Bewertung zu unterziehen.

Darauf aufbauend werden im zweiten Teil des Aufsatzes erste Ergebnisse einer Untersuchung der Wahrnehmung von AFS vorgestellt. Da hier Bürger bzw. in der Landschaftsbildbewertung ungeübte Laien befragt wurden, handelt es sich um eine sogenannte subjektbezogene Bewertung des Landschaftsbildes. Landschaftsausschnitte aus dem Untersuchungsgebiet im Landkreis Elbe-Elster im südwestlichen Brandenburg wurden durch Fotomontage mit verschiedenen gestalteten AFS versehen. Hierbei kamen die Agroforst-Standardtypen zum Einsatz. In einer Vor-Ort-Befragung wurden die Bildpräferenzen durch ein Ranking Verfahren abgefragt sowie weitere Informationen ermittelt.

2 Entwicklung von Standardtypen für Agroforstsysteme

2.1 Ziele für Agroforstsysteme und hieraus erwachsende Gestaltungsanforderungen

Praxis und Wissenschaft formulieren vielfältige Ziele für die Anlage von AFS. Für die Definition von Agroforst-Standardtypen wurden einerseits die Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen in den Bereichen Wirtschaftlichkeit (Wagner et al. 2009, Pecenka et al. 2014), Anbaupraxis und Risikominimierung, Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen (Tsonkova et al. 2014) und andererseits Rahmenbedingungen, die sich aus den gesetzlichen Vorschriften in Deutschland ergeben (Böhm et al. 2017), berücksichtigt. In der Folge ergeben sich unterschiedliche Anforderungen, die sich den Bereichen Wirtschaftlichkeit und Bereitstellung von Umweltleistungen zuordnen lassen.

2.1.1 Agrarwirtschaftliche Gestaltungsanforderungen

Allgemein anerkannte positive Effekte für die Landwirtschaft sind beispielsweise die Verminderung der Windgeschwindigkeit und die damit verbundene Verdunstungsreduktion bei zur Austrocknung neigenden Böden (Illner u. Gandert 1956), die Verminderung von Schneeausblasungen und damit eine reduzierte Gefahr von Frostschäden, Schneverwehungen.

Einen hohen Stellenwert für die gesellschaftliche und politische Akzeptanz in der Debatte um den Anbau nachwachsender Rohstoffe hat die Berücksichtigung möglicher lokaler oder regionaler Flächenkonkurrenzen zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion (Herbes et al. 2014). Diese können auftreten, werden hochproduktive Landwirtschaftsflächen mit hohen Anteilen von Gehölzstreifen ausgestattet. Auf produktiven Flächen erscheint es zunächst vorteilhaft, die wichtigsten ertragsrelevanten Effekte bezüglich Mikroklima und Windreduktion (Böhm et al. 2014) durch die Anlage von schmalen Gehölzstreifen, die im Kurzumtrieb bewirtschaftet werden, zu fördern. Diese können hinsichtlich Durchblasbarkeit, Himmelsausrichtung und Standortbedingungen weiter optimiert werden.

Bezüglich des Anteils der Gehölzfläche an der Ackerfläche besteht weitestgehend Gestaltungsfreiheit. Laut § 4 Abs. 1 InVeKoSV mit Bezug auf § 3 Abs. 1 Nr. 2 InVeKoSV ist die Schlagebene die kleinste landwirtschaftliche Flächeneinheit die geografisch erfasst wird und einen Nutzungscode erhält, beispielsweise „Niederwald im Kurzumtrieb“. Da AFS in der aktuellen behördlichen Praxis, mit Ausnahme von Streuobstflächen, nicht als Gesamtsystem betrachtet werden, ist der Gehölzflächenanteil nicht festgelegt. Es ist daher nicht notwendig im Rahmen der Typenfestlegung Vorgaben bezüglich der anteiligen Gehölzkulturfläche zu machen. Allerdings sollte der Grundsatz verfolgt werden, dass die landwirtschaftliche Hauptnutzung flächenmäßig dominiert, um im Rahmen der Agrarförderung berücksichtigt zu werden. Ein Gehölzflächenanteil von 2 bis 40 % erscheint hierbei realistisch.

Der Abstand zwischen den Streifen sollte nicht zu groß gewählt werden, da unmittelbar wirkende positive Effekte wie Windschutz vornehmlich in einem Bereich bis 100 m Entfernung belegbar sind (Böhm et al. 2014). Auf weniger produktiven Flächen, d.h. Grenzertragsstandorten und marginalen Flächen, stellt sich die ökonomische Situation für

standortangepasste AFS oftmals besser dar. Hier sind breitere Streifen daher ökonomisch sinnvoller (Stolarski et al. 2011, Schulze et al. 2016). Reihenabstände sollten sich an Standardarbeitsbreiten der Landwirtschaftspraxis ausrichten.

Im Zuge des „Greenings“ der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) sind Landwirte verpflichtet, einen Teil ihrer Flächen im Umweltinteresse zu nutzen. Soll eine Fläche, die als „Niederwald im Kurzumtrieb“ bewirtschaftet wird, als Ökologische Vorrangflächen (ÖVF) im Sinne einer Greening-Maßnahme dienen und stehen keine weiteren „im Umweltinteresse genutzten Flächen“ auf dem Betrieb zur Anrechnung zur Verfügung, wäre rechnerisch ein Anteil von ~17 % Gehölzfläche an der Ackerfläche notwendig, da der Anrechnungsfaktor bei lediglich 0,3 liegt.

Eine erste Orientierung für die Breite der Gehölzstreifen geben die Maßgaben für Hecken im Sinne von Landschaftselementen (LE). Zwar sind AFS keine beihilfefähigen LE im Sinne von *Cross Compliance*, dennoch erscheint es naheliegend, die gleichen Anforderungen wie an LE zu stellen damit diese unter allen (zukünftigen) Umständen Teil der beihilfefähigen Fläche bleiben und damit weiterhin förderfähig sind. Die berechtigte Angst, das AFS tatsächlich zu LE erklärt werden könnten ist insofern abzumildern, als dass es für die Beseitigung von LE Ausnahmeregelungen gibt. Bezüglich der Breite von LE darf gemäß § 8 AgrarZahlVerpflV, die definierte Durchschnittsbreite von 15 m für Hecken nicht überschritten werden. Für Feldgehölze, d. h. „überwiegend mit gehölzartigen Pflanzen bewachsene Flächen, die nicht der landwirtschaftlichen Erzeugung dienen“ werden Flächen von min. 50 m² bis höchstens 2.000 m² in die basisprämienberechtigte Fläche eingerechnet.

Die Mindestgröße für einen prämierten einzelnen Gehölzstreifen entspricht der Mindestgröße für eine landwirtschaftliche Parzelle im Sinne des Artikels 72 Abs. 1 der Verordnung (EU) Nr. 1306/2013 und liegt entweder bei 0,3 ha, wie es beispielsweise Sachsen und Brandenburg praktizieren, oder bei 0,1 ha wie in Thüringen oder Bayern. In ausgewählten Kulissen sind durch die Bundesländer auch noch kleinere Flächengrößen von 0,02 ha zugelassen.

Somit sollten die Gehölzstreifen, bei Ausschöpfung der Maximalbreite, die für Hecken als LE bindend ist, bei einer Fläche von 0,3 ha mindestens eine Länge von 200 m, bei Mindestflächen von 0,1 ha entsprechend 66 m, aufweisen. Teilflächen die kleiner sind dürfen aus beihilferechtlicher Sicht nicht zusammengezählt werden. Für den Landwirt ist vor allem die Gesamtfläche aus der Summe der Gehölzstreifen relevant um optimale Verwertungswege auszunutzen, da der Aufwand vor allem durch arbeitswirtschaftliche Faktoren geprägt ist. Die Feldgestaltung sowie resultierende Auswirkungen auf erforderliche Wendemanöver, Transportvorgänge und die Auslastung der Erntemaschine ist für die anfallenden Erntekosten entscheidend (Pecenka et al. 2014).

Ein weiterer Aspekt ist die Wahl der Umtriebszeit. Größere Stammdurchmesser erfordern einen Wechsel in der Erntetechnik von landwirtschaftlichen Ernteverfahren zu forstlichen Ernteverfahren; gleichzeitig eröffnen sich aber auch andere Nutzungsperspektiven, wie z.B. die Herstellung von Pflanzpählen für den Obstbau oder ingenieurbioökologisches Baumaterial für den Garten- und Landschaftsbau. Während die Mindestnutzungsdauer für Niederwald im Kurzumtrieb auf 5 Jahre und die Umtriebszeit auf maximal 20 Jahre festgelegt ist, verlangt die Erzeugung von Wertholz Umtriebszeiten von 60 Jahren und mehr. Hierfür gelten die gleichen Anforderungen wie für Streuobst, d.h. die „klassische“ landwirtschaftliche Tätigkeit muss im Vordergrund stehen. Bei der Anlage und Nutzung

von AFS mit Wertholz sind zudem weitere Beschränkungen zu beachten. So wird die Maximalzahl von 100 Bäumen/ha, welche laut Verordnung (EU) Nr. 640/2014 für mit Bäumen durchsetzte landwirtschaftliche Parzellen gilt, gemeinhin auch für Wertholz-AFS als bindend angesehen. Ferner sind vor dem Hintergrund der Baumnutzung regionale Gehölzschutzordnungen zu berücksichtigen.

2.1.2 Gestaltungsanforderungen zur Stärkung von Umweltleistungen

Grundsätzlich bietet der streifenförmige Anbau von Agrargehölzen – verglichen zum flächigen Anbau in Plantagen – Vorteile für die Umwelt und den Naturschutz. Dokumentierte positive Umweltwirkungen von AFS im abiotischen Umwelt- und Ressourcenschutz sind vielfältig (Unselde et al. 2011), beispielsweise durch die Produktion von O₂, den Entzug von CO₂ aus der Atmosphäre und die Anreicherung des Bodens mit organischem Kohlenstoff, die Verbesserung der Bodenstruktur sowie den Humusaufbau. Ein weiterer positiver Effekt ist die Verminderung der Winderosion in windgefährdeten, strukturarmen Landschaften oder die Verminderung der Wassererosion an Hängen und erosionsgefährdeten Lagen. Im biotischen Bereich sind die Gehölzanreicherung in strukturarmen Agrarlandschaften, sowie die Biotopvernetzung oder Steigerung der biologischen Vielfalt der Agrarlandschaft (Insekten, Vögel, etc.) grundsätzlich durch AFS jeglicher Art leistbar. Auch die Jägerschaft verspricht sich positive Effekte beispielsweise in Bezug auf das Niederwild.

Im Hinblick auf eine naturschutzfachliche Zielsetzung können AFS weiter optimiert werden, etwa durch gezielte Pflanzung seltener Gehölze oder gefährdeter Sorten, Verwendung heimischer Arten, Stärkung der Funktion als Bienenweide anhand von Trachtwerttabellen, oder allgemein eine gezielte Optimierung des Gesamtsystems hinsichtlich Zielarten oder Artengruppen. Wie bereits angeführt ist es möglich, AFS als ÖVF anzuerkennen. Unter den damit verbundenen Auflagen zu einer extensiven Bewirtschaftung mit positiven Umwelteffekten (Verzicht auf mineralische Düngung und Pflanzenschutzmittel) sind insbesondere die Beschränkungen der Gehölzarten auf 12 einheimische Arten sowie Kreuzungen der gelisteten Pappeln und Weiden mit anderen Arten dieser Gattungen laut Anlage 1 (zu §§ 3 und 30 Absatz 1 DirektZahlDurchfV) relevant für die gestalterischen Möglichkeiten bzw. das Erscheinungsbild. Heimische Baumarten werden für naturschutzfachlich orientierte AFS gefordert, jedoch bleiben diese in wirtschaftlicher Hinsicht im Kurzumtrieb meist hinter den leistungsstarken Kultursorten zurück. Somit bietet es sich an, AFS aus heimischen Arten und hochproduktiven Kultursorten zu kombinieren wobei hier der Status als ÖVF gegebenenfalls aufgegeben werden muss, wenn die zulässigen Arten nicht die antizipierten Erträge liefern.

Charakterprägend für ein AFS ist die Wahl der Umtriebszeit. Tatsächlich stellen sich einige positive Effekte für Natur- und Umwelt erst bei längeren Umtriebszeiten ein, jedoch sind der erntebedingten Störungen in der Vegetationsentwicklung auch positive Effekte zuzuschreiben, beispielsweise bezüglich der Förderung verschiedener schützenswerter Vogelarten der Agrarlandschaft. Bei Verlängerung der Umtriebszeit auf >10 Jahre und der damit verbundenen Verkahlung und Verdunklung im Inneren werden vor allem ubiquitäre Waldarten gefördert. Auch die Fähigkeit zum Stockausschlag nimmt dann bei einigen Arten ab. Bei kürzerem Umtrieb werden Arten gefördert, die typisch für die Hecken bzw. die Agrarlandschaft sind. Ein naturschutzfachlich orientiertes AFS könnte bspw. anhand von Zielarten gestaltet werden.

Bezüglich der landschaftsästhetischen Wirkung spielt die Ausstattung des jeweiligen Landschaftsausschnitts mit bildprägenden Strukturen einerseits und die konkrete Gestaltung des AFS andererseits eine Rolle. Gestalterisch ermöglichen es AFS, durch menschlichen Einfluss stark beeinträchtigte Landschaftsräume insgesamt ästhetisch aufzuwerten. Ist ein Landschaftsausschnitt – bzw. ein vom Betrachter einsehbarer Bereich – bereits von sehr hoher landschaftsästhetischer Qualität, so ist durch das AFS unter Umständen keine Qualitätssteigerung möglich. Im Gegenteil, durch den Plantagencharakter der Anpflanzungen kann auch die landschaftsästhetische Qualität gemindert werden. Positive Gestaltungsmöglichkeiten beinhalten die gezielte Verdeckung bzw. Einsäumung von störenden Elementen, eine gestaffelte Ernte bzw. Teilschlagbeerntung, eine Durchmischung der Baum- und Straucharten unter Einsatz von schönblühenden Arten, oder das Anlegen von Säumen.

Obwohl der Schutz des Landschaftsbildes nach § 1 Abs. 1 BNatSchG Ziel des Naturschutzes ist (dauerhafte Sicherung von Vielfalt, Eigenart und Schönheit der Landschaft), sind gesetzliche Regelungen zur Anlage von AFS bezüglich ihrer ästhetischen Wirkung von untergeordneter Bedeutung. Wesentlich stärker nehmen eine Reihe von Abstandsregelungen und das Nachbarschaftsrecht auf Ebene der Bundesländer Einfluss auf die Anlage von Agrarholzstreifen. Darüber hinaus sind die Gestaltungsmöglichkeiten durch die Liste der in Deutschland zugelassenen beihilfefähigen Gehölze gemäß Bekanntmachung Nr. 05/10/31 der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (geänd. durch Bekanntmachung Nr. 15/10/31 vom 17.12.2010) beschränkt. Bezüglich „Niederwald mit Kurzumtrieb“ wurde die Liste 2014 in die DirektZahlDurchfV (Anlage 1 zu §§ 3 und 30) übernommen. Gleiches gilt für den maximalen Erntezyklus von 20 Jahren. Darüber hinaus können die GehölzSchVO der Kommunen bzw. der Landkreise eine Rolle spielen, da Ernte und Flächenrückumwandlung zukünftig genehmigungsbedürftig werden können, wenn die Bäume einen gewissen Mindestdurchmesser übersteigen (ist je nach GehölzSchVO verschieden). Hierfür sind entsprechende Änderungen bzw. Ergänzungen zu formulieren.

2.2 Agroforst Standardsysteme

Aus den oben dargestellten Anforderungen aus der Agrarwirtschaft und Agrarpolitik, den Zielen zur Erbringung von Umweltleistungen sowie der Definition für sogenannte Agroforstschläge wurden in einem iterativen Prozess zwischen Experten der unterschiedlichen Fachrichtungen folgende fünf AFS-Standardsysteme erstellt (Tab. 1).

Tabelle 1: Übersicht zu Agroforst-Standardsystemen

Typ	Zielstellung	Gestaltung	Umtriebszeit
AFS I	Ökonomisch orientiertes AFS mit kurzer Umtriebszeit	100 % Pappel, Weide o. Robinie	4 Jahre
AFS II	Ökonomisch orientiertes AFS mit langer Umtriebszeit	100 % Pappel o. Robinie	12 Jahre
AFS III	Ästhetisch und naturschutzfachlich orientiertes AFS mit kurzer Umtriebszeit	30 % heimische Baum- und Straucharten	4 Jahre
AFS IV	Ästhetisch und naturschutzfachlich orientiertes AFS mit langer Umtriebszeit	30 % heimische Baum- und Straucharten	12 Jahre
AFS V	Wertholzsystem mit langer Umtriebszeit	mindestens 2 Baumarten	60 Jahre

Die Definition eines Agroforstschlages wurde im Forschungsprojekt AUFWERTEN entwickelt (vgl. Beitrag von Böhm et al. in diesem Tagungsband): *„Ein Agroforstschlag ist eine landwirtschaftliche Parzelle, auf der ein Agroforstsystem etabliert ist, wobei der Anteil der Gehölzkulturfläche an der Gesamtläche der landwirtschaftlichen Parzelle zwischen 2 und 40 % und der Abstand zwischen zwei Gehölzkulturflächen bzw. zwischen Parzellenrand und der diesem am nächsten gelegenen Gehölzkulturfläche maximal 100 m beträgt.“*

Dass einige der angesprochenen Gestaltungsanforderungen in der Beschreibung der Standardsysteme letztlich unberücksichtigt geblieben sind, schließt jedoch nicht aus, dass diese Aspekte in der Anwendung im Forschungsprojekt noch Berücksichtigung finden. Die fünf Standardsysteme sind als rahmengebend für das Projekt AUFWERTEN zu verstehen. Sie können durch weitere Detailaspekte wie z.B. Sortenwahl, Pflanzabstände oder Begleitmaßnahmen untersetzt werden.

3 Bewertung des Landschaftsbildes

3.1 Notwendigkeit einer Bewertung durch Bürger

Durch den Boom der nachwachsenden Rohstoffe (NaWaRo) in Deutschland, beginnend 2003, sind Veränderungen in der Landschaft mittlerweile flächendeckend aufgetreten. Dies hatte zur Folge, dass in den vergangenen Jahren ein verändertes, teils negatives Meinungsbild zum NaWaRo-Anbau festzustellen ist (Wustenhagen et al. 2007, Bosch u. Peyke 2011). Der Wahrnehmung der umgebenden Landschaft kommt wiederum in der Meinungsbildung eine tragende Rolle zu. AFS stellen hierbei keine Ausnahme dar, sodass frühzeitig das Augenmerk auf die gesellschaftliche Meinungsbildung gelegt werden sollte. Die Mehrzahl der einschlägigen Quellen behandeln jedoch die landschaftsästhetische Wirkung von Kurzumtriebskulturen (z.B.: Hildebrandt u. Ammermann 2010, Kirchhoff 2014, Tröger et al. 2014). Für AFS getroffene Aussagen zu den landschaftsästhetischen Auswirkungen sind allgemein gefasst und wenig systematisiert (Schumann 2005). Kirchhoff (2014) verweist auf den Umstand, dass AFS in ihrer landschaftsästhetischen Wirkung sehr von der Gestaltung abhängen und *„dass eine differenzierte [...] Analyse erforderlich wäre“*.

3.2 Methodik der subjektbezogenen Landschaftsbildbewertung

Bei der Befragung zur Beurteilung der Landschaft soll die Präferenz der Anwohner ergründet werden. Hierbei handelt es sich um eine subjektive Wahrnehmung und die Ergebnisse sind daher nicht als objektive Eigenschaft der Landschaft zu verstehen (Hunziker et al. 2008).

3.2.1 Hypothesenbildung

Gehölze haben generell eine hohe Bedeutung für das Erscheinungsbild einer Landschaft (Wöbse 2002, Reppin u.d. Augenstein 2017). Es ist davon auszugehen, dass eine unterschiedliche landschaftsästhetische Qualität auch verschiedene Reaktionen bezüglich der Befürwortung oder Ablehnung hervorruft. Bei zunehmendem Grad der Natürlichkeit einer Ausgangslandschaft kann ein neu eingeführtes land- oder forstwirtschaftliches Produktionssystem störend wirken (Wöbse 2002).

Ein wichtiger Aspekt für die Beurteilung einer Landschaft ist die Gehölzdichte bzw. die wahrgenommene Offenheit der Landschaft. Ein beachtenswertes Konzept ist dabei die „Kammerung der Landschaft“ (Augenstein 2002). Dieses geht davon aus, dass eine Untergliederung der Landschaft in kleinere in sich mehr oder weniger geschlossene Teilräume, den Betrachter in eine Landschaft einladen und das Bedürfnis wecken, diese zu erkunden, da nicht die gesamte Landschaft überblickt werden kann. Andererseits darf eine Landschaft auch nicht zu komplex werden, da gemäß dem Information-Processing-Model (Kaplan u. Kaplan 1989) auch Informationsqualität und die „Lesbarkeit der Landschaft“ gegeben sein soll. Ab einem vom Probanden abhängigen persönlichen Schwellenwert bewirkt eine weitere Erhöhung des Gehölzanteils daher eine Ablehnung, da die Landschaft als bedrückend bzw. einengend wahrgenommen werden kann (Hypothese 1). Der Grad der Kammerung kann beispielsweise anhand von Geodaten objektiv gemessen werden – die Reaktion des Einzelnen kann dagegen höchst unterschiedlich ausfallen (Hübner et al. 2016).

Eine kontinuierliche Erhöhung des Gehölzanteils verändert die Agrarlandschaft von einem eher offenen, savannenartigen Charakter hin zum geschlossenen Wald, der damit nicht mehr der Ideallandschaft entspricht. Hierbei bieten diverse Habitattheorien gute Erklärungsansätze (siehe: Savannen-Hypothese von Oriens (1986), oder die Prospect-Refuge Theorie von Appleton (1975)). Als zweites wurde daher überprüft, ob AFS in gehölzreichen Landschaften überwiegend abgelehnt werden (Hypothese 2).

Hypothese 3 beruht auf Annahmen zum möglichen landschaftsästhetischen Aufwertungspotential durch AFS aufgrund einer geeigneten Platzierung. Hierfür können gezielt angepflanzte Gehölzstreifen als störend empfundene Elemente in der Landschaft gezielt verdecken und dadurch die Landschaft insgesamt ästhetisch aufwerten.

Auch das äußere Erscheinungsbild kann hinsichtlich einer Befürwortung oder Ablehnung von AFS eine große Rolle spielen. Hieraus leitet sich Hypothese 4 ab, dass künstlich wirkende oder stark einförmig gestaltete AFS negativer beurteilt werden als natürlich wirkende Formen. So kommt Lindenau (2002) in seiner Untersuchung zu dem Schluss, dass schematische, streng geometrischen Formen folgende Anlagen bei der Anpflanzung von Gehölzen vermieden werden sollten.

Der Flächenanteil der Gehölze in der Landschaft, Besonderheiten wie Blühaspekte, verschiedene Ausprägungen durch die Bewirtschaftung und jahreszeitliche Veränderungen sind auch von Laien und oft aus weiterer Entfernung wahrnehmbar. Eine hohe Vielfalt und Abwechslungsreichtum wird insbesondere auch von Erholungssuchenden geschätzt. Lindenau (2002) stellte in seiner Studie zur Agrarlandschaftsentwicklung fest, dass Bilder mit einer hohen Vielfalt an Gehölzstrukturen (Einzelbäume, Feldgehölze, Alleen, Hecken, etc.) besonders positiv bewertet wurden. Eine Anreicherung der Landschaft mit vielfältigen Gehölzstrukturen wird daher positiv aufgenommen (Hypothese 5). Für beide Hypothesen (Nr. 4 und 5) spricht, dass neben den rein optischen Kriterien beispielsweise auch Vogelgezwitscher, schöne Blühaspekte, essbare Früchte oder wohlriechende Düfte mit Gehölzen assoziiert werden. Diese als angenehm empfundenen Reize sind jedoch eher bei natürlichen oder natürlich wirkenden AFS zu erwarten, sodass zu vermuten ist, dass diese auch in der Bildauswahl präferiert werden.

Bezüglich der subjektbezogenen Landschaftsbildbewertung von AFS bestehen derzeit noch wenige Erfahrungen. Vielfach befinden sich AFS noch in der Phase des

Demonstrations- und Versuchsfeldbaues, sodass eine verallgemeinerbare Wirkung auf das Landschaftsbild bzw. persönliche Erfahrungen mit AFS vielfach noch nicht eingetreten sind (Röhrich et al. 2011). Energieholzstreifen stellen daher etwas Neues in der Landschaft dar. Wertholzbäume erinnern dagegen eher an positiv konnotierte Streuobstanlagen. Es wird deshalb erwartet, dass Wertholzanlagen den Energieholzstreifen vorgezogen werden (Hypothese 6).

Tabelle 2 fasst die sechs Hypothesen zur Wahrnehmung von AFS in unterschiedlichen Landschaften zusammen:

Tabelle 2: Übersicht zu Untersuchungshypothesen

Hypothese	Zielstellung
1	AFS in strukturarmen Landschaften werden als ästhetische Aufwertung empfunden. Ab einem Schwellenwert bzgl. des Gehölzanteils wird eine weitere Erhöhung negativ beurteilt.
2	AFS in sehr gehölzreichen Landschaften werden überwiegend abgelehnt.
3	Gehölzstreifen können als störend empfundene Elemente in der Landschaft gezielt verdecken und dadurch die Landschaft ästhetisch aufwerten.
4	Künstlich wirkende oder stark einformig gestaltete AFS werden negativer beurteilt als natürlich wirkende Formen.
5	Eine Anreicherung der Landschaft mit vielfältigen Gehölzstrukturen wird positiv aufgenommen.
6	Wertholzbäume erinnern an positiv konnotierte Streuobstanlagen. Daher werden Wertholzanlagen den Energieholzstreifen vorgezogen, da diese etwas Neues in der Landschaft darstellen.

3.2.2 Design und Durchführung der Befragung

Unter Berücksichtigung der Agroforst-Standardsysteme und der zugrundeliegenden Hypothesen zur Wahrnehmung des Landschaftsbildes wurden mittels Bildbearbeitungssoftware Fotomontagen erstellt. Als Grundlage dienten Fotografien von Landschaften in der Modellregion des Forschungsprojektes AUFWERTEN (Stadt Finsterwalde, Stadt Sonnewalde und Amt Kleine Elster im südbrandenburgischen Landkreis Elbe-Elster). Dabei wurden verschiedene regionale Merkmale der Landschaft berücksichtigt. Für die Agrarholzstreifen wurden Aufnahmen von Gehölzen unterschiedlichen Alters und Zusammensetzung von verschiedenen Standorten in Süddeutschland verwendet.

Die Bilder (Druck auf Fotopapier im DIN A4-Format) wurden den Versuchsteilnehmern gezeigt. Zusätzlich zur Präferenzabfrage für jede Bildserie wurde in Form einer offenen Frage nach Gründen für die Bewertung gefragt. Es wurde davon ausgegangen, dass die Teilnehmer nicht nur nach ästhetischen Kriterien urteilen, sondern auch moralische und autobiographische Gesichtspunkte eine stärkere Rolle spielen.

Die Befragung von 93 Anwohnern und Touristen (52 w., 41 m.), d. h. Laien in der Landschaftsbildbewertung, fand im September 2015 als Zielgebietsstudie an sieben Standorten in der Modellregion statt.

3.3 Ergebnisse der Bildpräferenzen

3.3.1 Bewertung variabler Gehölzflächenanteile (AFS I: Ökonomisch orientiertes AFS, kurze Umtriebszeit)

Für die Befragung wurde in den Fotomontagen der Anteil der Gehölzfläche (Pappel) an einer Ackerfläche mit 6,1 Hektar Größe variiert (Abb. 1), wobei der Reihenabstand bei Bild c mit 10 % Gehölzanteil bei 96 m bzw. bei Bild d mit 20 % Anteil bei 48 m liegt. Verwendet werden Gehölzstreifen vom Typ AFS I, die zu 100 % aus Pappel, Weide oder Robinie bestehen und deren Umtriebszeit bei bei 4 Jahren liegt.



Abbildung 1: Visualisierung von AFS I zum Vergleich des Ist-Zustands a) gegenüber AFS aus einer Gehölzart (Pappel) mit variablen Gehölzflächenanteilen an der Ackerfläche gestaffelt von b) 5 %, c) 10 % und d) 20 % Anteil.

Die geäußerten Präferenzen zu Abbildung 1 ergaben, dass es zwei Gruppen gibt. Befürworter von AFS bzw. Anhänger strukturreicher Landschaften vergaben für Bild d mit hohen Gehölzanteilen die höchste Präferenz (~36,6 %) wohingegen tendenzielle Ablehner von AFS bzw. Anhänger einer „weiten, offenen Landschaft“ die Ausgangssituation in Bild a am besten bewerteten (~29 %). Insgesamt betrachtet, d. h. bei Zusammenzählen des 1. und 2. Ranges erhielten die mit moderaten Gehölzanteilen von 5 % bzw. 10 %, die höchste Zustimmung. Bild b wurde von ~60 % der Umfrageteilnehmer auf Rang 1 und 2 gesehen, Bild c sogar von ~64,5 %.

3.3.2 Bewertung der Verdeckung (AFS II: Ökonomisch orientiertes AFS, lange Umtriebszeit)

Wird die Umtriebszeit der Gehölze verlängert, kann die Verdeckung störender Elemente in der Landschaft optimiert werden. Gemäß der Definition für Typ AFS II kommt Pappel oder Robinie in Betracht, wobei die Umtriebszeit 12 Jahre beträgt. Für die Befragung wurde die technisch und artifiziell wirkende Randbebauung eines Landwirtschaftsbetriebes mit Biogasanlage, Blechdachflächen und Solaranlage durch Agrarholzstreifen verdeckt (Abb. 2).



Abbildung 2: Visualisierung von AFS II mit Pappel und Robinie zum Vergleich der Verdeckung „unästhetischer Elemente“ durch AFS: e) Ist-Zustand und f) mehrjähriges AFS.

Die Verdeckung „unästhetischer Elemente“ in der Landschaft durch Agroforststreifen wird mit ~82,8 % aller Nennungen auf Rang 1 eindeutig begrüßt. Hypothese 3, dass

Gehölzstreifen störende Elemente in der Landschaft gezielt verdecken können und dadurch die Landschaft ästhetisch aufwerten, kann somit bestätigt werden. Für die Hälfte der Befragten standen ästhetische Faktoren für die Begründung ihrer Entscheidung im Vordergrund. Dennoch stuften einige Umfrageteilnehmer (~17,2 %) den Ist-Zustand in Bild e besser ein und begründeten dies zumeist mit der Offenhaltung der Landschaft.

3.3.3 Bewertung der Gehölzartenmischung (AFS III: Ästhetisch und naturschutzfachlich orientiertes AFS, kurze Umtriebszeit)

Wesentliches Gestaltungselement bei der Erstellung eines ästhetisch und naturschutzfachlich orientierten AFS ist die Durchmischung der Baumarten. Bei der Gestaltung von Typ AFS III kommen 30 % heimische Baum- und Straucharten zum Einsatz. Die Umtriebszeit beträgt 4 Jahre (Abb. 3).



Abbildung 3: Visualisierung von AFS III zum Vergleich der Wirkung des Ist-Zustands (g) gegenüber AFS mit unterschiedlichen Gehölzanteilen mit h) 100 % Pappel, i) 20 % Anteil anderer Gehölze (Weide) und j) einer Durchmischung von vier Gehölzarten (Pappel, Robinie, Weide, Schwarzerle) mit 25 % Flächenanteil.

Ziel der Bildserie in Abbildung 3 war es herauszufinden, inwiefern die befragten Personen in der Modellregion eine höhere Durchmischung von Gehölzen im Gegensatz zu nur einer Gehölzart bevorzugen (Hypothesen 4 und 5). Tatsächlich ergaben die Umfrageergebnisse, dass eine Durchmischung der Gehölze im Gegensatz zur Verwendung von nur einer Gehölzart tendenziell befürwortet wird. Das Bild mit der höchsten Durchmischung mit vier Gehölzen (Bild j) gefiel sehr vielen Umfrageteilnehmern spontan am besten (~52,7 % auf Rang 1). Die Ausgangssituation in Bild g wurde von ~61,3 % der Befragten auf den letzten Rang eingeordnet, von ~32,3 % dagegen auf den ersten Platz. Es zeigt sich also auch in dieser Bildreihe eine deutliche Zweiteilung der Umfrageteilnehmer, die sich in den beiden Extremen am prominentesten ausbildet. Die zugrundeliegende Hypothese 4, dass stark einförmige AFS negativer beurteilt werden, kann mit den Ergebnissen bestätigt werden.

3.3.4 Bewertung der gestaffelten Ernte und Durchmischung der Gehölze (AFS IV: Ästhetisch und naturschutzfachlich orientiertes AFS, lange Umtriebszeit)

Neben 30 % heimischen Baum- und Straucharten wurde für Typ AFS IV eine Umtriebszeit von 12 Jahren festgelegt (Abb. 4, Bild n). Darüber hinaus wurde, um die Lebensraumfunktion für bestimmte Tierarten kontinuierlich zu gewähren bzw. Rückzugsräume für das Wild zu schaffen, eine gestaffelte Ernte vorausgesetzt (Bild l).

Sehr starke Zustimmung wurde zur gestaffelten Ernte von Agroforststreifen geäußert (Bild l). Dieser Gestaltungsmöglichkeit liegt die Hypothese 4 zugrunde, dass stark einförmige AFS unter Umständen negativer beurteilt werden. Dass ~87,1 % diese Variante gegenüber dem Bild mit einförmiger Struktur präferierten, zeigt die Popularität dieser Maßnahme.



Abbildung 4: Visualisierung zum Vergleich der Wirkung von Gehölzstreifen einheitlichen Alters (k) gegenüber der gestaffelten Ernte (l) am Beispiel eines Pappelstreifens.

Auch die in Abbildung 5 (Bild n) dargestellte naturschutzfachliche Variante mit längeren Erntezyklen (Typ AFS IV) und ungleichen Aufwuchshöhen durch unterschiedliche Erntejahre sowie einer teilweisen Durchmischung der Gehölze erhielt ~76,3 % der Nennungen und lag somit auf Rang 1, d.h. sie wird deutlich der Ist-Situation vorgezogen (Bild m). Die Hypothese 5, dass die Anreicherung der Landschaft mit vielfältigen Gehölzstrukturen positiv aufgenommen wird, kann bestätigt werden.



Abbildung 5: Visualisierung zur Wirkung der Anlage eines ästhetisch und naturschutzfachlich orientierten AFS IV mit 8-jährigen Pappeln sowie einem gemischten Streifen aus Pappel, Robinie und Weide (n) gegenüber dem Ist-Zustand (m).

3.3.5 Vergleichende Bewertung von Energieholzstreifen und Wertholzbeständen (AFS V: Wertholzsystem, lange Umtriebszeit)

Abschließend sollte mit der Bildserie in Abbildung 6 geklärt werden wie streifenförmige Energieholzflächen (Bild p: AFS I, 100 % Pappel, Reihenabstand 96 m) bei einer Gegenüberstellung mit einem Wertholzsystem (Bild q, AFS V, aufgeastete Kirschbäume, 48 m Pflanzschema) wahrgenommen werden. Die Gestaltung von AFS IV mit Wertholz beinhaltet die Verwendung von mindestens zwei Baumarten. Die Umtriebszeit wird mit rund 60 Jahren angesetzt.



Abbildung 6: Visualisierung zur Bewertung der Wirkung von Energieholzstreifen p) und Wertholzproduktion mit Kirschen (q) gegenüber dem Ist-Zustand (o).

Das Wertholzsystem wurde im Rankingverfahren durch die Befragungsteilnehmer höher als die Ausgangssituation und deutlich höher als das Energieholzsystem angesiedelt. 53,8 % der Personen platzierten Bild q auf Rang 1 verglichen zu ~10,8 % der Personen, die Bild p am höchsten bewerteten. Dies entsprach auch der zugrundeliegenden Hypothese, d.h. dass das Wertholzsystem tendenziell besser bewertet wird. Aber auch eine gewisse Ablehnung beider Systeme war zu verzeichnen. Dies äußerte sich darin,

dass die Ausgangssituation ebenfalls eine hohe Zustimmung erhielt. Etwa 35,5 % präferierten die Ist-Situation auf Rang 1.

3.4 Fazit zu den ersten Ergebnissen der Landschaftsbildbewertung

Die Effekte unterschiedlich gestalteter AFS auf das Landschaftsbild werden differenziert eingeschätzt. Insgesamt werden landschaftsästhetisch und naturschutzfachlich orientierte Systeme (AFS III und IV) besser bewertet.

Es gibt aber auch einen relevanten Anteil der Befragten (ca. 30 bis 35 %), der Veränderungen auf den Fotomontagen durch die hinzugefügten Gehölzstreifen vom Typ AFS I und AFS II insgesamt eher kritisch sieht. Die Präferenz für eine weite, offene Landschaft oder der ungestörte Blick in diese werden bei mehreren Bildreihen als Begründung der Ablehnung genannt. Die Ablehnung ist aber weniger ausgeprägt (ca. 17 bis 24 %) sobald gezielte Gestaltungsaspekte wie die Verdeckung von unästhetischen Elementen, Gehölzdurchmischung oder Teilschlagbeerntung angewendet werden.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich zumindest für das Modellgebiet des Forschungsprojektes AUFWERTEN die Empfehlung ableiten, einen Gehölzanteil von 5 bis 10 % nicht zu überschreiten, um zu vermeiden, dass AFS in der Untersuchungsregion von einem zu hohen Anteil von Bürgern abgelehnt werden. Ästhetisch besonders ansprechende AFS wurden von den Teilnehmern im Landschaftsbild positiv aufgenommen und könnten aus diesem Grund auch mit größeren Flächenanteilen angelegt werden.

Wie in den meisten Teilen Deutschlands fehlen auch den Bürgern in der Modellregion persönliche Erfahrungen mit Agroforstsystemen, weil diese dort bislang nicht etabliert sind. Wenn das gewohnte Umfeld Veränderungen unterworfen wird, braucht es eine gewisse Zeit, sich an die Veränderungen zu gewöhnen. Dies könnte eine Komponente sein, die für die überraschend hohe Zustimmung zum Ist-Zustand in einigen Bildserien verantwortlich ist. Im Laufe der Zeit können sich Vorbehalte gegenüber Neuerungen in der Landschaft durch persönliche Erfahrungen verändern. Gleichzeitig kann es zu einem gesellschaftlichen Diskurs kommen, der das Meinungsbild zusätzlich in Richtung Akzeptanz oder Ablehnung von AFS beeinflussen kann.

Dadurch, dass die abgegebenen Präferenzen teilweise konträr erscheinen, wird die weitere Auswertung des vorhandenen Datensatzes bezüglich den abgegebenen begründenden Kommentaren notwendig, um abschließend herauszufinden, welche Rolle die persönlichen Beweggründe und Bewertungslogiken der Umfrageteilnehmer spielen.

Festzuhalten bleibt abschließend, dass die Berücksichtigung der landschaftsästhetischen Wirkung zwar nur einen Teilbereich in der multikriteriellen Bewertung einnimmt, jedoch vor dem Hintergrund der teilweise heftig geführten Debatte um die Veränderung der Landschaft durch den vermehrten Anbau nachwachsender Rohstoffe einen Aspekt mit hoher Relevanz darstellt. Landschaftsästhetische Gesichtspunkte und die damit verbundene Wahrnehmung der Bürger sollten bei der Konzeption von AFS in Deutschland auf jeden Fall berücksichtigt werden, um Akzeptanz zu fördern und Ablehnung vorzubeugen.

Danksagung

Wir danken den Anwohnern und Besuchern der Untersuchungsregion für ihre bereitwillige Teilnahme an der Befragung. Das Projekt wurde gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Verbundprojektes „Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie“ (FKZ: 033L129AN).

Literatur

Appleton J (1975): *The Experience of Landscape*. John Wiley & Sons, London.

Augenstein I (2002): *Die Ästhetik der Landschaft, Ein Bewertungsverfahren für die planerische Umweltvorsorge*. Weißensee-Verlag, Berlin,.

Böhm C, Kanzler M, Freese D (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforestry Systems* 88, 579-591.

Böhm C, Tsonkova P, Albrecht E, Zehlius-Eckert W (2017): Zur Notwendigkeit einer kontrollfähigen Definition für Agroforstschläge. *Agrar-und Umweltrecht* 1/2017,7-12.

Bosch S., Peyke G (2011): Gegenwind für die Erneuerbaren – Räumliche Neuorientierung der Wind-, Solar- und Bioenergie vor dem Hintergrund einer verringerten Akzeptanz sowie zunehmender Flächennutzungskonflikte im ländlichen Raum. *Raumforschung und Raumordnung* 69, 105-118.

Herbes C, Jirka E, Braun JP, Pukall K (2014): Der gesellschaftliche Diskurs um den „Maisdeckel“ vor und nach der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2012. *GAIA*.

Hildebrandt C, Ammermann K (2010): *Energieholzanbau auf landwirtschaftlichen Flächen. Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt*. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Kompetenzzentrum für erneuerbare Energien (KEN).

Hübner R, Busch G, Augenstein I (2016): *Landscape Metrics Calculation*. EURAF, Montpellier: SupAgro.

Hunziker M, Felber P, Gehring K, Buchecker M, Bauer N, Kienast F (2008): Evaluation of landscape change by different social groups - Results of two empirical studies in Switzerland. *Mountain Research and Development* 28, 140-147.

Illner K, Gandert K-D (1956): *Windschutzhecken - Anlage, Pflege, Nutzung*. Deutscher Bauernverlag.

Kaplan R, Kaplan S (1989): *The experience of nature - A psychological perspective*, Cambridge University Press.

Kirchhoff T (2014): *Energiewende und Landschaftsästhetik - Versachlichung ästhetischer Bewertungen von Energieanlagen durch Bezugnahme auf drei intersubjektive Landschaftsideale*. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 46, 010-016.

Lindenau G (2002): *Die Entwicklung der Agrarlandschaften in Südbayern und ihre Beurteilung durch die Bevölkerung*. Franziska Land Verlag, Berlin.

- Orians GH (1986): An ecological and evolutionary approach to landscape aesthetics. In: Penning-Rowsell EC, Lowenthal D (Hrsg.): Landscape meanings and values. Allen and Unwin, London.
- Pecenka R, Schweier J, Lenz H (2014): Was kostet die Ernte von KUP? Praxiserprobte Erntetechnologien im Vergleich. 20. Fachtagung „Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“, Dresden.
- Reppin N, Augenstein I (2017): Zur Gestaltung von Agrarholzflächen unter landschaftsästhetischen Gesichtspunkten. In: Veste M., Böhm C. (Hrsg.): Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft - Biologie - Ökologie - Management. Springer Spektrum, Berlin, im Druck.
- Röhricht C, Grunert M, Ruscher K (2011): Feldstreifenanbau schnellwachsender Baumarten. Schriftenreihe: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.
- Schulze J, Gawel E, Nolzen H, Weise H, Frank K (2016): The expansion of short rotation forestry: characterization of determinants with an agent-based land use model. GCB Bioenergy.
- Schumann F (2005): Landnutzungsalternative Agroforstwirtschaft. Ländlicher Raum 29.
- Stolarski MJ, Szczukowski S, Tworkowski J, Klasa A (2011): Willow biomass production under conditions of low-input agriculture on marginal soils. Forest Ecology and Management 262, 1558-1566.
- Tröger M, Denner M, Glaser T (2014): Entwicklung einer Methodik zur Beurteilung der Eignung von Ackerflächen für Kurzumtriebsplantagen im Einklang mit dem Naturschutz - getestet am Beispiel des Landkreises Görlitz. LfULG Schriftenreihe.
- Tsonkova P, Quinkenstein A, Bohm C, Freese D, Schaller E (2014): Ecosystem services assessment tool for agroforestry (ESAT-A): An approach to assess selected ecosystem services provided by alley cropping systems. Ecological Indicators 45, 285-299.
- Unsel R, Reppin N, Eckstein K, Zehlius-Eckert W, Hoffmann H, Huber T (2011): Leitfaden Agroforstsysteme - Möglichkeiten zur naturschutzgerechten Etablierung von Agroforstsystemen. Bundesamt für Naturschutz.
- Wagner P, Heinrich J, Kröber M, Schweinle J, Große W (2009): Ökonomische Bewertung von Kurzumtriebsplantagen und Einordnung der Holzerzeugung in die Anbaustruktur Landwirtschaftlicher Unternehmen. In: Reeg T, Bemmann A, Konold W, Murach D, Spiecker H (Hrsg.) Anbau und Nutzung von Bäumen auf Landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, S. 135-145.
- Wöbse HH (2002): Landschaftsästhetik: Über das Wesen, die Bedeutung und den Umgang mit landschaftlicher Schönheit. Ulmer, Stuttgart.
- Wustenhagen R, Wolsink M, Burer MJ (2007): Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. Energy Policy 35, 2683-2691.

Konzeption eines Agroforst-Modellvorhabens für das Löwenberger Land (Brandenburg)

Paul Hofmann*, Dorina Hübner-Rosenau, Ralf Bloch, Tobias Cremer

Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstraße 1, 16225 Eberswalde
Kontakt: E: paul.hofmann@posteo.de; dorina.huebner-rosenau@hnee.de;
ralf.bloch@hnee.de; tobias.cremer@hnee.de

1 Einleitung

Obwohl zahlreiche Forschungsergebnisse belegen, dass Agroforstsysteme potentiell zum Klimaschutz, Erosionsschutz, zur Verhinderung von Nährstoffauswaschungen und zum Aufbau von Bodenfruchtbarkeit beitragen können (u.a. Quinkenstein et al. 2009, Aßmann u. Oelke 2010, Huber et al. 2013) mangelt es in Deutschland bislang noch an der Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis. Gründe hierfür sind u.a. fehlende regionale Anschauungsobjekte (Modell- und Demonstrationsvorhaben), aber auch die nach wie vor fehlende Thematisierung von Agroforstsystemen in Ausbildung und Studium.

Um hierfür Lösungsansätze zu erarbeiten, wurde der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE) von einem an der Entwicklung von Agroforstsystemen interessierten Eigentümer eine ca. 30 ha große Projektfläche im nördlichen Brandenburg (Gemeinde Löwenberger Land) zur Erforschung von Agroforstsystemen dauerhaft zur Verfügung gestellt. Im Rahmen von Abschlussarbeiten von den land- und forstwirtschaftlichen Studiengängen der HNEE (Haefke 2016, Hofmann u. Hübner-Rosenau 2016, Müller 2016) erfolgte hierfür die Konzeption eines multispezifischen, standortangepassten Agroforstsystems: dieses sieht Wertholz- und Fruchtertragskomponenten sowie eine Kurzumtriebsplantage (KUP) vor, die durch die Produktion von Frisch-Zweig-Häckseln (FZH) dem Aufbau von Bodenfruchtbarkeit dienen soll. Dabei soll das Agroforstsystem gleichzeitig als Modellprojekt und Dauerbeobachtungsfläche fungieren: Zum einen sollen die vielfältige Umsetzbarkeit von Agroforstsystemen sowie deren Potenziale anschaulich aufgezeigt werden, um andere Landeigentümer*innen, Landwirt*innen und politische Entscheidungsträger*innen zur Nachahmung zu inspirieren; zum anderen sollen die vielfältigen ökologischen Wechselwirkungen des Agroforstsystems durch die HNEE langfristig beobachtet und dokumentiert werden. In diesem Beitrag sollen die Ergebnisse der Konzeption von Hofmann u. Hübner-Rosenau (2016) zusammenfassend dargestellt werden.

2 Methodik

Die Konzeption des Agroforstsystems wurde von Hofmann u. Hübner-Rosenau (2016) im Rahmen einer gemeinsamen Bachelorarbeit entwickelt. Dazu erfolgte eine Literaturrecherche zu dem Stand der Forschung zu Agroforstsystemen und deren Potenziale in Deutschland. Anschließend wurden alle beteiligten Stakeholder zu ihren Vorschlägen und Interessen befragt (Flächeneigentümer, Bewirtschafter, Landwirtschafts- und Naturschutzbehörden). Verschiedene mögliche Komponenten des Agroforstsystems

wurden auf deren Kompatibilität untersucht und in ein Gesamtdesign überführt. Im Mittelpunkt der Arbeit stand dabei die Frage, wie ein komplexes Agroforstsystem aussehen kann, das ökonomisch rentabel, ökologisch wertvoll, wissenschaftlich aussagekräftig und durch Landwirt*innen vor Ort praktisch umsetzbar ist. Die Designvorschläge wurden mit Expert*innen diskutiert und daraufhin finalisiert.

3 Ergebnisse

Laut den Herder et al. (2016) werden Agroforstsysteme in Deutschland auf 1,6 % der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche umgesetzt, sofern man KUP als eine sequentielle Form der Agroforstwirtschaft hierbei mit berücksichtigt; im Vergleich dazu sind es in Griechenland 31,2 % und in Frankreich 23,5 % (ebd.). In Deutschland handelt es sich bei in die Nutzung einbezogenen Gehölzen auf Ackerstandorten vor allem um KUP. Mit der Konzeption von simultan bewirtschafteten Agroforstsystemen, bei denen Gehölze und Ackerkulturen bzw. Grünland auf einem Schlag bewirtschaftet werden, wird Neuland betreten, weshalb bei der Konzeption eine enge Abstimmung mit den zuständigen Behörden erfolgen sollte.

Die Projektfläche liegt ca. 40 km nördlich von Berlin im Löwenberger Land im Ortsteil Großmutz und wird derzeit von einem ansässigen Landwirt konventionell bewirtschaftet. Die Projektfläche weist insgesamt eine Größe von ca. 30 ha auf und besteht aus drei Ackerschlägen und einer Grünlandfläche, die rund um eine ehemalige Schmelzwasserrinne angeordnet sind (Abb. 1).

Die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme lag zwischen 1981 und 2010 bei 572 mm und die durchschnittliche Jahrestemperatur betrug ca. 9 °C (DWD 2016a und 2016b). Laut Aussage von Winter (mdl. Mittl. 2016) verfügt die Fläche über 25-35 Bodenpunkte und besteht aus lehmigem Sand. Wasser- und Winderosion sowie Wildverbiss stellen eine große Herausforderung für die Bewirtschaftung der Fläche dar (Hofmann u. Hübner-Rosenau 2016).

In die Designentwicklung wurden auch die Interessen der beteiligten Stakeholder mit einbezogen. Demnach soll das Agroforstsystem möglichst so angelegt werden, dass einerseits wenig Zusatzaufwand für den Pächter entsteht. Andererseits soll der ökologische Nutzen durch Habitats zur Erhöhung der Biodiversität, durch Erosionsschutz und durch den Aufbau von Bodenfruchtbarkeit gesteigert werden.

4 Das Gesamtdesign

Für das Modellprojekt wurde eine Mischung standortangepasster Wertholzbäume ausgewählt (vgl. Kap. 4.1), die in Reihen auf der Ackerfläche angeordnet und teilweise mit Fruchtertragskomponenten (vgl. Kap. 4.2) unterpflanzt sind. Außerdem sind Windschutzhecken und artenreiche KUP-Elemente integriert, die der Produktion von Frisch-Zweig-Häckseln (FZH) dienen. Die FZH sind als Mulchschicht zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit auf einem Ackerstreifen vorgesehen (vgl. Kap. 4.3). So entsteht ein komplexes, multispezifisches Gesamtsystem, das zugleich mehrere Funktionen erfüllt (vgl. Abb. 1).

Design der Projektfläche



Abbildung 1: Design der Projektfläche mit Transektstreifen (Hofmann u. Hübner-Rosenau 2016, S. 87)

4.1 Wertholzkomponenten

Ziel der Integration von Wertholzbäumen in Agroforstsystemen ist es, nach etwa 50 Jahren wertvolles, möglichst fehlerfreies Holz zu ernten. Dafür wird ein langes Stück an astfreiem Stammholz mit entsprechendem Durchmesser benötigt (Brix et al. 2009). Die Integration von Wertholzbäumen auf landwirtschaftlichen Flächen ist eine in Europa zwar gängige Praxis, in Deutschland wird sie jedoch nur in geringem Umfang erprobt (Chalmin u. Mastel 2009, Hofmann u. Hübner-Rosenau 2016). Grundsätzlich erscheint die Integration von Wertholzbäumen aus Sicht der Landwirt*innen attraktiv, da durch den Holzverkauf ein hoher Erlös erwartet werden kann und die Bäume durch ihre Laubstreu und ihren Feinwurzelumsatz zur Bodenverbesserung beitragen können (Chalmin u. Mastel 2009). Gleichzeitig wird nur ein geringer Anteil der landwirtschaftlichen Fläche beansprucht und der zusätzliche Arbeitsaufwand bleibt gering. Mögliche negative

Auswirkungen auf die Ackerkulturen können sich vor allem durch die im Alter zunehmende Verschattung der Bäume und durch die Wasser- und Nährstoffkonkurrenz ergeben (Reeg 2010). Diese Auswirkungen können durch die Wahl tiefwurzelnder Laubbaumarten mit lichtdurchlässigen Kronen einerseits und durch entsprechende Pflegemaßnahmen (Wurzelraumregulation und Astung) andererseits minimiert werden.

Für die Wertholzproduktion empfehlen Bender et al. (2009) Standorte mit einem Mindestniederschlag von 600 mm/a. Chalmin u. Mastel (2009) führen aus, dass eine Wertholzproduktion auf flachgründigen, grundwasserfernen und trockenen (sandigen) Böden nicht empfehlenswert sei. Damit ist die Projektfläche nicht optimal für die Wertholzproduktion geeignet. Jedoch kann die Wahl standortangepasster Baumarten die Wahrscheinlichkeit für eine gute Wuchsleistung erhöhen (Hofmann u. Hübner-Rosenau 2016). Es konnte gezeigt werden, dass sich für die Projektfläche insbesondere Baumhasel (*Corylus colurna*), Wildbirne (*Pyrus pyraeaster*), Traubeneiche (*Quercus petraea*), Robinie (*Robinia pseudoacacia*), Speierling (*Sorbus domestica*) und Elsbeere (*Sorbus torminalis*) eignen (ebd.). Eine derart vielfältige Mischung mit heimischen und seltenen Baumarten erhöht den naturschutzfachlichen Wert (Reeg et al. 2009).

Die Wertholzbäume werden in Reihen auf der Projektfläche integriert. Der Baumreihenabstand sollte an die gängige Arbeitsbreite der Bewirtschaftungstechnik angepasst sein (Brix et al. 2009) und wurde daher auf 36 m festgelegt (mdl. Mittl. Winter 2016). Um eine ungleichmäßige Verschattung der Ackerkulturen zu vermeiden, wird eine Nord-Süd-Ausrichtung empfohlen (Brix 2006). Da die Kronenbreite entscheidenden Einfluss auf den Durchmesserzuwachs des Baumes hat (Abt u. Hochbichler 2013), soll eine gute Kronenentwicklung durch einen ausreichend großen Standraum von 15 m zwischen den Bäumen innerhalb einer Reihe unterstützt werden (Bender et al. 2009). Da mit dem Ausfall einiger Bäume gerechnet werden muss, soll im Zweier-Verbund gepflanzt werden (Brix et al. 2009). Somit ergibt sich eine Dichte von zunächst 26 bzw. dann 13 Bäumen/ha.

4.2 Fruchtertragskomponenten

Die Integration von Fruchtertragskomponenten trägt zu einer höheren Einkommensdiversifizierung und Risikostreuung bei. Außerdem wird der Standraum über dem Ackerboden noch effektiver ausgenutzt, was die Gesamtflächenproduktivität (Land-Equivalent-Ratio) steigert (Dupraz et al. 2004).

Eine umfangreiche Prüfung verschiedener Obstarten ergab, dass insbesondere folgende Obstbauspezialkulturen geeignet sind: Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*), Aronia (*Aronia spp.*) und Baumhasel (*Corylus colurna*). Vorteile dieser Arten sind vor allem geringe Standortansprüche sowie eine hohe natürliche Resilienz und daraus resultierend ein geringer Pflegebedarf (Höhne 2016). Die Sträucher sollen zur Direktvermarktung durch eine ortsansässige Marmeladenmanufaktur in den ersten beiden Reihen zwischen die aufgeasteten Werthölzer (15 m Abstand) gepflanzt werden. In Reihe 1 sollen zwischen die Wertholzbäume je 6 Sanddornsträucher gesetzt werden, wobei einer zur Bestäubung männlich ist (insgesamt 144 Sanddornsträucher). In Reihe 2 werden je Zwischenraum 4 Aroniasträucher gepflanzt (96 Aroniasträucher).

Wenn die Kronen der Werthölzer sich nach etwa 30 Jahren schließen und dadurch die Beschattung stärker zunimmt, ist die typische Standzeit der entsprechenden Obstkulturen

erreicht und diese können dann gerodet werden. Darüber hinaus sind durch ein derartiges Design neben dem Fruchtertrag positive Nebeneffekte durch besseren Windschutz aber auch durch eine höhere naturschutzfachliche Wertigkeit (z.B. erhöhtes vertikales Stratenangebot) zu erwarten.

In Reihe 3 sollen Baumhaseln als Wertholzbäume mit Zusatznutzen gepflanzt werden. Die Sorte *Granat* weist zusammen mit geeigneten Kreuzbefruchtungssorten hohe Ertragsleistungen und relativ große, dünnschalige Nüsse auf (Tatschl 2015).

Ausführlichere Darstellungen zu Standortansprüchen, Managementaspekten, Sortenempfehlungen und Vermarktbarkeit finden sich bei Hofmann u. Hübner-Rosenau (2016).

4.3 KUP-Komponente und Frisch-Zweig-Häcksel zum Aufbau der Bodenfruchtbarkeit

Eine hohe Bodenfruchtbarkeit hängt eng mit dem im Humus organisch gebundenem Kohlenstoff (C_{org}) zusammen (Dunst 2015). Durch eine Steigerung der Bodenfruchtbarkeit wird neben der Verbesserung der Pflanzenernährung und -gesundheit auch Resilienz gegenüber Witterungsextremen wie Vorsommertrockenheit der Kulturpflanzen gestärkt (Beste 2015). So kann z.B. ein Boden durch 1 % mehr Humus in der oberen Ackerkrumme 40 mm mehr Regenwasser pflanzenverfügbar halten (FiBL et al. 2012).

Trotz dieser herausragenden Bedeutung von Humus stellen Kittredge (2015) und Kutsch et al. (2010) fest, dass sowohl konventionelle als auch biologische Landwirtschaftsbetriebe in Europa meist negative C-Bilanzen aufweisen. Im Durchschnitt sind dies $-240 \text{ g C/m}^2/\text{a}$, obwohl nach den EU-Richtlinien der guten fachlichen Praxis gewirtschaftet wird (ebd.). Daraus lässt sich ableiten, dass die Landwirtschaft neuer Ansätze zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit bedarf.

Ob ein langfristiger Humusaufbau gelingt, hängt nach Blume (2011) davon ab, ob Nährhumus oder Dauerhumus aufgebaut wird. Nährhumus wird schnell mineralisiert und trägt damit zur direkten Ernährung von Pflanzen und Bodenorganismen bei. Dauerhumus hingegen entsteht laut Blume (2011) aus aromatischen Stoffgruppen der Lignine oder Polyphenole. Aufgrund biochemischer Persistenzfaktoren brauchen die delignifizierenden Mikroorganismen andere Energiequellen für den Umbau der Lignine in die dunkelgefärbten Huminstoff-Kolloide (Kandeler 2011). Frische, dünne Äste enthalten neben Lignin auch einen relativ hohen Anteil leichter verfügbarer Energiequellen wie z.B. Aminosäuren und Cellulose und bieten somit Nahrung für den Co-Metabolismus der Delignifizierer (Lemieux 1996).

Eine französisch-kanadische Wissenschaftsgruppe erforschte in weltweiten Praxisversuchen von 1970 bis 2000 die Auswirkungen von Frisch-Zweig-Häckseln (FZH) auf die Bodenfruchtbarkeit (Caron 1994, Lemieux u. Germain 2000).

FZH wirken optimal, wenn sie als oberflächliche Mulchschicht appliziert werden (Lemieux u. Germain 2000). Dies erfordert jedoch eine Umstellung auf Minimalbodenbearbeitungsverfahren, zu denen sich Managementempfehlungen bei Hofmann u. Hübner-Rosenau (2016) finden. Ein Grund hierfür ist vermutlich, dass die delignifizierenden Weißfäulnispilze (*Basidiomyceten*) natürlicherweise vor allem in der Streuschicht von Wäldern vorkommen (Prillinger 2011). Außerdem können so zahlreiche weitere positive

Effekte von Mulch genutzt werden. So bietet Mulch Lebensraum für das Bodenleben, verhindert Bodenverschlemmung und Erosion bei Starkregen, verringert die Bodenverdunstung, erhöht die Wasserspeicherkapazität, verringert den Beikrautdruck und reguliert den Wärmehaushalt des Bodens (Lowenfells u. Lewis 2006). Auf mit FZH behandelten Böden treten laut Caron (1994) weniger Pflanzenkrankheiten sowie jährliche Ertragssteigerungen von 30-300 % auf; außerdem werde Stickstoff vermehrt durch mikrobielle N-Fixierung und durch Mykorrhizierung für Pflanzen verfügbar.

Um diese vielfältigen Vorteile von FZH leichter in landwirtschaftliche Betriebe integrieren zu können, entwickelte Götsch (1994) den Ansatz weiter, indem er die FZH auf demselben Standort, wo sie appliziert werden sollen, in Form von Agroforstsystemen produziert.

Bei der FZH-Produktion ist zu beachten, dass die Äste einen Durchmesser von maximal 7 cm haben sollten, da hier das Lignin noch in einer für Mikroorganismen leichter umzubauenden Polyphenolstruktur vorliegt (Lemieux u. Germain 2000).

Auf der Modellfläche sollen die FZH, neben kleineren Mengen aus der Wertholzastung und dem Wildobst- sowie Heckenschnitt, vor allem durch schnell wachsende Gehölze in Form von KUP erzeugt werden.

Die KUP soll in den ackerbaulich weniger interessanten Ausbuchtungen nördlich der Schmelzwasserrinne angelegt werden (vgl. Abb. 1) und zu je 40 % aus Robinien und Pappeln bestehen; die weiteren 20 % sollen entsprechend naturschutzfachlicher Empfehlungen von Winterling et al. (2014) und Bielefeldt et al. (2008) zu 10 % aus Eberesche (*Sorbus aucuparia*) und zu weiteren 10 % aus einer vielfältigen Mischung standortangepasster, heimischer Klimax-Gehölze: wie Grauerle (*Alnus incana*), Hasel (*Corylus avellana*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*) bestehen. Dies bietet sich insbesondere an, da Vergleichsversuche gezeigt haben, dass die klassischen Klimax-Hartholz-Laubholzbäume eine für FZH optimal geeignete Ligninstruktur aufweisen (Lemieux 1996). Die KUP-Fläche soll mit einem einreihigen System im Pflanzabstand von 1,6 x 0,4 m (15.500 Pflanzen /ha) bepflanzt werden.

Bei einer Ertragsschätzung für Standorte auf sandigen Böden mit durchschnittlich 7-15 t_{atro} /ha (Böhm 2012) ergibt sich eine Leistung von etwa 50-100 Srm/ha/a. Somit können bei 3-jährigem Umtrieb 150-300 Srm/ha und bei 4-jährigem Umtrieb 200-400 Srm/ha geerntet werden. Für die Anfangszeit werden FZH-Applikationsmengen in der Höhe 150-300 Srm/ha alle 3 bis 4 Jahre empfohlen (Caron 1994). Somit könnte 1 ha KUP etwa 1 ha Acker und später etwas mehr mit einer ausreichenden FZH-Menge versorgen. Nicht benötigte Hackschnitzel können ggf. zur energetischen Nutzung vermarktet werden.

5 Wissenschaftliche Datenerhebung und Lehre

Die vielfältigen Auswirkungen des Agroforstsystems sollen im Rahmen von fachbereichsübergreifenden, praxisbezogenen Spezialisierungs- und Wahlpflichtmodulen durch Studierende der HNE Eberswalde dauerhaft wissenschaftlich untersucht werden. Dies trägt zu einem stärker forschungsorientierten und selbstverantwortlichen Lernen bei. Gleichzeitig werden auf diese Weise langfristige Datenreihen generiert, die immer wieder aktualisiert und analysiert werden und deren Aussagegehalt somit regelmäßig erhöht wird.

Für die Ableitung wissenschaftlicher, statistisch-signifikanter Aussagen aus den Datenerhebungen werden drei Transekt-Streifen quer zu den Baumreihen über das gesamte Feld gelegt (vgl. Abb. 1: 1abc, 2abc, 3abc). Damit ist eine hohe Anzahl an Wiederholungen möglich. Innerhalb der Transekte findet in klar abgegrenzten Teilflächen eine stichprobenartige Erhebung der Daten statt (Abb. 2). Zugleich bleibt durch den Versuchsaufbau eine hohe Praktikabilität für den Bewirtschafter gewahrt.

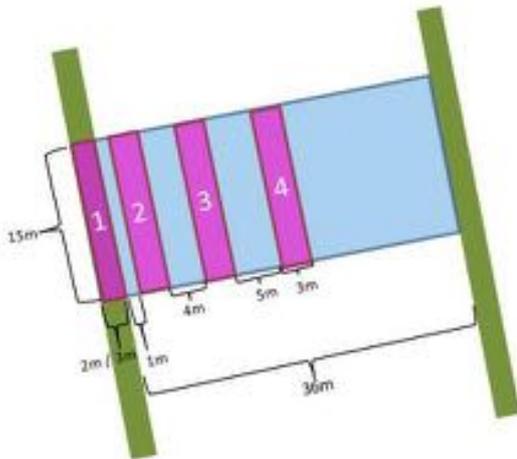


Abbildung 2: Beprobungstransekt mit einzelnen Probeflächen (Hofmann u. Hübner-Rosenau 2016, S. 86)

Schwerpunktmäßig sollen die Auswirkungen auf biotische und abiotische Bodeneigenschaften gemessen werden. Ferner sollen auch Daten zum Mikroklima, zu der Biodiversität der Begleitflora und -fauna, sowie zu den Wuchsleistungen der Gehölze und Ackerkulturen aufgenommen werden. Gesondert werden die Auswirkungen der FZH auf die Bodenfruchtbarkeit der Transektfläche A, B und C untersucht (Abb. 2).

6 Fazit

Die Konzeption des Designs verlief im Spannungsfeld folgender Pole: „Multifunktionalität vs. geringe Arbeitskapazitäten des Bewirtschafters“, „Modellprojekt vs. wissenschaftliche Versuchsfläche“, „Naturschutz vs. ökonomische Rentabilität“. Das hier vorgestellte Design ist der Versuch die Interessen aller Stakeholder durch ein innovatives, vielseitiges, naturschutzfachlich wertvolles und zugleich praktisch umsetzbares, sowie wirtschaftlich rentables Agroforstsystem zu berücksichtigen. Agroforstsysteme sind in Deutschland bisher keine anerkannte landwirtschaftliche Flächennutzungsform und daher auch nicht förderfähig. In Anbetracht der daraus derzeit entstehenden wirtschaftlichen Nachteile ist es verständlich, dass Landwirt*innen sich dabei zurückhalten Bäume auf ihre Äcker zu pflanzen (vgl. Kap. 3). Dies hängt darüber hinaus mit der derzeitigen betriebswirtschaftlichen Finanzbuchhaltung zusammen: den zahlreichen positiven ökologischen Auswirkungen (Ökosystemdienstleistungen) von Agroforstsystemen werden bisher keine monetären Werte zugeordnet. Ansätze hierzu finden sich jedoch bereits bei Felber (2012) und Hiß (2015). Die Notwendigkeit einer Weiterentwicklung dieser Modelle erscheint damit für die Verbreitung wirklich nachhaltiger Landnutzungssysteme wie AFS von herausragender Bedeutung. Zusätzlich wäre eine (monetäre) Anerkennung dieser Ökosystemleistungen beispielsweise als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme

wünschenswert. Zuerst erscheint es jedoch dringend notwendig, dass die nationalen agrarpolitischen Vorgaben nach dem Beispiel Frankreichs angepasst werden.

Damit sich diese Rahmenbedingungen jedoch ändern, ist die Ausstrahlungswirkung wissenschaftlich begleiteter Modellprojekte, wie diesem, von besonderer Bedeutung. Durch die Nähe zu Berlin können sich hier neben Landwirt*innen und Landeigentümer*innen auch politische Entscheidungsträger*innen im Rahmen von Exkursionen von der erhöhten Flächenproduktivität, dem Aufbau von Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität sowie weiteren Potenzialen wie z.B. der Landschaftsästhetik von Agroforstsystemen überzeugen.

Literatur

- Abt A, Hochbichler E (2013): Birne und Elsbeere analysiert. *Der Waldbauer* 4, 14-15.
- Aßmann S, Oelke M (2010): AFS als Erosionsschutz. In: Spiecker H (Hrsg.): Multifunktionale Bewertung von Agroforstsystemen. Freiburg, S. 16-37.
- Bender B, Chalmin A, Reeg T, Konold W, Mastel K, Spiecker H (2009): Moderne Agroforstsysteme – ein Leitfaden für die Praxis. Freiburg.
- Beste A (2003): Erweiterte Spatendiagnose. Weiterentwicklung einer Feldmethode zur Bodenbeurteilung. Dissertation, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Bielefeldt J, Bolte A, Busch G, Dohrenbusch A, Kroiher F, Lamersdorf N, Schulz U, Stoll B (2008): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft, Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V., Berlin.
- Blume HP (2011): Biochemie, Eigenschaften und Funktionen des Humuskörpers. In Ottow JCG (Hrsg.): Mikrobiologie von Böden. Springer-Verlag, Heidelberg, S. 277-294.
- Böhm C (2012): Verbundvorhaben: Ökonomische und ökologische Bewertung von Agroforstsystemen in der landwirtschaftlichen Praxis (AgroForstEnergie); Teilvorhaben 2: Rekultivierungsfläche in Brandenburg. Cottbus.
- Brix M, Möndel A, Kretschmer U, Bender B, Spiecker H (2009): Moderne Agroforstsysteme in Deutschland – Aspekte der Wertholz- und Biomasseproduktion. Teilprojekt Waldmanagement. In: Spiecker H (Hrsg.): Neue Optionen für nachhaltige Landnutzung. Schlussbericht des Projektes agroforst. Freiburg, S. 144-190.
- Brix M (2006): Produktion in Agroforstsystemen – Lichtökologie. Online verfügbar: <http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/brix.pdf>
- Caron C (1994): Ramial Chipped Wood a basic tool for Regenerating Soils; groupe de coordination sur les bois rameaux. Universite Laval, Quebec.
- Chalmin A, Mastel K (2009): Moderne Agroforstsysteme in Deutschland – Aspekte der landwirtschaftlichen Produktion von Agroforstsystemen. In: Spiecker H (Hrsg.): Neue Optionen für nachhaltige Landnutzung. Schlussbericht des Projektes agroforst, Freiburg, S. 15-143.
- den Herder M, Moreno G, Mosquera-Losada MR, Palma JHN, Sidiropoulou A, Santiago Freijanes JJ, Crous-Duran J, Paulo J, Tomé M, Pantera A, Papanastasis V, Mantzanas K, Pachana P, Papadopoulos A, Plieninger T, Burgess PJ (2016): Current extent and trends of agroforestry in the EU27.

- DWD – Deutscher Wetterdienst (2016a): Niederschlag für Loewenberg/ Mark. Online verfügbar:
http://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/nieder_8110_akt_html.html?view=nasPublication&nn=495662
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2016b): Temperatur für Neuruppin. Online verfügbar:
http://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/temp_8110_fest_html.html?view=nasPublication&nn=495662
- Dupraz C (2004): From silvopastoral to silvoarable systems in Europe: sharing concepts, unifying policies. Montpellier, France .
- Dunst G (2015): Kompostierung und Erdenherstellung – Praxisbuch und Anleitung für: Hausgarten, Landwirtschaft, Kommune und Profi. Sonnenerde, Riedlingsdorf.
- Felber C (2012): Gemeinwohlökonomie. Deuticke Verlag, Zürich.
- FiBL, Bioland, Bio-Suisse, Bio Austria, IBLA (2012): Grundlagen der Bodenfruchtbarkeit, - Die Beziehung zum Boden gestalten. Eigenverl. Schweiz.
- Götsch E (1994): Breack-Through in Agriculture. Fazenda Tres Colinas, Bahia.
- Haefke J (2016): Herleitung von Agroforstkonzepten für landwirtschaftliche Flächen in Brandenburg. Bachelorarbeit Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.
- Hiß C (2015): Richtig rechnen! - Durch die Reform der Finanzbuchhaltung zur ökologisch-ökonomischen Wende. oekom Verlag, München.
- Hofmann P; Hübner-Rosenau D (2016): Agroforst-Modellprojekt im Löwenberger Land. Eine Konzeption im Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher Aussagekraft, landwirtschaftlicher Praktikabilität und komplexer Multifunktionalität. Bachelorarbeit Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.
- Höhne F (2016): "Wildobstanbau" - Erfahrungen aus norddeutscher Sicht. in FÖKO: Öko-Obstbau Zeitschrift 2/2016, 20-24.
- Huber J, Schmid H, Häberle KH, Blaschke H, Hülsbergen K-J (2013): Kohlenstoffbindung in ökologisch und integriert bewirtschafteten Agroforstsystemen der Versuchsstation Scheyern/ Bayern. Mitteilungen des Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 25, 118 - 119.
- Kandeler E (2011): Mikrobiologie und Biochemie des Kohlenstoffkreislaufes. In: Ottow, JCG (Hrsg.): Mikrobiologie von Böden. Springer-Verlag, Heidelberg, S. 247-275.
- Kittredge J (2015): Soil Carbon Restoration – Can Biology do the Job? Northeast Organic Farming Association, Massachusetts.
- Kutsch WL, Aubinet M, Buchmann N, Smith P, Osborne B, Eugster W, Wattenbach M, Schrupf M, Schulze ED, Tomelleri E, Ceschia E, Bernhofer C, Béziat P, Carrara A, Di Tommasi P, Grünwald T, Jones M, Magliulo V, Marloie O, Moureaux C, Olioso A, Sanz MJ, Saunders M, Søgaard H, Ziegler W (2010): The net biome production of full crop rotations in Europe – The carbon balance of European croplands. Agriculture, Ecosystems and Environment 139, 336-345.
- Lemieux G, Germain D (2000): Ramial chipped wood – the clue to a sustainable fertile soil. Université Laval, Quebec.

- Lemieux G (1996): *The Hidden World that Feeds Us – the Living Soil*. University Laval, Quebec.
- Lowenfells J, Lewis W (2006): *Teaming with Microbes – A Gardener’s Guide to the Soil Food Web*. Timber Press, Oregon.
- Müller F (2016): *Assessing the applicability of agroforestry systems in Europe to the “Löwenberger Land“*. Bachelorarbeit Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.
- Prillinger HJ (2011): *Diversität und Funktionen von Pilzen in Böden*. In: Ottow JCG (Hrsg.): *Mikrobiologie von Böden*. Springer-Verlag, Heidelberg, S. 201-233.
- Quinkenstein A, Jochheim H, Schneider B-U, Hüttl RF (2009): *Modellierung des Kohlenstoffhaushalts von Pappel-Kurzumtriebsplantagen in Brandenburg*. In: Reeg T, Bemann A, Konold W, Murach D, Spiecker H (Hrsg.): *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen*. Wiley-VCH, Weinheim, S. 193-204.
- Reeg T, Hampel J, Hohlfeld F, Mathiak G, Rusdea E (2009): *Agroforstsysteme aus Sicht des Naturschutzes*. In: Reeg T, Bemann A, Konold W, Murach D, Spiecker H (Hrsg.): *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen*. Wiley-VCH, Weinheim, S. 301-312.
- Reeg T (2010): *Moderne Agroforstsysteme mit Wertholzbäumen als Option der Landnutzung in Deutschland: Naturschutz, Landschaftsbild und Akzeptanz*. Dissertation. Freiburg im Breisgau.
- Tatschel S (2015): *555 Obstsorten für den Permakulturgarten und –balkon*. Löwenzahn-Studienverlag, Innsbruck.
- Winter M (2016): *Mündliche Mitteilung, bewirtschaftender Pächter auf dem Versuchsstandort*.
- Winterling A, Borchert H, Wiesinger K (2014): *Schnellwachsende Baumarten für Agroforstsysteme im Ökolandbau – Etablierung und Wuchsleistung*. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): *Tagungsband: Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern*. Freising-Weihenstephan, S. 200-206.

Agroforstsystem Dornburg

Carolin Rudolf*, Andrea Biertümpfel, Manuela Bärwolff

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Str. 98, 07743 Jena

*Kontakt: T: 03641/683-261 – F: 03641/683-375 – E: carolin.rudolf@tll.thueringen.de

1 Einleitung

Das Agroforstsystem in der Gemarkung Dornburg wurde im Rahmen eines Pilot- und Demonstrationsvorhabens des Freistaates Thüringen im Frühjahr 2007 auf einer Fläche von ca. 51 ha angelegt. Etwa 10 % der Fläche nehmen sieben Energieholz-Streifen (A bis G, je 12 m breit), angelegt entgegen der Hauptwindrichtung, ein. In den Holz-Streifen stehen hauptsächlich Pappeln ‚Max 1, 3, 4‘ mit eingestreuten heimischen Gehölzen. Die Pflanzdichte beläuft sich in den Streifen A bis C auf 10.000 Bäume/ha für einen 4-jährigen Umtrieb, in den Streifen D bis G auf 2.222 Bäume/ha bei 8-jährigem Umtrieb. Die dazwischen liegenden Ackerstreifen sind 48, 96 bzw. 144 m breit (Abb. 1). Sie werden durch den Flächeneigentümer, das Thüringer Lehr-, Prüf- und Versuchsgut, in einer Fruchtfolge Sommergerste – Sommergerste – Winterraps – Winterweizen bewirtschaftet.

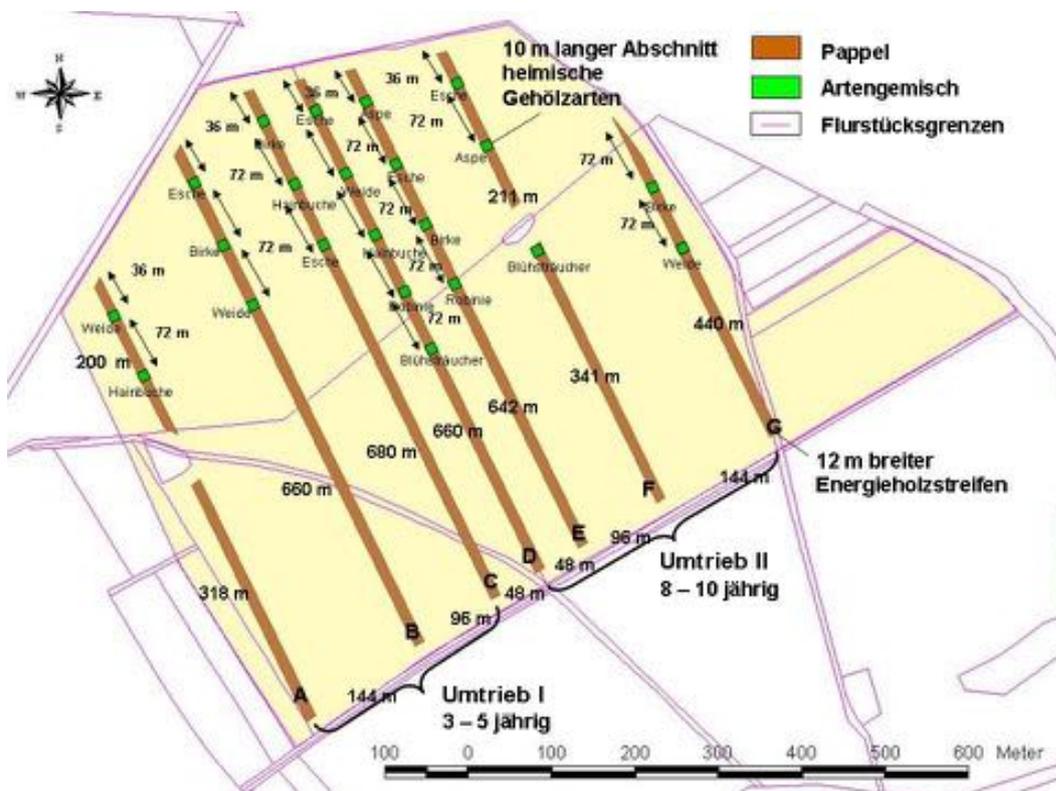


Abbildung 1: Agroforstsystem Dornburg - Anlageschema

2 Datenerhebung

Im Rahmen der Untersuchungen erfolgte eine jährliche Ertragsbestimmung in den Ackerkulturen über die Gesamtfläche mit GPS am Praxismähdrescher sowie ergänzend dazu eine Parzellenernte auf ausgewählten Teilstücken in mehrfacher Wiederholung zur Erfassung eventueller Einflüsse der Energieholz-Streifen. Als Vergleich diente eine benachbarte Referenzfläche, die identisch bewirtschaftet wird.

Die Energieholz-Streifen A bis C im 4-jährigen Umtrieb wurden im Winter 2010/11 sowie 2014/15 mit einem Mähacker beerdet. Der 8-jährige Umtrieb (Streifen D bis G) kam im Winter 2014/14 erstmalig zur Ernte, wobei ein zweistufiges Verfahren mit Forsttechnik Anwendung fand.

3 Ergebnisse

3.1 Erträge der Energieholzstreifen

Die Pappeln erreichten im 4-jährigen Umtrieb jährliche Zuwachsraten von durchschnittlich $5 \text{ t}_{\text{atro}}/\text{ha}$ und Jahr bei der ersten Ernte. Im zweiten Umtrieb war ein Ertragsanstieg um ca. 130 % zu verzeichnen. Die jährliche Zuwachsrate belief sich damit auf $11,5 \text{ t}_{\text{atro}}/\text{ha}$ und Jahr. Demgegenüber waren die jährlichen Zuwachsraten des 8-jährigen Umtriebs mit $6,6 \text{ t}_{\text{atro}}/\text{ha}$ und Jahr geringer. Die niedrigeren Erträge der Streifen F und G des 8-jährigen Umtriebs spiegeln dabei deutlich die geringere Bodengüte im westlichen Bereich des Systems wider. Auf dem hier flachgründigeren, steinigem Boden lagen die Erträge fast 30 % unter denen der Streifen D und E, deren Bodengüte sich mit jener der kurzen Umtriebszeiten in Streifen A bis C vergleichen lässt (Abb. 2).

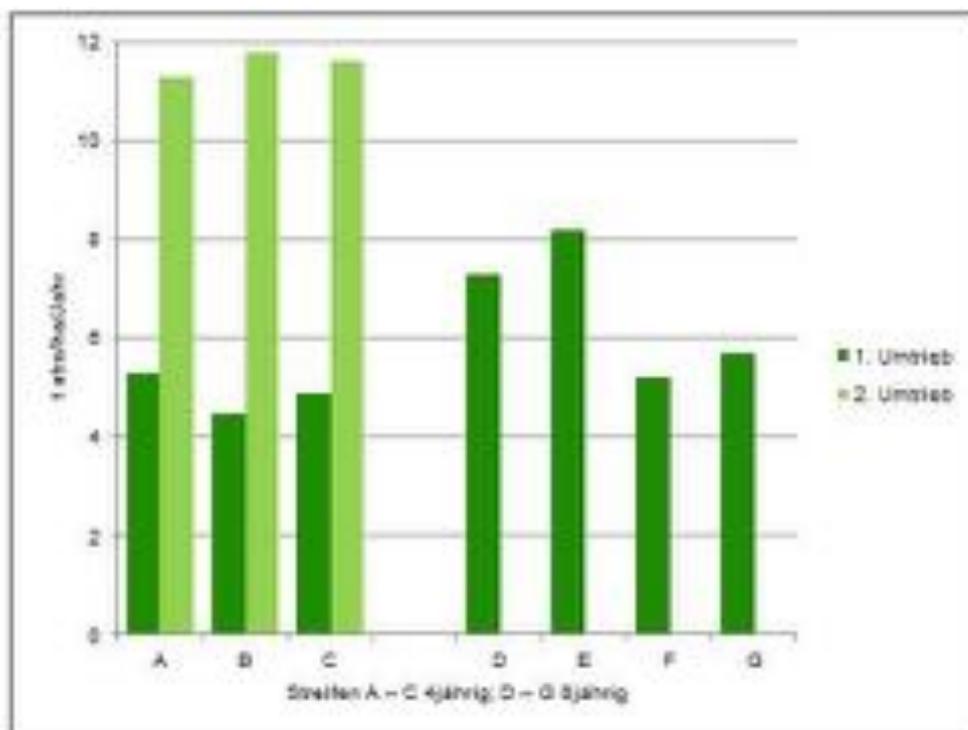


Abbildung 2: Jährliche Zuwachsraten der Pappeln in Abhängigkeit von der Umtriebszeit, links 4-jährig, Ernte 2011 und 2015; rechts 8-jährig, Ernte 2015

Die Gesamterntemengen beider Anbauvarianten lagen mit 65,9 t_{atro}/ha (4-jährig) und 52,8 t_{atro}/ha jedoch dicht beieinander (Abb. 3). Ähnlich wie beim 4-jährigen Umtrieb sollte auch beim 8-jährigen von der ersten zur zweiten Ernte ein deutlicher Ertragsanstieg erfolgen, so dass die längere Umtriebszeit zukünftig mindestens adäquate Leistungen liefern dürfte. Hierbei ist zu beachten, dass mit 2.222 Bäumen/ha die Pflanzdichte für die geplante 8-jährige Umtriebszeit sehr gering ist. Mit Pflanzanzahlen zwischen 3.000 und 4.500 wären sicherlich noch deutlich höhere Erträge möglich.

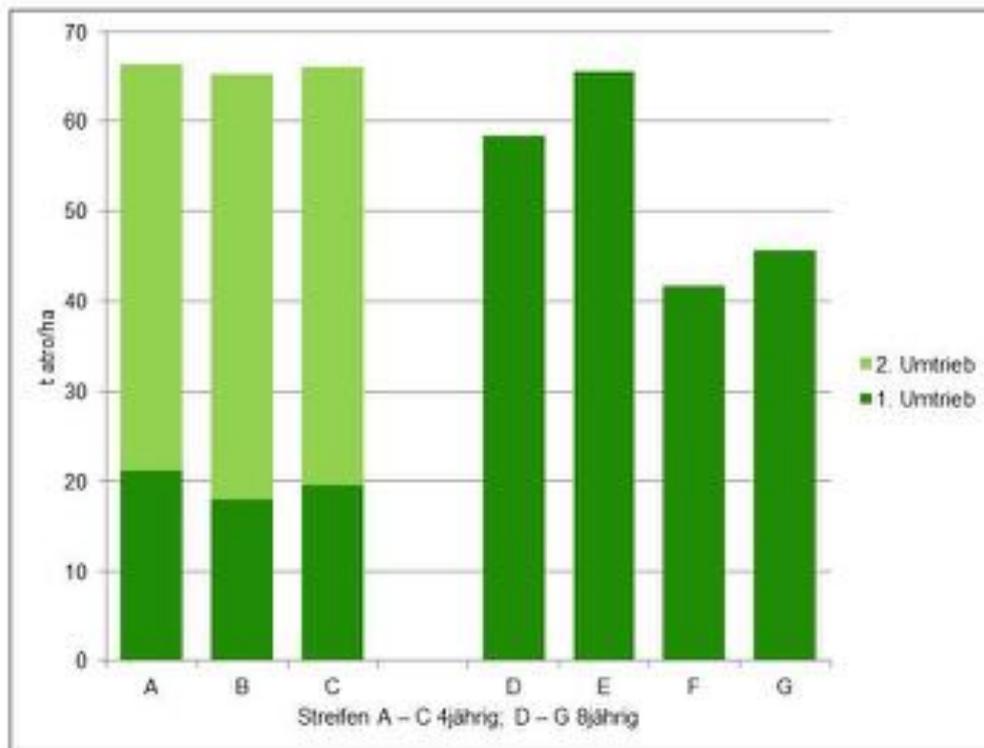


Abbildung 3: Gesamterntemenge der Pappeln in Abhängigkeit von der Umtriebszeit, links 4-jährig, Ernte 2011 und 2015; rechts 8-jährig, Ernte 2015

3.2 Erträge der Ackerkulturen

Bei der Ertragserfassung in den Ackerkulturen, in Abbildung 4 beispielhaft dargestellt für Winterweizen 2014, bestätigte sich der Einfluss der als Windschutz fungierenden Energieholz-Streifen in bekannter Weise. So lagen die Erträge im Nahbereich der Bäume unter denen der Gesamtfläche, um dann zur Flächenmitte über den Durchschnittsertrag der jeweiligen Teilfläche hin anzusteigen. Eine Quantifizierung der Ertragsbeeinflussung war jedoch nicht möglich und ein Vergleich mit der Referenzfläche zeigte durchschnittliche Flächenerträge in ähnlicher Höhe.

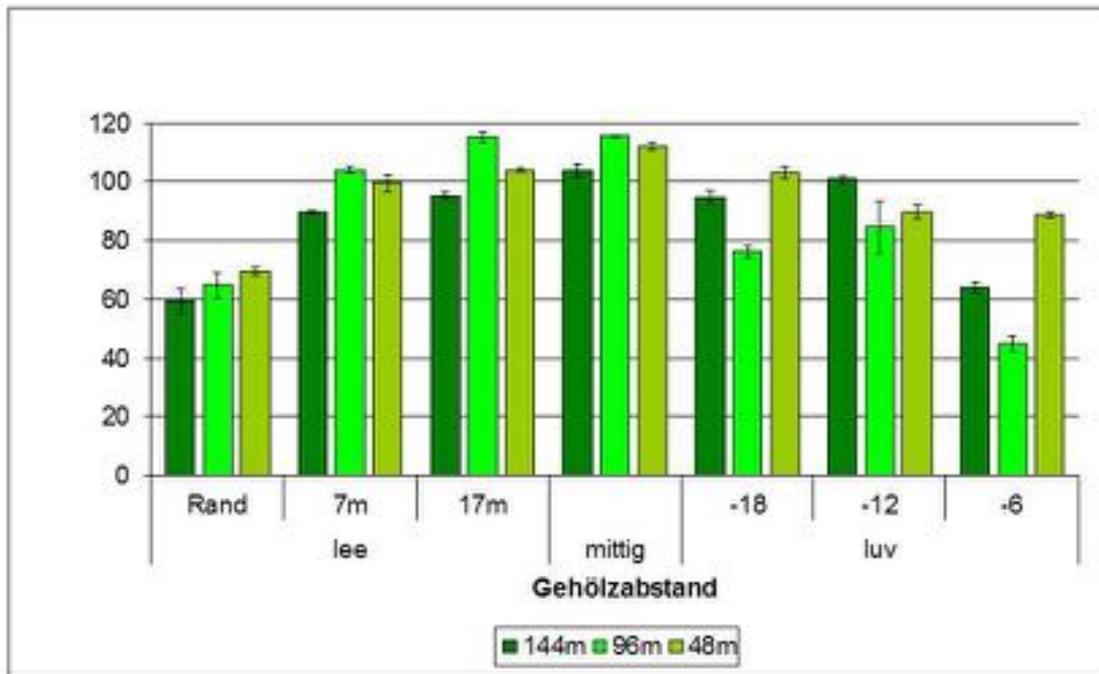


Abbildung 4: Ertragsverteilung innerhalb der Ackerstreifen (prozentual zum jeweiligen Gesamtteilstück), Winterweizen 2014

4 Fazit

Sowohl die Ackerkulturen als auch die Pappeln in den Energieholz-Streifen erreichten hohe, dem Standort und der Jahreswitterung gemäße Erträge. Insbesondere die Getreideerträge lagen im Randbereich der Pappeln unter dem Durchschnittsertrag der Gesamtfläche und stiegen zur Mitte darüber hinaus an. Dieser Trend trat bei Winterraps nicht auf. Eine negative Beeinflussung der Ackerkulturen durch die Pappel-Streifen war bisher sowohl hinsichtlich des Ertrages als auch bezüglich der Qualität des Erntegutes nicht festzustellen.

Begleitende Untersuchungen zu Begleitflora und -fauna weisen auf eine sukzessive Zunahme der Artenzahl hin. Dabei treten kurzlebige Pflanzen zugunsten ausdauernder zurück. Gleichzeitig verschiebt sich das Spektrum deutlich hin zu Arten der Wiesen, Gehölze und Ränder bei einer generellen Zunahme der Artenzahl. Auch bezüglich der Begleitfauna ist eine Erhöhung der Artenzahl zu verzeichnen, da zu den typischen Arten der Offenlandschaften, Arten der Übergangsbereiche und Gehölzbewohner hinzukommen.

Insgesamt ist einzuschätzen, dass das Agroforstsystem positive Effekte bedingt, die sich wahrscheinlich mit zunehmender Standzeit noch verstärken werden.

Die Untersuchungen erfolgten von 2007 bis 2015 mit finanzieller Unterstützung des BMEL über die FNR. Der Abschlussbericht zum Verbundvorhaben AgroForstEnergie II, TV 1 ist unter <http://www.thueringen.de/th9/tll/pflanzenproduktion/nawaro/projekte/index.aspx> abrufbar.

Einflüsse der Gehölzstreifen auf die Wüchsigkeit und den Zuckergehalt von Zuckerrüben eines Agroforstsystems

Julius Werwoll*, Maria Piehl, Jaconette Mirck**

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus

*Kontakt: jone_ums@yahoo.de

**Kontakt: T: 0355/69 4597 – F: 0355/69 2323 – E: Jaconette.Mirck@b-tu.de

Zusammenfassung

Dieser Beitrag befasst sich mit dem Einfluss von Baumstreifen auf die Ackerfrucht Zuckerrübe (*Beta vulgaris*) innerhalb eines Agroforstsystems mit im Kurzumtrieb bewirtschafteten Gehölzstreifen (Alley-Cropping-System). Ziel der Untersuchungen war es, positiv und negativ wirkende Interaktionen zwischen Baumstreifen und Ackerfruchtflächen abzuwägen und so Erkenntnisse für die Optimierung künftiger, vergleichbarer Systeme zu erhalten. Betrachtet wurden vor allem Ertragsparameter der Zuckerrüben wie Rübengewicht, Blattmasse und Zuckergehalt. Außerdem wurde der Einfluss von Trockenstress auf die Faktoren Saccharosegehalt und Wüchsigkeit untersucht. Hierzu wurden festgelegte Ackerbereiche in verschiedenen Abständen zu den Gehölzstreifen sowie auf einer Referenzfläche beprobt und das Erntegut feldfrisch gewogen. Des Weiteren wurden zu Vermessungszwecken und zur Trockengewichtsbestimmung Teilproben aus den geernteten Zuckerrüben entnommen. Für die Bestimmung des Zuckergehalts wurden zusätzlich ganze Rüben beprobt. Die Ergebnisse zeigten deutliche Ertragseinbußen der Zuckerrüben in direkter Nähe zum Gehölzstreifen. Allerdings konnten Ertragssteigerungen im Lee-Bereich der Gehölzstreifen sowie bei mittleren Abständen zu den Gehölzstreifen nachgewiesen werden. Der Zuckergehalt der Rüben erwies sich unter Trockenstress von der Ertragsmenge bzw. vom Gewicht der einzelnen Rübe unbeeinflusst. Insgesamt zeigte die Agroforstfläche signifikant höhere Erträge als die Referenzfläche.

Dieser Beitrag stellt lediglich einen Auszug der Untersuchungen vor, die im Rahmen eines Studienprojektes zum Thema „Einflüsse der Gehölzstreifen auf die Wüchsigkeit und den Zuckergehalt von Zuckerrüben eines Agroforstsystems“ durchgeführt wurden. Weitere Informationen zu dieser Arbeit können über die angegebene Kontaktadressen angefragt werden.

1 Einleitung

Die Ausgestaltung von Agroforstflächen hat einen großen Einfluss auf die Intensität von Wechselwirkungen zwischen Gehölz- und Ackerkultur. Über die Ermittlung und Auswertung von Ertragsparametern, hin zu einer Ertragsprognose, können Rückschlüsse auf die positiven und negativen Wechselwirkungen zwischen Gehölzstreifen und Ackerkulturen – in diesem Fall Zuckerrüben – gewonnen werden. Mittels dieser

Erkenntnisse lassen sich zukünftige Agroforstsysteme besser an ihre jeweilige Nutzungsart anpassen, um die positiven Wechselwirkungen zwischen Ackerfrucht und Gehölzstreifen möglichst optimal nutzen zu können.

Ziel der Studie war es zu untersuchen, ob und – wenn ja – wie stark die Gehölzstreifen eines Agroforstsystems Einfluss auf die Zuckerrüben nehmen. Hierfür wurden die Ertragseffekte in unterschiedlichen Abständen zum Gehölzstreifen untersucht, wobei differierende Ackerstreifenbreiten in die Untersuchungen einbezogen wurden. Die Ertragsleistung der Agroforstfläche wurde jener eines benachbarten, gehölzfreien Schlages (Referenzfläche) gegenübergestellt. Erhoben wurden der Zuckerrübenenertrag und Rübenblattbiomasse sowie der Zuckergehalt von schwach- und gutwüchsigen Rüben.

2 Material und Methoden

2.1 Merkmale der Versuchsfläche

- Feldgassen-Agroforst (Alley-Cropping-System); etabliert 2010 (Neupflanzung Pappel 2011); Größe des Schlages: ca. 40 ha, Bewirtschafter: Agrargenossenschaft Forst e.G. bei Neu Sacro (ca 25 km östlich von Cottbus)
- Gehölzstreifenanteil etwa 5 ha (12,5 %); ca. 11 m breite, in Nord-Süd-Richtung verlaufende Gehölzstreifen, bestehend aus 4 Doppelreihen (9804 Bäume/ha); Bewirtschaftung im 4- bis 5-jährigem Umtrieb; Baumarten: Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und Pappel (*Populus spec.*, „Max“ und „Fritzi-Pauley“)
- zwischen Gehölzstreifen befinden sich Ackerfruchtstreifen mit variierender Breite: 24 m, 48 m und 96 m; vielfältige Fruchtfolge (u.a. Mais, Lupine, Kartoffel, Winterweizen, Zuckerrübe)
- erste und bislang einzige Gehölzernte erfolgte im Februar 2015 mittels Feldhäcksler
- Bodenwertzahl von 45, dominierende Bodentypen: Gley-Vega, Pseudogley-Vega; vorherrschende Bodenarten: lehmiger Sand, sandiger Lehm
- Schlag wird von ehemaligen Flussläufen durchzogen, die im Zuge vergangener Meliorationsarbeiten eingeebnet wurden und in deren Unterboden Grobsande und Kiese vorherrschen

2.2 Rübenertragsstudie

Die Probenahmen erfolgten im Zeitraum vom 30.09. bis 06.10.2015. Hierbei wurden auf der Agroforstfläche die unterschiedlich breiten Ackerstreifen (96 m, 48 m und 24 m) beprobt. Je Ackerstreifen wurden 6 Transekte angelegt, auf welchen jeweils 5 (48 m und 96 m) bzw. 3 Beprobungsparzellen (24 m) markiert wurden. Die Gesamtanzahl der Beprobungsparzellen auf der Agroforstfläche betrug somit 78. Auf der Referenzfläche wurden die Proben innerhalb eines Transektes in insgesamt 6 Parzellen genommen. In jeder Parzelle erfolgte die Entnahme von 12 Rüben für die Frischgewichtsbestimmung

und von zusätzlich 2 Rüben für die Bestimmung der Trockensubstanz (TS) und des Rübendurchmessers (Abb. 2).

Das Frischgewicht der 12 Rüben sowie deren Blattmasse wurden vor Ort gewogen. Für die Bestimmung der TS erfolgte vor Ort die Zerlegung von 2 Rüben gemäß Abbildung 1. Die Vermessung und Gewichtsermittlung dieser Probenaliquote erfolgte im Labor.



Abbildung 1: a) Agrofrostfläche mit Zuckerrüben (Quelle: C. Böhm), b) Zerlegung der Rüben für die TS-Bestimmung: Querschnitt (1), Längsschnitt (2) und Blatt (3) (Quelle: Uni Kiel 2012, verändert)

		X	O		X			X			X
X			X			X			X		
		X			X		O	X			X

Abbildung 2: Vorgehensweise der Rübenbeprobung auf einer Parzelle (Kasten = Rübe, X = Rübe für Frischgewichtsbestimmung, O = Rübe für TS-Bestimmung)

Zusätzlich wurden in Arealen, die sich bezüglich des Rübenwachstums vor dem Hintergrund der ausgeprägten Trockenperiode 2015 deutlich unterschieden, 10 gutwüchsige (mutmaßlich wenig trockengestresst) und 10 schwachwüchsige Rüben (mutmaßlich stark trockengestresst) ausgewählt und der Zuckergehalt sowie die TS bestimmt. Anschließend wurde der Zuckergehalt der Rüben in Beziehung zur Wüchsigkeit gesetzt.

3 Ergebnisse

Auf dem 96 m breiten Ackerstreifen (Abb. 3) zeigt die ermittelte Trockenmasse der Zuckerrüben, in Abhängigkeit von der Distanz zum nächsten Gehölzstreifen, einen M-förmigen, zum Ackerrand hin abfallenden Verlauf. Im Vergleich zur Referenzfläche konnten für die Abstände 12 m (West und Ost) und 48 m (Mitte) durchschnittlich rund

20 % höhere Trockenmasse-Werte erzielt werden. Die Werte der Abstände 3 m Ost und 3 m West hingegen, lagen im Mittel um ca. 8,5 % unter dem durchschnittlichen Ertrag der Referenzfläche. Gemäß der Varianzanalyse waren diese Unterschiede mit statistisch signifikant ($p = 0,025$).

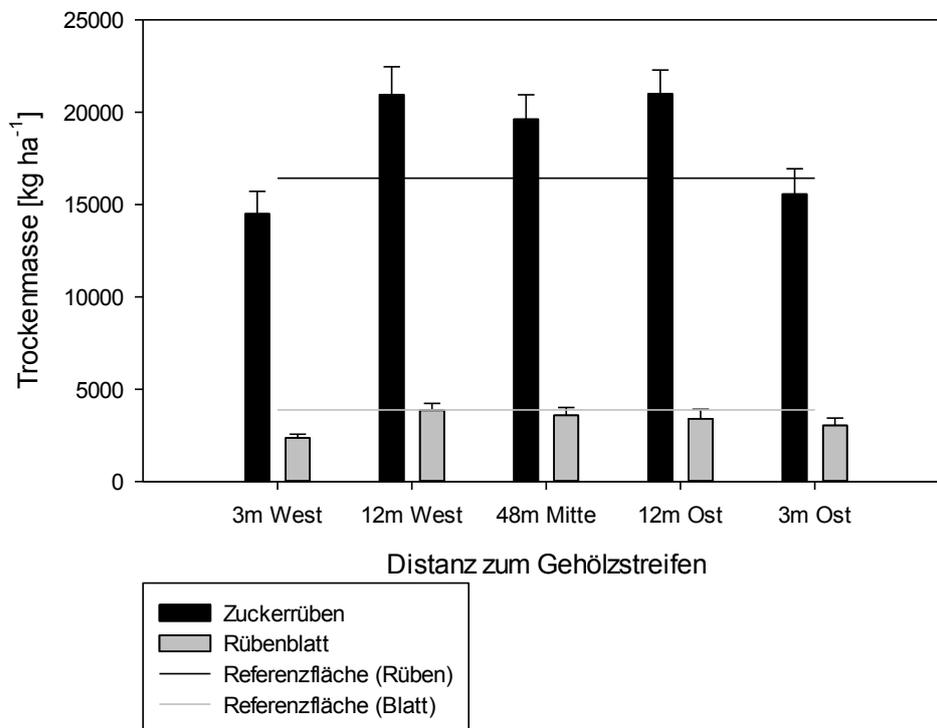


Abbildung 3: Trockenmasse von Zuckerrüben und Rübenblatt des 96 m breiten Ackerstreifens auf der Agroforst-Versuchsfläche sowie der benachbarten Referenzfläche, ermittelt in verschiedenen Abständen zum Gehölzstreifen (Sept./Okt. 2015; $n = 6$)

Für die Rübenblatt-Trockenmasse des 96 m breiten Ackerstreifens zeigte sich ebenfalls eine zum Rand des Ackerstreifens hin abfallende Tendenz. Auffällig ist, dass auf der Referenzfläche eine um durchschnittlich ca. 19 % höhere TS-Blattmasse ermittelt werden konnte, während die gemittelte TS-Rübenmasse der Referenzfläche um rund 10 % unter dem Wert des 96 m Ackerstreifens lag. Diese Unterschiede waren nach der Varianzanalyse jedoch nicht statistisch signifikant.

Die Ergebnisse des 48 m breiten Ackerstreifens (Abb. 4) zeigen eine abfallende Tendenz von West nach Ost, sowohl bei der Blatt- als auch bei der Rübenmasse. Diese Unterschiede waren statistisch signifikant ($p = 0,006$). Gegenüber der Referenzfläche konnte für den 48 m breiten Ackerstreifen im Mittel eine ca. 19 % höhere Zuckerrüben-Trockenmasse festgestellt werden. Allerdings liegen die Werte für die Blattmasse der Referenzfläche leicht höher als auf dem Ackerstreifen. Dies steht erneut im Kontrast zu den Ergebnissen bezüglich der Rübenmasse. Für das ermittelte Rübenblattgewicht liegen keine statistisch signifikanten Unterschiede vor.

Auf dem 24 m breiten Ackerstreifen (Abb. 5) zeigte sich die Ackermitte gegenüber den Ackerrändern (3 m Ost und West) als ertragsstärker (im Mittel etwa 18 % höher). Zwischen den Randbereichen trat, wie bei den 48 m breiten Ackerstreifen auch, ein West-Ost Gefälle auf. Hier zeigte der Bereich 3 m West gegenüber dem Bereich 3 m Ost einen um durchschnittlich rund 19 % höheren TS-Rübenenertrag. Des Weiteren lag die durchschnittliche Rübenmasse des 24 m breiten Ackerstreifens um rund 10 % höher als

auf der Referenzfläche. Lediglich im Bereich 3 m Ost lag der Ertrag erneut unter dem Durchschnittswert der Referenzfläche. Die Ertragsunterschiede des 24 m breiten Ackerstreifens waren allerdings statistisch nicht signifikant ($p = 0,291$).

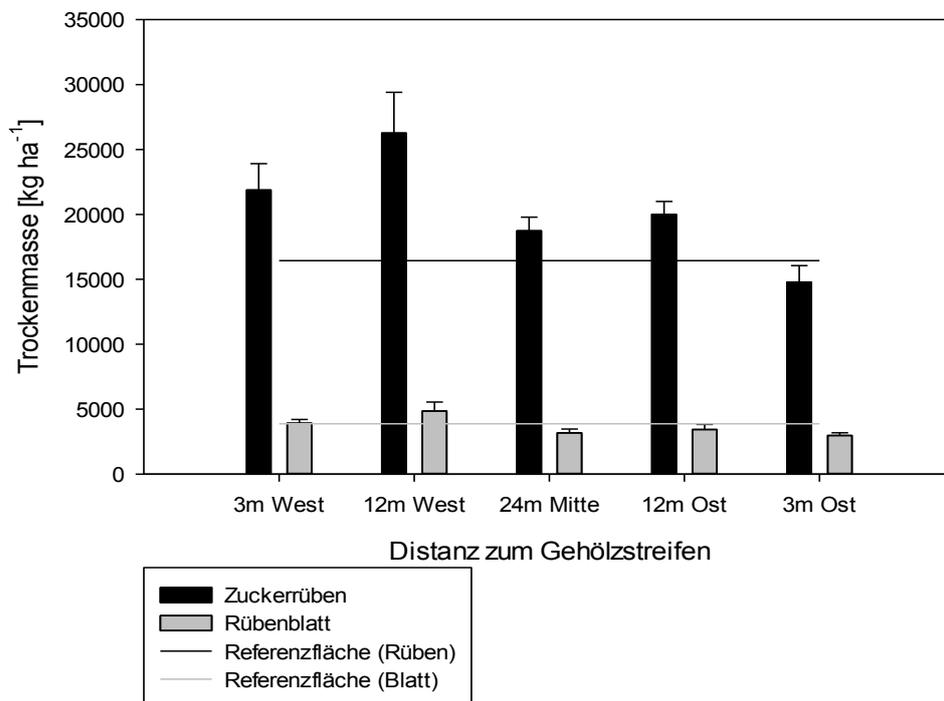


Abbildung 4: Trockenmasse von Zuckerrüben und Rübenblatt des 48 m breiten Ackerstreifens auf der Agroforst-Versuchsfläche und der benachbarten Referenzfläche, ermittelt in verschiedenen Abständen zum Gehölzstreifen (Sept./Okt. 2015; $n = 6$)

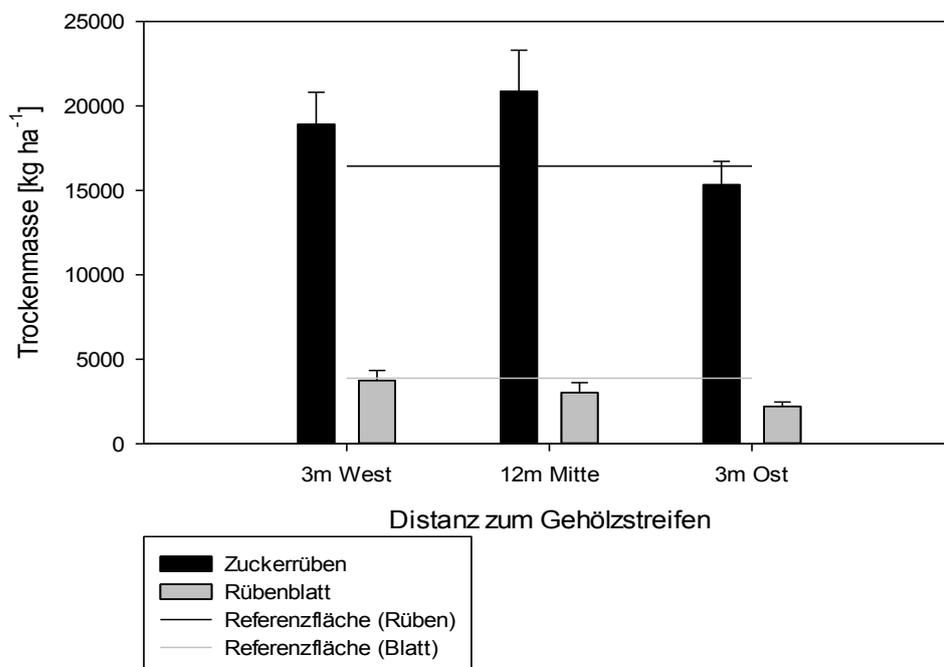


Abbildung 5: Trockenmasse von Zuckerrüben und Rübenblatt des 24 m breiten Ackerstreifens auf der Agroforst-Versuchsfläche und der benachbarten Referenzfläche, ermittelt in verschiedenen Abständen zum Gehölzstreifen (Sept./Okt. 2015; $n = 6$)

Für das Rübekraut zeigte sich insgesamt eine abfallende West-Ost-Tendenz, wobei alle ermittelten Werte des Ackerstreifens unterhalb des Durchschnittswertes der Referenzfläche lagen. Im Mittel konnte auf der Referenzfläche eine um ca. 29 % höhere Rübekraut-Trockenmasse nachgewiesen werden.

Der Vergleich von schwachwüchsigen und gutwüchsigen Zuckerrüben hinsichtlich ihres Zuckergehaltes (Abb. 6) zeigte keine signifikanten Unterschiede. Ein Zusammenhang zwischen Größe oder Gewicht und dem Zuckergehalt einer Rübe war somit nicht zu erkennen und konnte mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Folglich war davon auszugehen, dass der Trockenstress keinen wesentlichen Einfluss auf den Zuckergehalt der Rüben hatte.

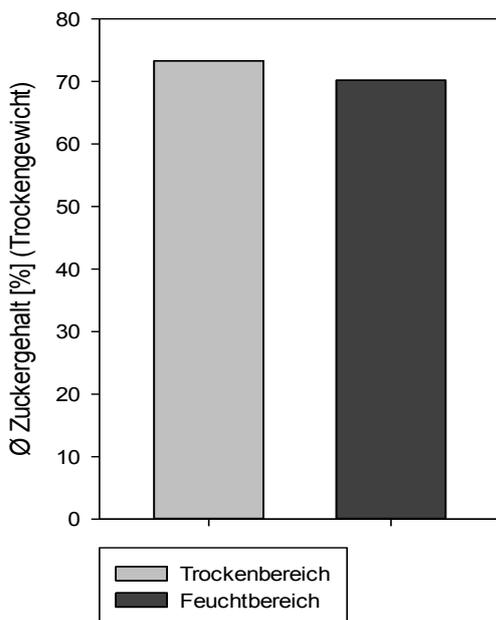


Abbildung 6: Vergleich zwischen schwachwüchsigen Zuckerrüben unter Trockenstress und gutwüchsigen Zuckerrüben ohne erkennbaren Trockenstress (am 19.10.2015) hinsichtlich des mittleren Zuckergehaltes (Anteil am Trockengewicht)

4 Diskussion

Die Zuckerrüben-Ertragserhebung des untersuchten Agroforstsystems zeigte im Durchschnitt deutlich höhere potentielle Flächenerträge als die zum Vergleich herangezogene Referenzfläche. Innerhalb der Ackerstreifen war der Ertrag allerdings stark vom betrachteten Bereich abhängig. Diese Tatsache lässt wiederum eine Einflussnahme der Gehölzstreifen auf das Wuchsverhalten der Zuckerrüben und damit auf die Erntemenge vermuten. Es zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit der Ertragshöhe von der Distanz zum Gehölzstreifen. Das sowohl bei der Ertragsmenge der Rüben sowie des Rübekrauts auftretende West-Ost-Gefälle könnte auf die am Standort vorherrschenden westlichen bzw. südwestlichen Windrichtung und der damit verbundenen, durch die Gehölzstreifen bedingten Reduktion der Windgeschwindigkeit zurückzuführen sein (Böhm et al. 2014). In diesem Fall ist von einem positiven Effekt auf das Bestandesmikroklima und somit auf die Zuckerrüben im westlichen, durch die Bäume

stärker windgeschützten Bereich (Lee-Seite) des Ackerstreifens auszugehen. Diese windgeschützteren Bereiche können so einen positiven Effekt auf die Wuchsbedingungen vor allem in Hinblick auf den Feuchtigkeitshaushalt von Luft und Boden entwickeln (Schmidt 2011, Kanzler et al. 2016). Untersuchungen der Bodenfeuchte auf derselben Versuchsfläche von Lemm u. Weis (2016) bekräftigen diese Annahme. Allerdings zeigten sich in den Nahbereichen zu den Gehölzstreifen auch vermeintliche Konkurrenzeffekte zwischen den Gehölzen und den Ackerkulturen, insbesondere im Hinblick auf Licht und Bodenwasser (Quinkenstein et al. 2008).

Des Weiteren wurde auf nahezu der gesamten Ackerfruchtfläche des Agroforstsystems eine geringere Rübenblattentwicklung als auf der Referenzfläche festgestellt. Dies kann nur teilweise mit einer auftretenden Konkurrenzsituation zwischen den Baumstreifen und den Ackerkulturen der Agroforstfläche erklärt werden. Vielmehr schien die Blattentwicklung mit dem überdurchschnittlich trockenen Sommer des Untersuchungsjahres in Verbindung zu stehen. Aufgrund der unterschiedlichen Empfindlichkeit des Blatt- bzw. Rübenkörperwachstums gegenüber Wassermangel, kann moderater Trockenstress zu einem vermindertem Blattwachstum bei gleichzeitig erhöhtem Wurzelwachstum führen (Merbach et al. 2001). Die Verschiebung des Blatt/Wurzel-Verhältnisses zugunsten des Rübenkörpers auf der Agroforstfläche könnte folglich auf eine im Mittel eher einsetzende, jedoch zunächst nicht schädigend wirkende Trockenstresssituation bei den Zuckerrüben zurückzuführen sein. So ist der Standort aufgrund alter Flussarme durch eine sehr unterschiedliche Unterbodentextur gekennzeichnet. Bereiche mit kiesigem Untergrund waren im sehr trockenen Sommer 2015 besonders von Wassermangel betroffen, da der vergleichsweise homogene Oberboden aufgrund der anhaltenden Trockenheit für die Wasserversorgung der Pflanzen an Bedeutung verlor. Nach anhaltender Trockenheit waren die Bereiche mit kiesiger bzw. grobsandiger, also weniger Wasser haltenden Unterbodentextur, jedoch allgemein durch starke Wuchsdepressionen und insgesamt niedrigere Erträge gekennzeichnet.

Es zeigte sich weiterhin, dass der Zuckergehalt der Zuckerrüben weitgehend unabhängig von der Rübengröße ist und somit auch durch trockenstressbedingte verminderte Wüchsigkeit unbeeinflusst bleibt. Das bestätigt die Vermutung, dass der Zuckergehalt weniger von der Witterung und den Bodeneigenschaften, sondern zum einen von anbautechnischen Maßnahmen wie die Applikation von Pflanzenschutz- oder Düngemitteln und zum anderen vom Genotyp beeinflusst wird (Pringas u. Märländer 2004). Das bedeutet, dass auch eine erhöhte Wüchsigkeit der Zuckerrüben zu keinem prozentual höheren Zuckergehalt führt (Hoffmann u. Loel 2015). Ferner wurde deutlich, dass vermeintliche Konkurrenzeffekte durch die Gehölzstreifen keinen negativen Einfluss auf den Zuckergehalt der Rüben ausüben.

Danksagung

Die Autoren danken der Europäischen Union für die finanzielle Förderung des Forschungsprojektes AGFORWARD (Seventh Framework Program; Förderkennzeichen: 613520), in dessen Rahmen diese Studie durchgeführt wurde.

Literatur

- Böhm C, Freese D, Kanzler M (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforestry Systems* 88, 579-591.
- Hoffmann C, Loel J (2015): Bedeutung der Züchtung für den Ertragsanstieg von Zuckerrüben. *Zuckerindustrie* 140, 48-56.
- Kanzler M, Böhm C, Mirck J, Schmitt D, Veste M (2016): Agroforstliche Landnutzung als Anpassungsstrategie an den Klimawandel. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbau* 28, 126-127.
- Lemm A, Weis E (2016): Bodenfeuchtemessungen im Agroforstsystem in Neu Sacro – Auswirkungen der Gehölzstreifen auf die Ackerstreifen. Studienprojekt BTU Cottbus.
- Merbach W, Wittenmayer L, Augustin J (2001): *Physiologie und Funktion von Pflanzenwurzeln*. Teubner, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden.
- Pringas C, Märländer B (2004): Einfluss konservierender Bodenbearbeitung auf Ertrag, Qualität, Rentabilität und Cercospora-Befall von Zuckerrüben – Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen. *Pflanzenbauwissenschaften* 8, 82- 90.
- Quinkenstein A, Böhm C, Freese D, Wöllecke J, Grünwald H, Schneider B, Hüttl R (2008): Alley-Cropping – Ein klima-adaptierbares Landnutzungssystem zur nachhaltigen Biomasseproduktion. *Forum der Forschung* 21/2008, 131-138.
- Schmidt C (2011): Zur ökonomischen Bewertung von Agroforstsystemen. Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Untersuchungen zu Ertrag und Begleitflora einer agroforstlich bewirtschafteten Haferfläche mit zwei Hafersorten

Julia Rieken, Christian Böhm*

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046, Cottbus

*Kontakt: T: 0355/69 4145 – F: 0355/69 2323 – E: boehmc@b-tu.de

1 Einleitung

Der Einfluss von Gehölzkulturen auf das Wachstum und den Ertrag von Ackerkulturen stellt für Landwirte eine wichtige Bewertungsgröße bei der Auseinandersetzung mit agroforstlichen Nutzungsformen dar. Prinzipiell treten auf Agroforstflächen zwischen Gehölz- und Ackerkulturen sowohl Interaktionen auf, die diesbezüglich als negativ gewertet werden, als auch solche mit positiven Auswirkungen. Ob und mit welcher Intensität eine Beeinflussung der Ackerkulturen stattfindet, hängt wesentlich von der Ausprägung der Gehölzkulturen, der Art der Ackerkulturen, der Entfernung von den Gehölzflächen sowie von den Standorts- und Witterungsbedingungen ab.

Im Kurzumtrieb bewirtschaftete Agrarholzstreifen zeichnen sich durch eine vergleichsweise geringe Höhe aus (zumeist < 10 m). Deren Beschattungsreichweite ist daher geringer als bei Gehölzstrukturen mit Altbäumen. Ihre Windschutzwirkung ist dennoch – insbesondere bei aufeinanderfolgenden Gehölzstreifen – recht groß (Böhm et al. 2014). Folglich beeinflussen sie auch das Mikroklima angrenzender Ackerfruchtareale (siehe z.B. Kanzler et al. in diesem Tagungsband), was wiederum mit Auswirkungen auf den Ertrag der hier angebauten Ackerkulturen verbunden sein kann.

Nach den bisherigen Erfahrungen und Forschungsergebnissen (z.B. Pretzschel et al. 1991, Böhm et al. 2011, Böhm 2012, Sürböck et al. 2005, Mirck et al. 2016) sind positive Ertragseinflüsse vor allem auf Standorten mit limitierter Wasserversorgung zu erwarten. Hierzu gehören auch die sandigen, vergleichsweise ertragsschwachen Ackerböden Südbrandenburgs, zumal diese Region durch geringe Jahresniederschlagsmengen (ca. 550 mm) gekennzeichnet ist. Vor diesem Hintergrund sollte auf einer im Frühjahr 2015 begründeten Agroforstfläche mit Kurzumtriebswirtschaft untersucht werden, ob eine Beeinflussung von Hafer (*Avena*) als eine für diesen Standort typische Kultur bereits im zweiten Standjahr der Gehölze nachweisbar ist und ob diesbezüglich Unterschiede zwischen einer alten Hafersorte und einer im heutigen konventionellen Anbau genutzte Hafersorte auftreten.

Die hier vorgestellten Untersuchungen sind Teil einer Bachelorarbeit mit dem Titel „Effekte agroforstlicher Nutzung auf den Ertrag verschiedener Hafersorten in Südbrandenburg“, die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Beitrages noch nicht abgeschlossen ist.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungsfläche befindet sich in Peickwitz (Südbrandenburg) und wird von dem dort ansässigen Landwirtschaftsbetrieb Domin bewirtschaftet. Die für die Ertragsmessungen relevante Ackerfläche ist reichlich 4 ha groß und in Ost-West-Richtung ca. 150 m breit. Am westlichen und östlichen Rand wird die Fläche von ca. 20 bzw. 10 m breiten, in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Gehölzstreifen aus Pappel (*Populus spec.*) begrenzt (Abb. 1). Die Gehölzstreifen wurden im Frühjahr 2015 angelegt und waren zum Zeitpunkt der Erhebungen 1,5 Jahre alt. Auf der dazwischen befindlichen Ackerfläche wurden konventioneller Hafer (*Avena sativa*, Sorte Max) [KH] und Fahnenhafer (*A. sativa* subsp. *orientalis*) [FH] angebaut (Abb. 2).



Abbildung 1: Untersuchungsfläche mit Gehölzstreifen



Abbildung 2: Transekte und Beprobungspunkte auf der Untersuchungsfläche

Die Ermittlung der Ertrags- und Vegetationsdaten erfolgte entlang von insgesamt 8 Transekten, auf denen in verschiedenen Abständen (3, 6, 12, 24, 48, 75 m [Mitte]) zu den Gehölzstreifen jeweils 11 Beprobungspunkte angelegt wurden (Abb. 2). An diesen Punkten erfolgte wenige Tage vor der Ernte die Bestimmung der Erträge auf der Grundlage von Teilernten, wobei jeweils Flächen von 0,25 m² vollständig beprobt wurden. Analog dazu wurden ca. 1,5 Monate zuvor die relativen Deckungsgrade der Vegetation auf Teilflächen von jeweils 0,5 m² erhoben. Als Referenzstandort wurde die Mitte des Ackerstreifens betrachtet, da davon auszugehen war, dass in einer Entfernung von 75 m zu den Gehölzstreifen kein nennenswerter Einfluss der zu dieser Zeit im Mittel 2,5 m hohen Bäume vorlag.

Im Rahmen der unter Kapitel 1 genannten Bachelorarbeit wurden ferner Boden- (Nährstoff- und Humusgehalte) und Kornanalysen (Nährstoffgehalte) durchgeführt, die hier jedoch nicht dargestellt sind.

3 Ergebnisse

Die Erträge zwischen KH und FH differierten sehr stark. Der Kornertrag beim KH betrug im Mittel 3,8 t/ha, während er beim FH durchschnittlich unter 2 t/ha lag. Aufgrund des deutlich höheren Strohertrages war die Gesamtbiomasse beim FH jedoch mit jener des KH vergleichbar. Das Korn/Stroh Verhältnis beim konventionellem Hafer betrug im Mittel 60 % zu 40 %, jenes des Fahnenhafers im Mittel 30 % zu 70 % (Abb. 3). Ein gerichteter Einfluss der noch jungen Gehölzstreifen wurde bei keiner der beiden Hafersorten registriert. Allerdings war der Kornertrag – insbesondere beim KH – in den Randbereichen tendenziell niedriger als im Zentrum der Ackerfläche.

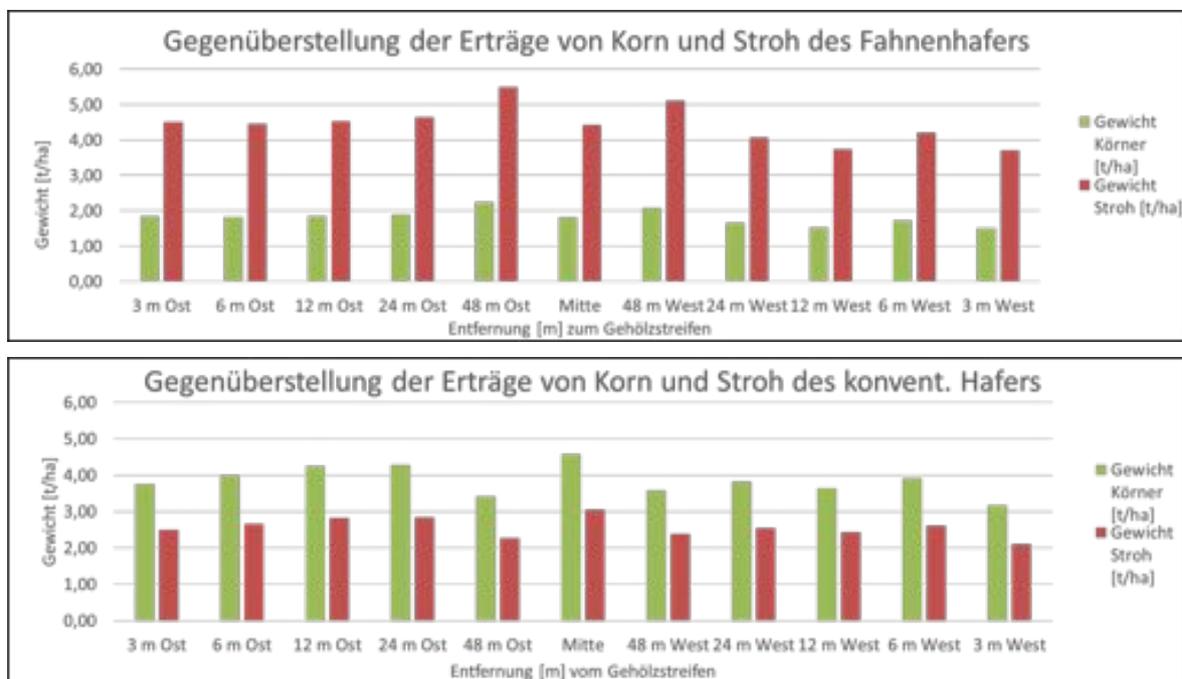


Abbildung 3: Korn- und Stroherträge von konventionellem Hafer (oben) und Fahnenhafer (unten) in Abhängigkeit des Abstandes zu den Gehölzstreifen

Dies scheint nach gegenwärtigem Erkenntnisstand insbesondere mit dem Deckungsgrad [DG] des Hafers in Verbindung zu stehen (Abb. 3). Zu klären ist in diesem Fall jedoch, ob die DG-Differenzen auf eine Konkurrenzwirkung der Gehölze oder eher auf bewirtschaftungsbedingte Unterschiede der Drilldichte zurückzuführen sind. Letzteres ist wahrscheinlicher, da die Bearbeitungsrichtung aufgrund des Versuchsaufbaus (Wechsel zwischen FH und KH) in Ost-West-Richtung verlief und folglich die Bereiche nahe der Gehölzstreifen als Vorgewende genutzt wurden.

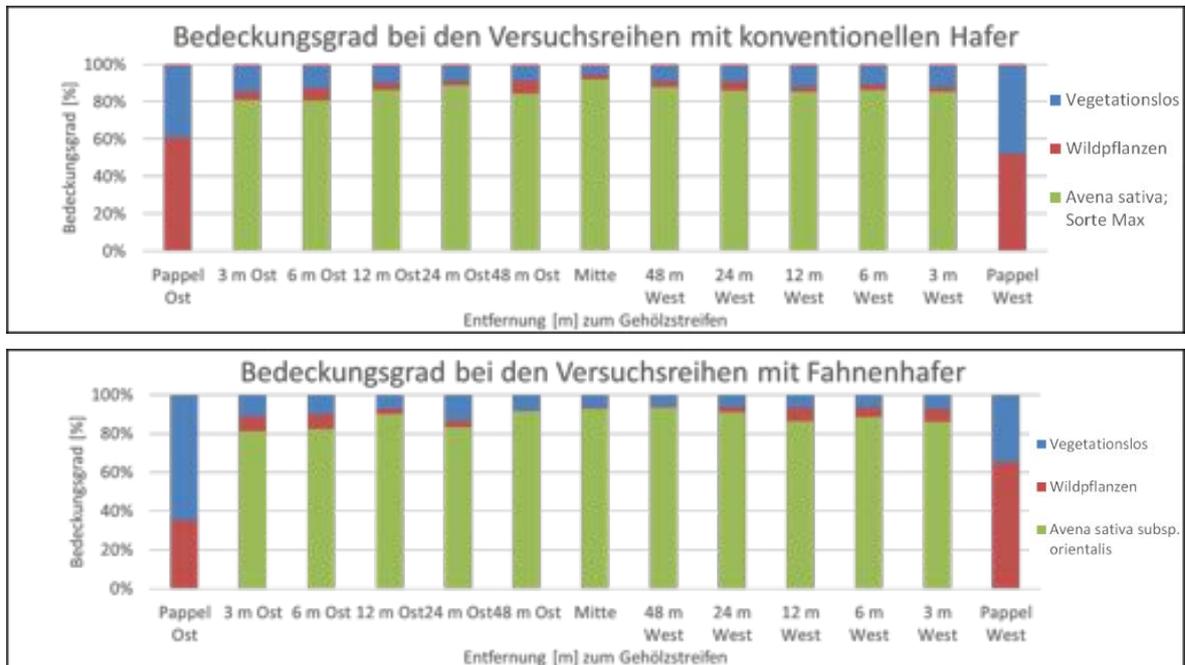


Abbildung 4: Deckungsgrad der Krautschicht bei konventionellem Hafer (oben) und Fahnenhafer (unten) in Abhängigkeit des Abstandes zum Gehölzstreifen (reduziert auf Hafer, Beikräuter insgesamt und vegetationsfreie Bereiche)

Auf dem Untersuchungsfeld (einschließlich Gehölzstreifen) vorgefunden wurden 28 Beikrautarten. Beim FH war der Deckungsgrad der Wildpflanzen bis ca. 24 m Entfernung zum Gehölzstreifen tendenziell etwas höher als in der Mitte der Haferfläche. Kein gerichteter Trend war hingegen beim KH erkennbar. Bei beiden Hafersorten deutlich sichtbar war jedoch eine Zunahme der vegetationsfreien Fläche innerhalb der Aufnahmequadrate in Richtung Gehölzstreifen (Abb. 4).

4 Fazit und Ausblick

Die noch jungen Gehölzstreifen hatten ungeachtet der Hafersorte keinen nennenswerten Einfluss auf den Hafertrag. Dies galt sowohl hinsichtlich des Kornes als auch bezüglich des Stroh. Lediglich beim KH konnte an der Ostseite eine leichte, gleichmäßige Ertragszunahme von 3 m zu 24 m Entfernung registriert werden. Dies ist vermutlich auf DG-Unterschiede zurückzuführen. So war der DG des Hafers im Randbereich der Gehölzstreifen tendenziell niedriger als in der Mitte der Ackerkulturfläche. Allerdings könnten hierfür auch bewirtschaftungstechnisch bedingte Gründe verantwortlich gewesen sein (Vorgewende). Ein verstärkter Beikrautdruck im Nahbereich der Gehölzstreifen

wurde nur beim FH festgestellt. Wesentliche, hieraus resultierende Ertragseinbußen sind jedoch nicht wahrscheinlich.

Da mit zunehmendem Alter und folglich zunehmender Baumhöhe von einer Verstärkung der Wechselwirkungen zwischen Gehölz- und Ackerkulturen auszugehen ist, sollten diese Erhebungen zu einem späteren Zeitpunkt wiederholt und der hier dargestellten Frühphase des Agroforstsystems gegenübergestellt werden. Dies gilt ebenso für die Entwicklung des Beikrautdruckes. Allerdings verweisen Ergebnisse anderer Agroforstflächen darauf hin, dass bei konventioneller Bewirtschaftung auch bei älteren Systemen nicht davon auszugehen ist, dass die Gehölzstreifen zu einem stark erhöhten Beikrautdruck führen (Bärwolff et al. 2014, Kanzler u. Böhm 2015).

Im Rahmen dieser Studie bleibt zudem zu klären, ob die dargestellten Ertrags- und Deckungsgradwerte mit den Nährstoffgehalten des Bodens und des Korns in korrelativem Zusammenhang stehen.

Danksagung

Die Autoren danken dem BMBF die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojektes AUFWERTEN (FKZ: 033L129AN). In dessen Rahmen diese Untersuchungen durchgeführt wurden. Ebenso sei dem Landwirtschaftsbetrieb Domin für die gute Zusammenarbeit gedankt.

Literatur

Bärwolff M, Jung LS, Vetter A (2014): Begleitvegetation eines Energieholz-Agroforstsystems – Eine Bewertung hinsichtlich Biodiversität und Ertragsbeeinflussung. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 26, 56-57.

Böhm C, Quinkenstein A, Freese D, Hüttl RF (2011): Assessing the short rotation woody biomass production on marginal post-mining areas. Journal of Forest Science 57, 303-311.

Böhm C (2012): Verbundvorhaben: Ökonomische und ökologische Bewertung von Agroforstsystemen in der landwirtschaftlichen Praxis (AgroForstEnergie); Teilvorhaben 2: Rekultivierungsfläche in Brandenburg (Förderkennzeichen des Projektträgers Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: 22009707), Abschlußbericht des Teilvorhabens 2.

Böhm C, Kanzler M, Freese D (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany Agroforestry Systems 88, 579-591.

Kanzler M, Böhm C (2015): Nachhaltige Erzeugung von Energieholz in Agroforstsystemen (AgroForstEnergie II) – Teilvorhaben 2: Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit, Wasserhaushalt und Mikroklima. Abschlußbericht, Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow, 156 S.

Mirck J, Kanzler M, Böhm C, Freese D (2016): Sugar beet yields and soil moisture measurements in an alley cropping system. In: Gosme M (Hrsg.): Celebrating 20 years of Agroforestry research in Europe, 3rd European Agroforestry Conference, Book of Abstracts, 282-285.

Pretzschel M, Bohme G, Krause H (1991): Effects of shelterbelts on crop yield. *Feldwirtschaft* 32, 229-231.

Surböck A, Faustmann P, Heinzinger M, Friedel JK, Klick A, Freyer B (2005): Auswirkungen einer Hecke auf Bodenwasserhaushalt, Bodenparameter und Ertrag in angrenzenden Ackerflächen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 17, 20-21.

Einfluss agroforstlicher Nutzung auf das Mikroklima, den Ackerfruchtertrag und die potentielle Evaporation

Michael Kanzler^{1*}, Christian Böhm¹, Jaconette Mirck¹, Dieter Schmitt², Maik Veste^{1,2}

¹Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus

^{*}Kontakt: T: 0355/69 5064 – F: 0355/69 2323 – E: kanzlmic@b-tu.de

²Universität Hohenheim, Institut für Botanik, Garbenstraße 30, 70599 Stuttgart

Zusammenfassung

Der folgende Beitrag widmet sich der Frage, inwieweit sich mikroklimatische Änderungen in einem Agroforstsystem (AFS) bedingt durch die Gehölzkomponente kleinräumig auf die gemessene Evaporation sowie auf die Produktivität von Winterweizen (*Triticum aestivum*) auswirken. Hierfür wurden im Zeitraum von März bis August 2016 Untersuchungen auf einem ca. 40 ha großen Agroforstschlag und einer angrenzenden, konventionell bewirtschafteten Freifläche bei Neu Sacro (Landkreis Spree-Neiße, Brandenburg) durchgeführt. Neben mikroklimatischen Kenngrößen wie der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchte, der Windgeschwindigkeit und der Globalstrahlung wurde auch die Evaporation nach Piche bestimmt. Ergänzend wurden Ertragsmessungen zum Kornenertrag und Messungen zum Blattflächenindex (LAI) des angebauten Winterweizens durchgeführt. Neben Änderungen der Tagesminima der relativen Luftfeuchtigkeit im Nahbereich der Gehölzstreifen wurde eine Reduktion der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von bis zu 51 % gegenüber der Freifläche festgestellt. Die Minderung der Evaporation im Vergleich zur Freifläche betrug je nach Witterung bzw. Nähe zum Gehölzstreifen bis zu 58 % und wurde dabei maßgeblich durch die Windgeschwindigkeit beeinflusst. Räumliche Unterschiede ergaben sich auch bezüglich des Kornenertrags sowie beim LAI. So fielen die Kornenerträge im Agroforstsystem mit bis zu 9,2 t ha⁻¹ gegenüber ca. 7,0 t ha⁻¹ für die Referenzfläche überwiegend höher aus. Mit Ausnahme des Leebereichs in 3 m Entfernung zum Gehölzstreifen lagen auch die LAI-Werte des AFS über jenen der angrenzenden Freifläche. Diese ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass in AFS durch Gehölzstrukturen neben der Windgeschwindigkeit auch die Wasserverdunstung im Bereich der angrenzenden Ackerkulturen gemindert werden kann. Die mikroklimatischen Unterschiede wirkten sich dabei potentiell auch positiv auf das Wachstumsverhalten bzw. den Ertrag des Winterweizens aus. Vor dem Hintergrund einer Verringerung der potentiellen Evaporation und einer hieraus resultierenden höheren Wasserverfügbarkeit für die Ackerkulturen könnte die agroforstliche Landnutzung zukünftig auch für trockenheitsgefährdete Gebiete Mitteleuropas eine vorteilhafte Anpassungsstrategie des Ackerbaus an den Klimawandel darstellen.

1 Hintergrund

Der parallele Anbau von Ackerfrüchten und Agrarholz in Agroforstsystemen führt zu einer ökologischen Aufwertung der landwirtschaftlichen Nutzfläche und hat zudem positive Auswirkungen auf das Mikroklima zwischen den Gehölzstreifen. Bei streifenförmigen Agroforstsystemen (Alley Cropping) in Brandenburg konnte eine deutliche Reduktion der Windgeschwindigkeit, von Temperaturextremen sowie ein Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit beobachtet werden (Böhm et al. 2014, Kanzler et al. 2015). Die Luftfeuchte und die Windgeschwindigkeit üben hier einen erheblichen Einfluss auf die potentielle Evaporation aus. Dabei stellt sich die Frage, ob und inwieweit sich diese Veränderungen kleinräumig auf die gemessene Evaporation und auf die Produktivität von Winterweizen (*Triticum aestivum*) auswirken.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen werden seit März 2016 auf einem 40 ha großen Agroforstschlag bei Neu Sacro (Landkreis Spree-Neiße, Brandenburg) sowie auf einer angrenzenden, konventionell bewirtschafteten Ackerfläche durchgeführt. Abbildung 1 zeigt wie hierfür in einem 48 m breiten Ackerstreifen in regelmäßigen Abständen (3, 9, 15, 24 m) zu den Gehölzstreifen (Pappel, ~ 3,5 bis 4 m Höhe) und auf einer nahegelegenen Ackerfläche (Freifläche) folgende Feldanalytik installiert wurde: (1) 32 Datalogger (Hobo V2 Pro) zur Aufzeichnung der Lufttemperatur und relativen Luftfeuchte, (2) 6 Wetterstationen (Globalstrahlung, Niederschlag, Windgeschwindigkeit), (3) 3 zusätzliche Anemometer und (4) 21 Verdunstungsmesser nach Piche.

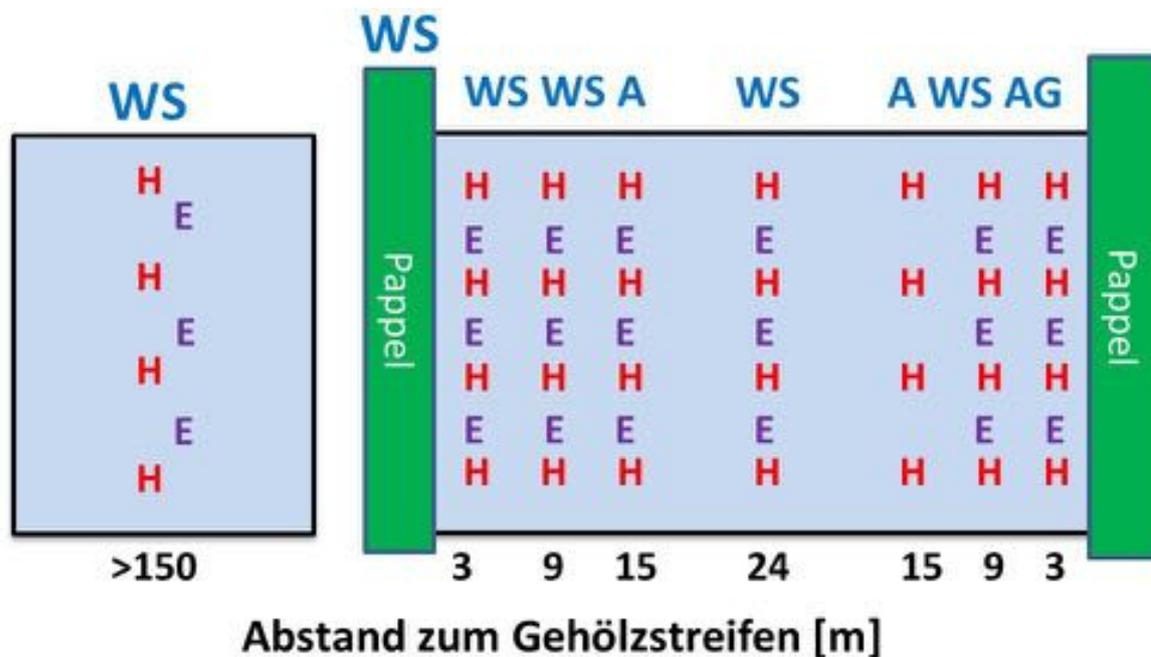


Abbildung 1: Aufbau der Feldanalytik in einem 48 m breiten Ackerstreifen eines Agroforstsystems sowie in einer nahegelegenen Freifläche während der Untersuchungsperiode März – August 2016; WS = Wetterstation, A = Anemometer, E = Verdunstungsmesser nach Piche, H = Hobo-Sensor, G = Globalstrahlungssensor

Die Aufzeichnung der Wetterdaten an den Wetterstationen erfolgte in 1 m über der Geländeoberfläche (GOF), bei den Hobo-Sensoren in Abhängigkeit der Höhe des Winterweizens in bis zu 1,5 m über GOF. Die Wetterdaten wurden in einem Messintervall von 10 Minuten aufgezeichnet. Die Evaporimeter nach Piche (Thies CLIMA, Type: 6.1425.00.000, 33 cm lange Glasröhrchen) wurden in 1,5 m über GOF befestigt (Abb. 2a) und mit ca. 36 ml destilliertem Wasser aufgefüllt. An der Öffnung der Glasröhrchen wurde Filterpapier (140 g m^{-2} , $A = 23,8 \text{ cm}^2$) angebracht und zum Druckausgleich in der Mitte perforiert. Die Röhrchen wurden für 24 Stunden im Feld belassen und anschließend die verdunstete Wassermenge abgelesen. Der Blattflächenindex des Winterweizens wurde an den mikroklimatischen Messpunkten und auf der Referenzfläche mit einem LiCor-2200 Plant Canopy Analyzer im Juni 2016 gemessen (Abb. 2b).

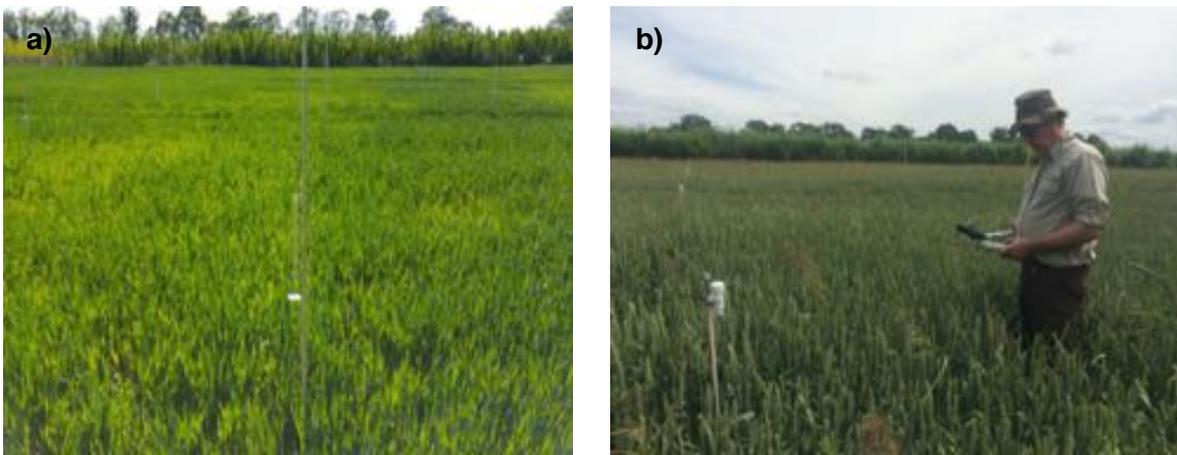


Abbildung 2: a) Verdunstungsmesser nach Piche und b) LAI-Messung im Feld

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Pappel-Gehölzstreifen übten trotz ihrer vergleichsweise geringen Höhe einen erheblichen Einfluss auf das Mikroklima aus. So lagen die Tagesminima der relativen Luftfeuchtigkeit im Nahbereich der Gehölzstreifen (in einer Entfernung von 3 m Ost und West) im Mittel $\sim 19 \%$ höher als auf der Referenzfläche. Die Reduktion der Windgeschwindigkeit schwankte durchschnittlich zwischen 17% (9 m Ost) und ca. 51% (3 m West).

Die Minderung der Evaporation im Vergleich zur Freifläche betrug je nach Witterung bzw. Nähe zum Gehölzstreifen bis zu 58% (Abb. 3a). Die verdunstete Wassermenge richtete sich dabei im Wesentlichen nach der Höhe der ermittelten Windgeschwindigkeit (Abb. 3b).

Räumliche Unterschiede konnten ferner auch bezüglich des LAI (Kanzler et al. 2016) und des Kornertrages des Winterweizens festgestellt werden. So lagen die Kornerträge – bezogen auf die Ackerfruchtfläche – im Agroforstsystem mit bis zu $9,2 \text{ t ha}^{-1}$ gegenüber ca. $7,0 \text{ t ha}^{-1}$ auf der Freifläche überwiegend höher. Die höchsten Erträge wurden in 9 m Entfernung westlich und 15 m östlich sowie westlich der Gehölzstreifen festgestellt. Auch die LAI-Messungen vom Juni 2016 zeigten bis auf den Messpunkt 3 m westlich des Gehölzstreifens höhere Blattflächenindizes, obgleich keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden.

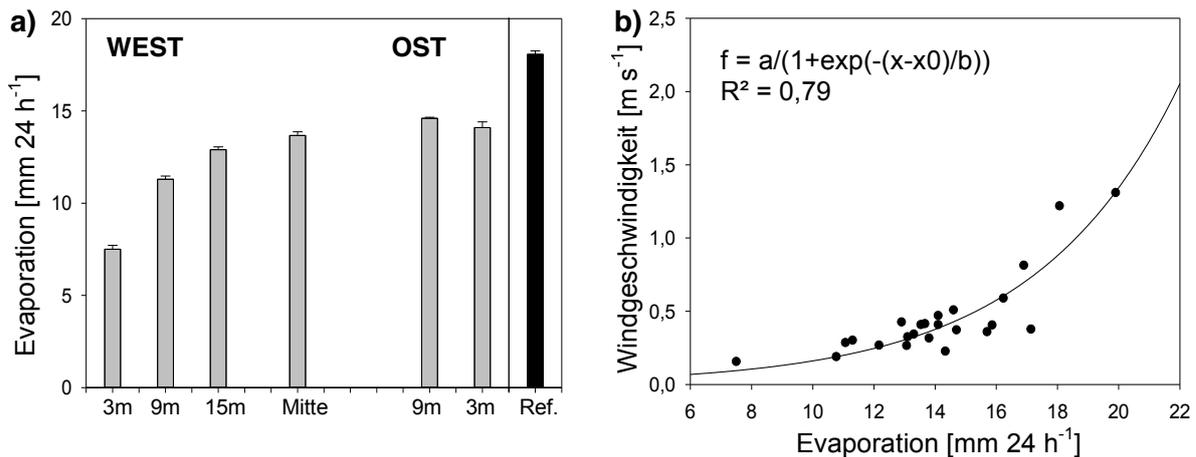


Abbildung 3: a) Evaporation nach Piche gemessen in verschiedenen Abständen zum Pappelgehölzstreifen sowie auf der Referenzfläche (Ref.) am 18. bzw. 19. Juli 2016. (n = 3; Mittelwert und Standardfehler) und b) Nichtlineare Regression (sigmoidal) zwischen der Evaporation (3 Messungen, Juli 2016) und der Windgeschwindigkeit aller Messpositionen im 48 m sowie dem angrenzenden 96 m breiten Ackerstreifen (a = 1157,1; b = 4,7 und x₀ = 51,8)

Diese ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass in dem untersuchten AFS neben der Windgeschwindigkeit auch die Wasserverdunstung der angrenzenden Ackerkulturen durch die vorhandenen Gehölzstrukturen gemindert wurde. Diese mikroklimatischen Unterschiede wirkten sich dabei potentiell auch auf das Wachstumsverhalten des Winterweizens aus. Obgleich keine direkten Messungen zur Transpirations- und Interzeptionsverdunstung durchgeführt wurden, ist eine verminderte Evapotranspiration in den Ackerstreifen des AFS gegenüber der Freifläche sehr wahrscheinlich.

Eine verminderte Evapotranspiration könnte die mögliche Wasserverfügbarkeit der Ackerkulturen verbessern und die Auswirkungen der Klimavariabilität (Dreesen et al. 2012) entscheidend mildern. Somit könnte die agroforstliche Landnutzung auch für Mitteleuropa eine vorteilhafte ackerbauliche Anpassungsstrategie an den Klimawandel darstellen.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Förderung des Forschungsprojektes AUFWERTEN („Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie“ (FKZ: 033L129AN)), innerhalb dessen die Ergebnisse zusammengestellt wurden und dem Institut für Botanik der Universität Hohenheim für die gute Zusammenarbeit und die Unterstützung hinsichtlich der LAI-Messungen. Gedankt sei auch der Agrargenossenschaft Forst e.G. für die kooperative Zusammenarbeit und die Bewirtschaftung der Versuchsflächen.

Literatur

Böhm C, Kanzler M, Freese D (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforestry Systems* 88, 579-591.

Dreesen FE, De Boeck HJ, Janssens IA, Nijs I (2012): Summer heat and drought extremes trigger unexpected changes in productivity of a temperate annual/biannual plant community. *Environmental and Experimental Botany* 79, 21-30.

Kanzler M, Böhm C, Mirck J, Freese D (2015): Variabilität des Mikroklimas im Einflussbereich der Gehölzstreifen eines Agroforstsystems. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 27, 77-78.

Kanzler M, Böhm C, Mirck J, Schmitt D, Veste M (2016): Agroforstliche Landnutzung als Anpassungsstrategie an den Klimawandel. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 28, 126-127.

Auswirkungen von Beschattung durch Agrofrost auf landwirtschaftliche Kulturen

Vanessa Schulz*, Sebastian Weisenburger, Andreas Butz

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Forchheim, Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten.

*Kontakt: T: 0721/9518-212 – F: 0721/9518-202 – E: vanessa.schulz@ltz.bwl.de

Zusammenfassung

Der Schattenwurf, welcher durch die Bäume in einem Agroforstsystem verursacht wird, beeinflusst Wachstum und Ertrag je nach darunter angebaute Kultur unterschiedlich stark. Während Wintergetreide erst ab einer starken Beschattung signifikante Ertragsunterschiede zeigte, blieb die Kartoffel relativ unbeeinflusst. Silomais als C₄-Pflanze hingegen reagierte bereits auf leichte Beschattung mit Wachstums- und Ertragsreduzierungen.

1 Einleitung

Agroforstsysteme waren früher eine weit verbreitete Form der Landbewirtschaftung in Deutschland. Ihre Ausprägung reichte von Streuobstwiesen und Waldweiden bis hin zu Windschutzhecken. Mit dem Aufkommen immer größerer Maschinen und Arbeitsbreiten in Deutschland verschwanden die Agroforstsysteme jedoch zunehmend aus der Landschaft (Chalmin 2008). In den Tropen und Subtropen spielen solche ‚multipurpose trees on farmland‘ schon immer eine wichtige Rolle für die Versorgung der Bevölkerung (Nair 1991). Bis zum heutigen Tag dienen sie dort der Ernährungssicherung, dem Medizinpflanzenanbau und der Versorgung mit Brennmaterial. Hinzu kommen zahlreiche Ökosystemdienstleistungen, wie Erosionsschutz und die Eindämmung der Versteppung und Wüstenbildung (Nair 2007). Gerade im Zuge der wachsenden Weltbevölkerung und der daraus resultierenden Verknappung von Land für die Pflanzenproduktion kann die gleichzeitige Nutzung der Flächen für den Anbau von zwei Kulturen interessant sein. Im Zuge des Klimaschutzes können die mehrjährigen Kulturen in Agroforstsystemen zur Kohlenstoffspeicherung beitragen (Jose 2009). Zwischen der landwirtschaftlichen Kultur und den Bäumen kommt es zu zahlreichen Wechselwirkungen (Chalmin 2009). So ist eine Veränderung des Mikroklimas durch den Schattenwurf der Bäume, sowie eine Abschwächung der Windgeschwindigkeiten zu beobachten. Dadurch kann die Feuchtigkeit länger im Bestand gehalten werden, was besonders an heißen Sommertagen für die Wasserversorgung von Vorteil ist. Von Nachteil kann sein, dass sich durch die verlängerte Blattnässedauer das Infektionsrisiko durch manche pilzliche Schaderreger bei der landwirtschaftlichen Kultur erhöht. Die Baumwurzeln sorgen dafür, dass Nährstoffe aus tieferen Schichten aufgenommen werden und den Ackerfrüchten durch die Laubstreu wieder verfügbar gemacht werden. Versickerte und nicht von der Ackerkultur aufgenommene Nährstoffe werden von den Bäumen aufgenommen und gelangen so nicht mehr ins Grundwasser. Es entstehen Habitate, sowohl für Schädlinge als auch für Nützlinge. Das Risiko der Wassererosion kann durch die dauerhafte

Begrünung der Baumstreifen verringert werden. Allerdings konkurrieren die Bäume auch mit der landwirtschaftlichen Kultur um das verfügbare Bodenwasser.

Der sichtbarste Effekt, den Bäume ausüben, ist aber der Schattenwurf. Wenn die Bäume als Wertholzbaum zur Furnier- oder Möbelherstellung erzogen werden und Standzeiten von 50 bis 70 Jahren haben, steigt mit der Zeit zunehmend der Einfluss des Schattens. Um die Auswirkungen dieses Schattenwurfs in verschiedenen Abständen vom Baum auf die Feldfrüchte zu ermitteln, wurde ein künstliches Agroforstsystem angelegt. An verschiedenen Feldfrüchten wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Beschattung auf Wachstum, Ertrag und Qualität untersucht.

2 Material und Methoden

Auf einer Versuchsfläche des Landwirtschaftlichen Technologiezentrums Augustenberg, Außenstelle Rheinstetten-Forchheim (48° 58' N; 8° 18' E, 117 m NN, 10,1 °C, 742 mm) wird von 2015 bis 2017 in dem von der Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (FNR) e.V. geförderten Projekt „Agroforst: Agroforstsysteme mit Mehrwert für Mensch und Umwelt“ die Schattentoleranz von vier verschiedenen Kulturen in einem künstlichen Agroforstsystem ermittelt. Getestet werden Wintergerste (*Hordeum vulgare* L., Sorte ‚Highlight‘), zur Nutzung als Ganzpflanzensilage, Winterweizen (*Triticum aestivum* L., Sorte ‚Pionier‘), Silomais (*Zea mays* L., Sorte ‚Corioli‘) und Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L., Sorte ‚Selma‘). Mit Schattierungsnetzen, die oberhalb der Kultur angebracht werden, wird die einfallende solare Strahlung um 12 % (‚leicht‘), 26 % (‚mittel‘) und 50 % (‚stark‘) reduziert. Die Werte der Lichtreduktion wurden von Bender et al. (2009) ermittelt. Sie entsprechen einer Entfernung von 4,5 m, 7,5 m, 11 m und 20 m vom Stamm einer 11 Jahre alten, auf 4 m hoch geasteten Kirsche. Der Versuch ist als randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Die Beschattungsnetze befanden sich nur in der laubtragenden Zeit über den Kulturen. Düngung und Pflanzenschutz wurden nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis durchgeführt.

Erhoben wurden während der Vegetationszeit zahlreiche Parameter zum Wachstum der Pflanzen unter Schatteneinfluss. Zudem wurden der Ertrag und verschiedene qualitätsbestimmende Eigenschaften bestimmt. Statistisch ausgewertet wurden die Daten mittels R (Version 3.3.1) und den packages ‚nlme‘ (Version 3.1-128), ‚lmeans‘ (Version 2.25) und ‚agricolae‘ (Version 1.2-4).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die ersten zwei Versuchsjahre zeigten, dass der Schatten auf Silomais den größten Einfluss hatte. Die beschatteten Maispflanzen zeigten einen kleineren Wuchs. Die Blätter waren länger und dünner als in der Kontrolle. Das Höhenwachstum des Silomaises sank tendenziell mit zunehmender Beschattung ab. Eine Studie aus den Niederlanden mit dem Intercropping System Mais/Weizen zeigte, dass Mais bei verringerter Einstrahlung geringere Pflanzenhöhen und längere Blätter entwickelt. Als Ursache wurde ermittelt, dass die reduzierte Einstrahlung zu einer geringeren Verfügbarkeit von Kohlenstoff führte (Zhu et al. 2014).

In unserem Freilandversuch traten die Entwicklungsstadien bei Mais insbesondere bei der stark beschatteten Variante verzögert ein. Bei 50 % Beschattung setzte das

Rispen schieben gegenüber den anderen Varianten zwei Wochen später ein. Zu diesem Zeitpunkt begannen die Varianten mit geringerer Beschattung bereits mit der Pollenschüttung. Beim Eintritt der Teigreife zeigte sich ebenfalls ein zehntägiger Unterschied zwischen Kontrolle und starker Beschattung.

Die Trockenmasse(TM)-Erträge von Mais nahmen in den ersten zwei Versuchsjahren mit zunehmender Beschattung signifikant ab (Kontrolle: 197 dt TM ha⁻¹, 50 % Beschattung: 111 dt TM ha⁻¹). Bei leichter und mittlerer Beschattung betragen in beiden Versuchsjahren die Ertragsreduktionen etwa 20 % (Abb. 1). Reynolds et al. (2007) beobachteten in einer Studie zu Intercropping Systemen mit Mais ebenfalls Ertragsreduktionen durch Schattenwurf. Die zum Zeitpunkt der Studie 20 Jahre alten Ahornbäume verringerten die eingestrahelte Lichtmenge in 2 m Entfernung zum Baum um 30 %. Daraus resultierte eine verringerte Assimilationsrate, was wiederum zu reduzierten Erträgen von - 51 bzw. - 34 % führte.

Bei der Nettoenergie für die Laktation (NEL) zeigten sich im Mittel über beide Versuchsjahre kaum Unterschiede (Kontrolle: 6,46 MJ, 50 % Beschattung: 6,60 MJ). Der theoretische Methanertrag sank allerdings mit zunehmender Beschattung. Die Kontrolle erreichte 5798 m³ ha⁻¹, während in der Variante mit 50 % Beschattung nur 3213 m³ ha⁻¹ ermittelt wurden. Dies ist durch den signifikant erhöhten Anteil an Rohfasern und Rohasche zu erklären, da die Mikroorganismen in der Biogasanlage nicht in der Lage sind, Rohfasern und mineralische Bestandteile abzubauen. In den Maisparzellen wurden auch die Bodentemperatur und die Bodenfeuchte ermittelt. Je stärker die Beschattung war, desto geringer war die Bodentemperatur. In der Jugendphase des Mais lag die Temperatur in der Kontrolle zwischen 16 und 22 °C und in der 50 % Beschattung zwischen 15 und 18 °C. Die Bodenfeuchte hingegen nahm mit zunehmender Beschattung zu. Zum Zeitpunkt der Vollblüte lag die Bodenfeuchte in 10 cm Tiefe in der Kontrolle bei 17 % und in der 50 % Beschattung bei 22 %.

Bei den beiden Wintergetreidearten zeigte sich erst ab einer starken Beschattung ein verzögerter Eintritt der Entwicklungsstadien. Besonders auffallend war dies beim Weizen. Während alle anderen Beschattungsvarianten bereits druschreif waren, zeigte sich die Variante mit 50 % Beschattung noch komplett grün. Die Druschreife setzte hier erst zehn Tage später ein. Dieser Effekt trat bisher nur im Jahr 2016 auf. Beim Vergleich der Witterung fällt auf, dass 2015 ein heißes und trockenes Jahr war, in welchem das Getreide trotz der Beschattung gleichmäßig abtrocknen konnte. Im Erntejahr 2016 wurden die heißen und trockenen Phasen immer wieder durch regnerische, kühlere Phasen unterbrochen. Diese Witterung in Kombination mit der unterschiedlichen Beschattung der Varianten verhinderte deren gleichmäßige Abreife.

Beim Kornertrag des Weizens zeigte sich dies darin, dass im Erntejahr 2015 erst ab einer starken Beschattung von 50 % eine signifikante Ertragsreduktion von 30 % eintrat, während sich im Erntejahr 2016 auch die Erträge bei 12 % und 26 % Beschattung signifikant von jener Variante mit 50 % unterschieden (Abb. 1). Sudmeyer u. Speijers (2007) zeigten bei Weizen, der an einer Windschutzhecke angebaut wurde, ebenfalls einen reduzierten Ertrag, der überwiegend durch die Beschattung verursacht wurde. Als Ursache ermittelten Sie dafür die wegen der verminderten solaren Einstrahlung schatteninduzierte Reduktion der Kohlenstoffquellen, wie beispielsweise Blätter und der Kohlenstoffsenken, wie Ähren.

In unserem Versuch war zu beobachten, dass der Rohproteingehalt in beiden Jahren mit zunehmender Beschattung signifikant zunahm (Tab. 1). Auf einen Hektar hochgerechnet ergab dies Unterschiede bezüglich der Rohproteinerträge zwischen den Kontrollen und den stärksten Beschattungen zwischen 9,18 und 7,84 dt ha⁻¹ in 2015 und 7,69 bis 4,79 dt ha⁻¹ im Erntejahr 2016. Der Gehalt an Mykotoxinen (DON) wurde nur 2016 ermittelt, da dieses Jahr besonders während der Blüte durch einen wechselhaften Witterungsverlauf gekennzeichnet war, der die Bildung von Mykotoxinen fördern kann. Die DON-Gehalte von Weizenkorn und -stroh wurde durch die Beschattung signifikant beeinflusst. In der Kontrolle lag der DON-Gehalt im Korn bei 0,27 mg kg⁻¹, während er in der Variante mit 50 % Beschattung bei 0,91 mg kg⁻¹ lag. Beim Stroh zeigte sich das gleiche Bild mit 1,47 bzw. 4,77 mg kg⁻¹ bei der Kontrolle und bei starker Beschattung.

Tabelle 1: Rohproteingehalt [% in TM] Winterweizen 2015 und 2016. Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Beschattungsstufen eines Jahres (Tukey p < 0,05)

Beschattungsstufe	2015	2016
Kontrolle	11,7 a	11,5 a
12 %	12,7 b	12,4 b
26 %	12,3 ab	12,6 b
50 %	14,4 c	13,8 c

Für die Wintergerste liegen nur einjährige Ergebnisse vor, weil im ersten Versuchsjahr 2015 die Möglichkeit der Beschattung erst eine Woche vor der Ernte zur Verfügung stand. Die Wintergerste wurde als Ganzpflanzensilage geerntet, was je nach Witterung in der Rheinebene bereits Ende Mai bis Anfang/Mitte Juni der Fall sein kann. Durch den frühen Erntetermin war die Gerste nur einer kurzen Zeit der Beschattung ausgesetzt. Daher war auch nur mit einem geringen Einfluss der Beschattung zu rechnen. Dies zeigten die TM-Erträge. Erst ab einer Reduzierung der eingestrahlteten Lichtmenge um 50 % konnte im Vergleich zur Kontrolle ein signifikanter Ertragsrückgang um - 44 % beobachtet werden (Abb. 1). Dale et al. (1972) zeigten, dass durch die Beschattung der ersten Blätter von Gerste eine Ertragsreduktion hervorgerufen wird. Ursache ist die reduzierte Anzahl an Bestockungstrieben und somit auch ährentragender Halme, die nicht durch eine entsprechend höhere Tausendkornmasse kompensiert wurde.

Die Kartoffel zeigte sich als sehr robust gegen die Beschattung. Beim Wachstum und Eintritt der Entwicklungsstadien konnten keine Unterschiede zwischen den Beschattungsvarianten ermittelt werden. Bisher wurden nur im zweiten Versuchsjahr Unterschiede in den TM-Erträgen beobachtet. Bei mittlerer und starker Beschattung kam es zu einem signifikanten Ertragsrückgang um - 46 bzw. - 37 % (Abb. 1). Im ersten Versuchsjahr konnten keine signifikanten Unterschiede in den Stärkegehalten festgestellt werden.

Die Anzahl der ausgebildeten Knollen wurde durch die Beschattung nicht signifikant beeinflusst. Wurr et al. (1997) konnten erst ab einer Beschattung von 70 % während der Phase des Knollenansatzes eine reduzierte Anzahl an Knollen beobachten. Der Anteil der marktfähigen Kartoffeln wurde durch die Beschattung nicht signifikant beeinflusst.

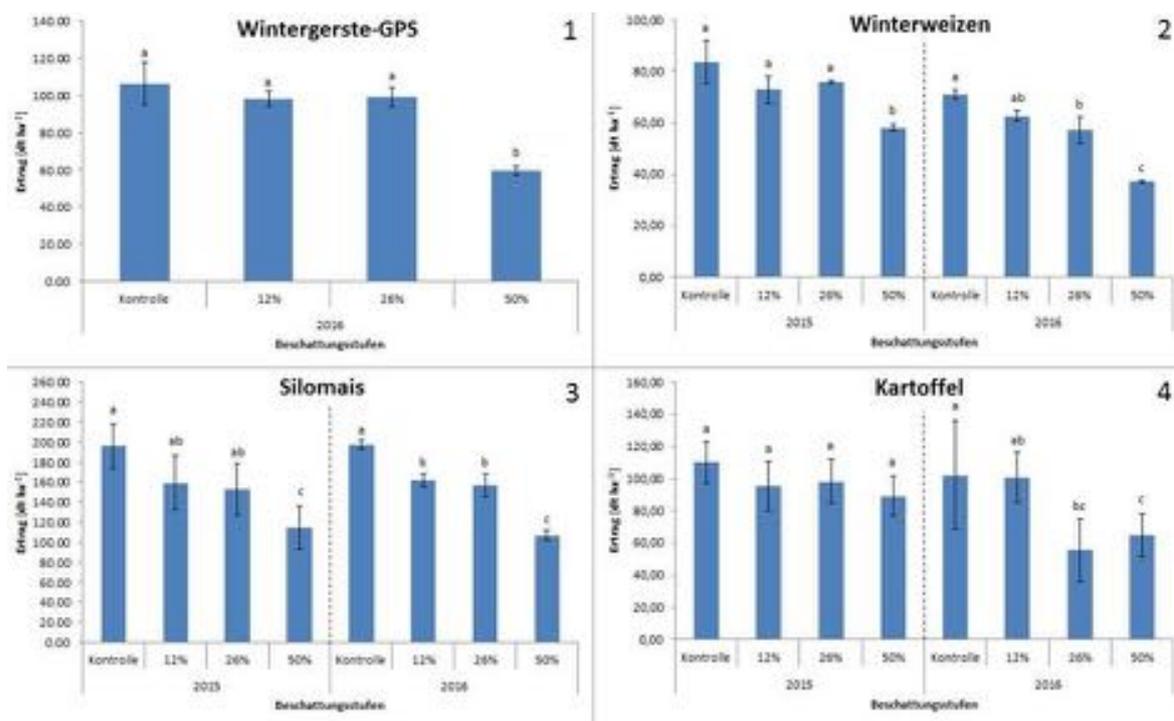


Abb. 1: Erträge der einzelnen Kulturen. (1) Trockenmasseertrag Wintergerste [dt ha⁻¹]. (2) Kornertrag Winterweizen bei 14 % Feuchte [dt ha⁻¹]. (3) Trockenmasseertrag Silomais [dt ha⁻¹]. (4) Trockenmasseertrag Kartoffel [dt ha⁻¹]. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Beschattungsstufen innerhalb eines Jahres (Tukey $p < 0,05$)

Literatur

Bender B, Chalmin A, Reeg T, Konold W, Mastel K, Spiecker H (2019): Moderne Agroforstsysteme mit Werthölzern - Leitfaden für die Praxis, Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung, Freiburg.

Chalmin A (2008): Agroforstsysteme in Deutschland. landinfo 7, 1-7.

Chalmin A (2009): Produktionsaspekte in Agroforstsystemen mit Werthölzern – landwirtschaftliche Produktion. In: Reeg T, Bemann A, Konold W, Murach D, Spiecker H (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH, Weinheim, 275-288.

Dale JE, Felipe GM, Fletcher GM (1972): Effects of Shading the First Leaf on Growth of Barley Plants – I. Long-term Experiments. Annals of Botany 36, 385-395.

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

Nair PKR (1991): State-of-the-art of agroforestry systems. Forest Ecology and Management 45, 5-29.

Nair PKR (2007): Perspective – The coming of age of agroforestry. Journal of the Science of Food and Agriculture 87, 1613-1619.

Reynolds PE, Simpson JA, Thevathasan NV, Gordon AM (2007): Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree-based agroforestry intercropping system in southern Ontario, Canada. *Ecological Engineering* 29, 362-371.

Sudmeyer RA, Speijers J (2007): Influence of windbreak orientation, shade and rainfall interception on wheat and lupin growth in the absence of below-ground competition. *Agroforestry Systems* 71, 201-214.

Wurr DCE, Hole CC, Fellows JR, Milling J, Lynn JR, O'Brien PJ (1997): The effect of some environmental factors on potato tuber numbers. *Potato Research* 40, 297-306.

Zhu J, Vos J, van der Werf W, van der Putten PEL, Evers JB (2014): Early competition shapes maize whole-plant development in mixed stands. *Journal of Experimental Botany* 65, 641-653.

Biomassein- und -outputs von Ackerkulturen und schnellwachsenden Baumarten in Agroforstsystemen

Anita Swieter*, Maren Langhof, Kai-Uwe Schwarz, Jörg Michael Greef

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
Kontakt: T: 0531/596-2349 – F: 0531/596-2199 – E: anita.swieter@julius-kuehn.de

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen im Rahmen des SIGNAL-Projektes ist die Bestimmung der Quantität und Qualität der oberirdischen Biomassein- und -outputs für zwei Alley Cropping-Agroforstsysteme mit Ackerkulturen bzw. Grünland in Niedersachsen. Die zusätzlichen Biomasseinputs durch die Bäume (Laubstreu) werden jährlich bestimmt. Anhand dieser und weiterer im Rahmen des Projektes erhobenen Daten wird bewertet, ob Agroforstsysteme einer Bodendegradierung entgegenwirken und zu einer nachhaltigen und dauerhaften Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit beitragen können. Die räumliche Verteilung des zusätzlichen Biomasseinputs an den beiden Versuchsstandorten unterschied sich in Abhängigkeit von der Baumart, Baumhöhe und Blattgröße. Die größten Inputs wurden innerhalb der Baumstreifen sowie innerhalb der Baumstreifen und in 1 m Entfernung von den Baumstreifen gemessen. Die Zersetzung der Laubstreu an der Bodenoberfläche war im durch die Bäume beschatteten Bereich der Acker- bzw. Grünlandflächen ähnlich wie im unbeschatteten Bereich. Sowohl die Futtergraserträge als auch die Erträge der Ackerkultur (Raps) waren 1 m neben den Baumstreifen signifikant niedriger als in größeren Feldtiefen und auf der Referenzfläche, möglicherweise auf Grund von Laubbedeckung, Beschattung und/oder Wasser- und Nährstoffkonkurrenz durch die Bäume. Laubbedeckung und Beschattung im Nahbereich der Baumstreifen führten außerdem zu einer Entwicklungsverzögerung der Ackerkultur bzw. des Grünlands, was wiederum niedrigere Rohfettgehalte der Rapssamen, aber auch eine höhere Verdaulichkeit des Futtergrases zur Folge hatte.

1 Einleitung

Der kontinuierliche Verlust von organischer Bodensubstanz durch den Entzug von Nährstoffen und organischer Substanz mit dem Erntegut ist eine der Hauptursachen für Bodendegradierung. Agroforstsysteme können ein Schlüssel zu einer nachhaltigen Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit sein, da zusätzliche Ausgangsstoffe für die Bildung organischer Bodensubstanz, wie Laubstreu und Wurzelexsudate, dem Agrarökosystem zugeführt werden (Pinho et al. 2012, Tsonkova et al., 2012). Im Rahmen des SIGNAL- („Sustainable intensification of agriculture through agroforestry“) Projektes werden Quantität und Qualität der oberirdischen Biomasseinputs (Stroh, Laub) und -outputs der einjährigen Ackerkulturen, der ausdauernden Grünlandbestände und der Bäume (z.B. Korn, Holz) bestimmt. Es werden räumliche Ertragsanalysen der Ackerkulturen und Grünlandbestände durchgeführt und die räumliche und zeitliche Verteilung und

Zersetzung der Laubstreu ermittelt. Schließlich wird bewertet, ob die baumspezifischen Inputs zu einer nachhaltigen und dauerhaften Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit beitragen.

2 Material und Methoden

Die Versuche finden an den Alley Cropping-Agroforststandorten in Mariensee (nordwestlich von Hannover) und Wendhausen (östlich von Braunschweig) statt. Das Alley Cropping-System in Mariensee wurde 2008 angelegt und besteht aus drei parallel angelegten Baumstreifen mit Weiden und extensiv bewirtschaftetem Grünland. Der Abstand zwischen den Baumstreifen beträgt 48 m. Die Bodeneigenschaften an diesem Standort sind heterogen, es gibt Bereiche mit moorigen (Erd-Niedermoor) sowie sandigen (Niedermoor-Gley) Böden. Das Alley Cropping-System in Wendhausen wurde ebenfalls 2008 angelegt und besteht aus sechs parallelen Baumstreifen mit Pappeln und konventionell bewirtschafteten Ackerkulturen. Der Abstand zwischen den Baumstreifen beträgt hier ebenfalls 48 m. Auch an diesem Standort sind die Bodeneigenschaften heterogen mit schwach schluffigem tonigem Lehm im Bereich des Alley Cropping-Systems und mittel tonigem Lehm im Bereich der Ackerreferenzfläche.

Mit Hilfe von Laubfallen wurde die räumliche Verteilung der Laubstreu in den Baumstreifen und auf den Acker- bzw. Grünlandflächen in 1, 4, 7 und 24 m Entfernung von den Baumstreifen bestimmt. Gras- und Raps-erträge wurden in denselben Entfernungen von den Baumstreifen und auf der Referenzfläche gemessen. Mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) wurden die Qualitätsparameter der Futtergras- und Raps-erträge bestimmt. Mit Hilfe des Minicontainersystems (Eisenbeis et al. 1999) wurde die Zersetzung der Laubstreu an der Bodenoberfläche im beschatteten (1 m vom Baumstreifen) und unbeschatteten Bereich (7 m vom Baumstreifen) der Acker- bzw. Grünlandflächen untersucht. Am Standort Mariensee wurde außerdem der Holzertrag der acht Jahre alten Weiden ermittelt und mit dem geschätzten Ertrag verglichen. Für die Ertragsschätzung wurde eine Regressionsfunktion für den Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser und Triebrockengewicht nach Verwijst u. Telenius (1999) sowie die Flächenertragsschätzung nach Hytönen et al. (1987) verwendet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die ersten Versuchsergebnisse des Zeitraums Oktober 2015 bis Juli 2016 präsentiert. Zusammen mit den Ergebnissen der kommenden Versuchsjahre bilden sie die Grundlage für die Berechnung von Nährstoffbilanzen und schließlich die Bewertung des Beitrags der baumspezifischen Inputs zu einer nachhaltigen und dauerhaften Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit.

3.1 Laubfall

In Wendhausen wurde der mit Abstand größte Biomasseinput in Form von Laubstreu innerhalb der Baumstreifen gemessen, er betrug im Mittel 364 g/m² (Abb. 1A). In Mariensee wurde mit im Mittel 212 und 201 g/m² das meiste Laub innerhalb und in 1 m Entfernung von den Baumstreifen aufgefangen (Abb. 1B). Diese an beiden Standorten unterschiedliche Verteilung lässt sich auf die unterschiedlichen Baumhöhen und Blattgrößen zurückführen: Die acht Jahre alten Weiden in Mariensee waren deutlich höher

als die zwei Jahre zuvor geernteten Pappeln in Wendhausen und hatten zudem deutlich kleinere und leichtere Blätter. Dadurch konnte sich das Laub in Mariensee weiter verteilen als in Wendhausen, wo es hauptsächlich innerhalb der Baumstreifen verblieb.

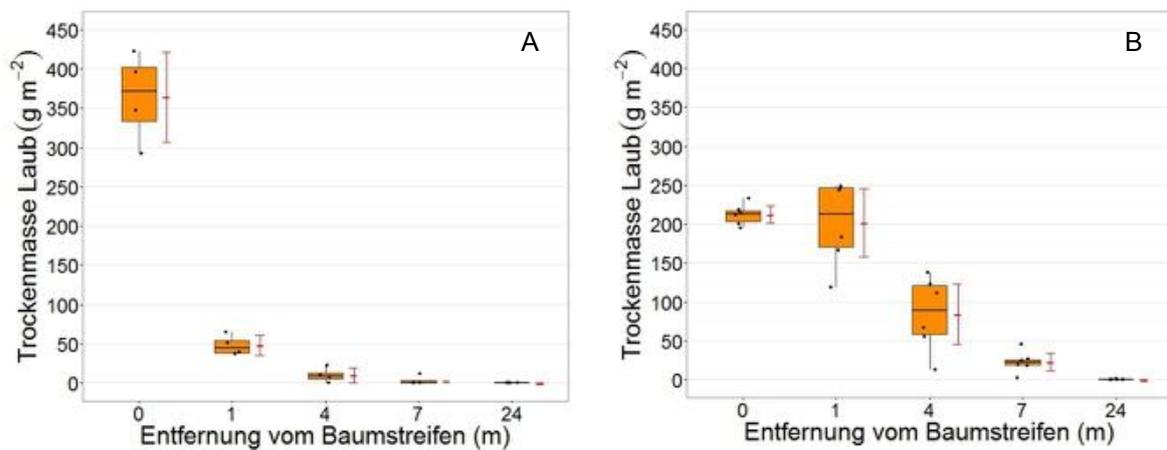


Abbildung 1: Mit Hilfe von Laubfallen in unterschiedlichen Entfernungen von den Baumstreifen aufgefangenes Laub in Wendhausen (A, Pappel) und Mariensee (B, Weide); die Fehlerbalken sind in rot dargestellt und zeigen den Mittelwert $\pm 2 \times$ Standardfehler

3.2 Laubzersetzung

Die Zersetzung der Laubstreu an der Bodenoberfläche war im durch die Baumstreifen beschatteten Bereich der Acker- bzw. Grünlandflächen (1 m Entfernung vom Baumstreifen) ähnlich wie im unbeschatteten Bereich (7 m Entfernung vom Baumstreifen), in Wendhausen waren nach sechs Monaten in 1 und 7 m im Mittel 43 % der ausgebrachten Laubstreu zersetzt worden (Abb. 2A). In Mariensee waren nach einer kürzeren Expositionszeit von fünf Monaten in 1 m im Mittel 35 % des Laubs zersetzt worden, während 7 m neben den Baumstreifen mit im Mittel 30 % etwas weniger Laub zersetzt worden war (Abb. 2B).

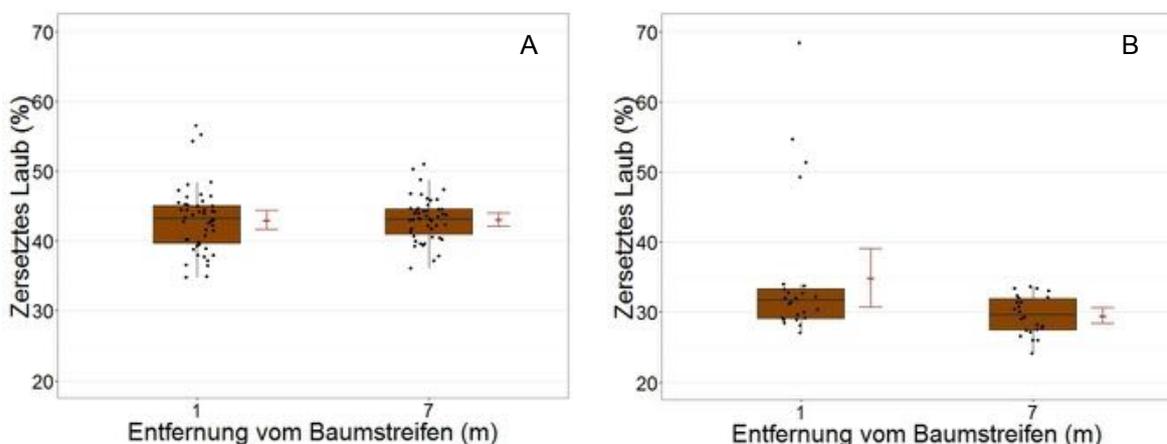


Abbildung 2: Nach 6 bzw. 5 Monaten im beschatteten (1 m vom Baumstreifen) und unbeschatteten Bereich (7 m vom Baumstreifen) in Wendhausen (A) und Mariensee (B) zersetzte Laubstreu; die Fehlerbalken sind in rot dargestellt und zeigen den Mittelwert $\pm 2 \times$ Standardfehler

3.3 Grasertrag und -qualität

Mit im Mittel 28 dt/ha waren die Futtergraserträge in Mariensee 1 m neben den Baumstreifen signifikant niedriger als an den Messpunkten in größerer Entfernung von den Baumstreifen und auf der Grünlandreferenzfläche (Abb. 3A). Hier wurden im Mittel zwischen 48 und 54 dt/ha Futtergras geerntet. Die niedrigeren Erträge direkt neben den Baumstreifen lassen auf negative Einflüsse der Bäume (wie Laubbedeckung, Beschattung und/oder Wasser- und Nährstoffkonkurrenz) auf den Grasertrag schließen. Einflüsse der Bäume wie Laubbedeckung und Beschattung könnten außerdem zu der beobachteten Entwicklungsverzögerung des Grünlandaufwuchses direkt neben den Baumstreifen geführt haben. Dies hatte wiederum einen höheren Anteil an enzymatisch löslicher organischer Substanz (ELOS) und somit eine bessere Verdaulichkeit der Futtergräser in 1 m Entfernung von den Baumstreifen zur Folge (Abb. 3B). Die ELOS-Gehalte betragen hier im Mittel 49 %, während sie an den anderen Messpunkten und auf der Referenzfläche im Mittel 44 % betragen.

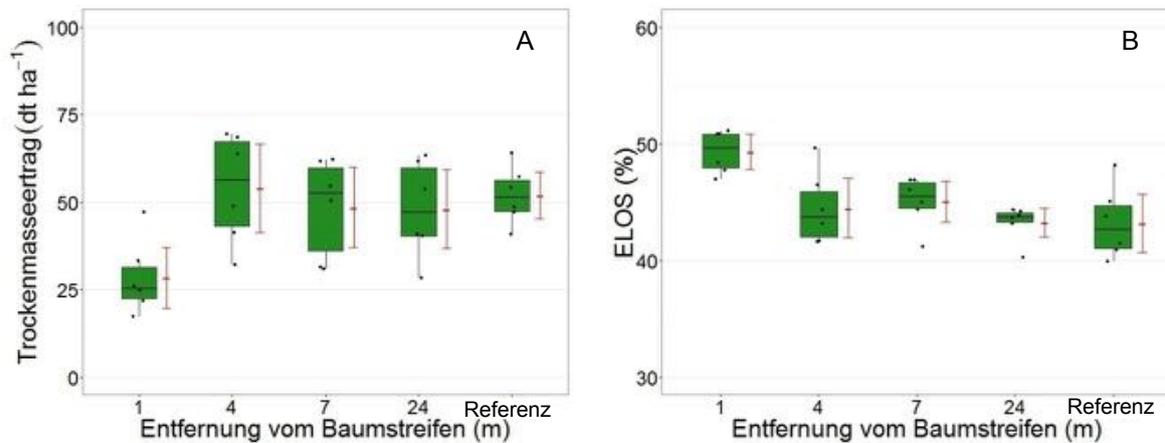


Abbildung 3: Futtergraserträge (A) und ihr Gehalt an enzymatisch löslicher organischer Substanz (ELOS) (B) in unterschiedlichen Entfernungen von den Baumstreifen und auf der Grünlandreferenzfläche in Mariensee; die Fehlerbalken sind in rot dargestellt und zeigen den Mittelwert $\pm 2 \times$ Standardfehler

3.4 Rapsertag und -qualität

Wie im Grünland, waren auch die Rapsertäge in 1 m Entfernung von den Baumstreifen mit im Mittel 8 dt/ha signifikant niedriger als die Erträge an den anderen Messpunkten und auf der Referenzfläche (Abb. 4A). Hier nahmen die Erträge mit zunehmender Entfernung von den Baumstreifen tendenziell zu, wobei diese Ertragsunterschiede nicht signifikant waren. Die höchsten Erträge wurden mit im Mittel 37 dt/ha auf der Referenzfläche gemessen. Ähnlich wie im Grünland lassen die signifikant niedrigeren Rapsertäge direkt neben den Baumstreifen auf negative Einflüsse der Bäume, wie Laubbedeckung, Beschattung und/oder Wasser- und Nährstoffkonkurrenz, schließen. Auch hier führten diese Einflüsse zu einer verzögerten Entwicklung der Rapspflanzen, was sich u.a. in niedrigeren Rohfettgehalten der Rapssamen widerspiegelte (Abb. 4B). Sie betragen im Mittel 44 %, während die Rapssamen an den anderen Messpunkten und auf der Referenzfläche einen Rohfettgehalt von im Mittel 48 % aufwiesen. Unterschiede im Rapsertag des Agroforstsystems und der Referenzfläche weisen auf negative Einflüsse

der Baumstreifen auf den Rapsenertrag hin, können aber auch durch die räumliche Entfernung zwischen Agroforstsystem und der Referenzfläche und die heterogenen Bodeneigenschaften am Standort Wendhausen entstanden sein.

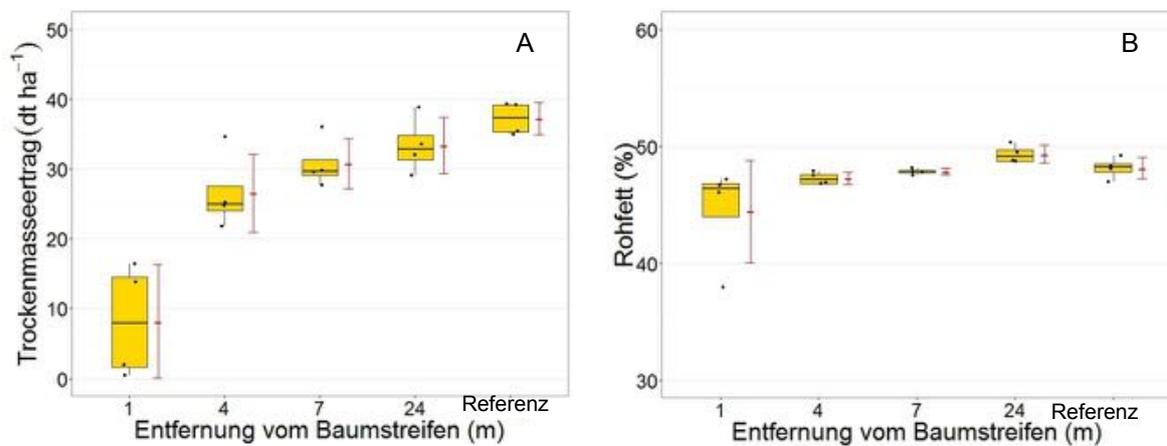


Abbildung 4: Rapsenerträge (A) und ihre Rohfettgehalte (B) in unterschiedlichen Entfernungen von den Baumstreifen und auf der Ackerreferenzfläche in Wendhausen; die Fehlerbalken sind in rot dargestellt und zeigen den Mittelwert $\pm 2 \times$ Standardfehler

3.5 Holzertrag

Die Holzerträge in dem Moorbereich der Versuchsfläche in Mariensee waren mit im Mittel 1242 dt/ha signifikant höher als die Erträge im sandigen Bereich, die im Mittel 672 dt/ha betragen (Abb. 5). Die Bodeneigenschaften hatten somit einen erheblichen Einfluss auf den Holzertrag. Die geschätzten Holzerträge wichen im Mittel um -10 % von den gemessenen Erträgen ab.

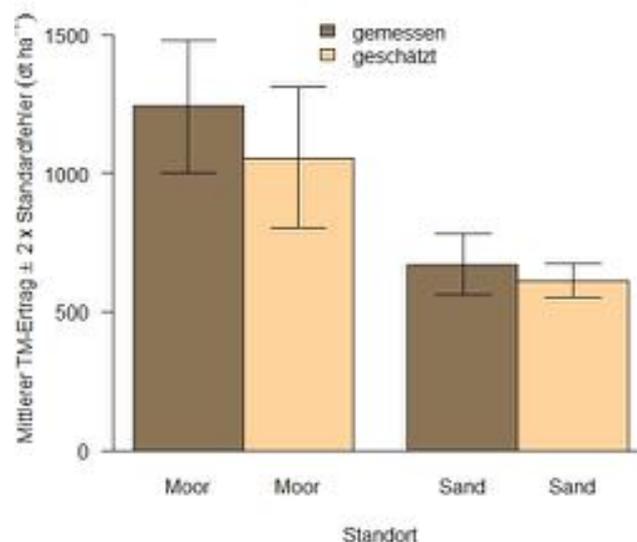


Abbildung 5: Geschätzte und gemessene Trockenmasseerträge der 8 Jahre alten Weiden auf dem Moor- und Sandbereich in Mariensee.

Danksagung

Dieses Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Literatur

Eisenbeis G, Lenz R, Heiber T (1999): Organic Residue Decomposition: The Minicontainer-System - A Multifunctional Tool in Decomposition Studies. *Environmental Science and Pollution Research* 6(4), 220-224.

Hytönen J, Lumme I, Törmälä T (1987): Comparison of Methods for Estimating Willow Biomass. *Biomass* 14, 39-49.

Pinho RC, Miller RP, Alfaia SS (2012): Agroforestry and the Improvement of Soil Fertility: A View from Amazonia. *Applied and Environmental Soil Science* 2012, 1-11.

Tsonkova P, Böhm C, Quinkenstein A, Freese D (2012): Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: a review. *Agroforestry Systems* 85, 133-152.

Verwijst T, Telenius B (1999): Biomass estimation procedures in short rotation forestry. *Forest Ecology and Management* 121, 137-146.

Ökophysiologische Plastizität der Photosynthese von Robinien (*Robinia pseudoacacia* L.) und Hybrid-Pappeln (*Populus nigra* L. x *P. maximowiczii* Henry) bei Hitzestress und Sommertrockenheit in der Niederlausitz

Maik Veste^{1,2*}, Christian Halke¹

¹CEBra - Centrum für Energietechnologie Brandenburg e.V., Friedlieb-Runge-Straße 3, 03046 Cottbus

²Universität Hohenheim, Institut für Botanik, Garbenstraße 30, 70599 Stuttgart

*Kontakt: E: maik.veste@b-tu.de, maik.veste@uni-hohenheim.de

Zusammenfassung

Mit der Zunahme von extremen Witterungsereignissen ist die Auswahl von angepassten Baumarten und Klonen von großer Bedeutung für den Agrarholzanbau in der Lausitz. So zählte der Sommer 2015 zu den drittwärmsten Sommern in Deutschland mit langanhaltenden Trockenzeiten und Hitzeperioden auch in Brandenburg. Die ökophysiologischen Reaktionen von Robinien und Hybrid-Pappeln (Klon Max 1) auf Hitze- und Trockenstress wurden in einem Agroforstsystem bei Neu Sacro, Brandenburg untersucht. Die ökophysiologische Anpassungsfähigkeit wurde hinsichtlich der Photosyntheseleistung (Chlorophyllfluoreszenz), dem Wasserpotential, der ¹³C/¹²C Diskriminierung und dem Blatt-N-Gehalt untersucht. Gut wasserversorgte Bäume der beiden Arten zeigten keine wesentlichen Einschränkungen in Bezug auf die Photosyntheseleistung und dem Nährstoffhaushalt, da am Standort ein Grundwasseranschluss auch während der Trockenheit gewährleistet war. Bedingt durch kleinräumige Bodenheterogenitäten kann es allerdings auch örtlich zu Wassermangel kommen. An diesen Standorten zeigten die Pappeln deutliche morphologische und ökophysiologische Anzeichen von Trockenstress. Bei der sommerlichen Hitze zeigte die Photosynthese der beiden Baumarten eine hohe Plastizität.

1 Einleitung

In der Niederlausitz (Süd-Brandenburg) haben sich sowohl verschiedene Pappel-Klone (*Populus* spp.) als auch die Robinie (*Robinia pseudoacacia*) als geeignet für den Anbau in Agroforstsystemen und Kurzumtriebsplantagen erwiesen (Veste u. Böhm 2017). Pappeln und Robinien sind als Pionierbaumarten schnellwüchsig und weisen eine gewisse Toleranz gegenüber abiotischem Stress auf. Für eine ausreichende Biomasse-Produktion sind beide Arten, wie auch andere schnellwachsende Baumarten, auf eine gute Wasserversorgung während der gesamten Vegetationsperiode angewiesen (Mantovani et al. 2015a). Dabei können sowohl die Pappeln als auch die Robinie – obwohl sie als trockentolerant gilt - nicht als wassersparende Baumarten angesehen werden, sodass

Anbauflächen bezüglich des Ertragspotentials von der Wasserverfügbarkeit stark eingeschränkt sind (Murach et al. 2009, Hartwich et al. 2015). Allerdings besteht auch ein großes Interesse von Agroforstsystemen auf Grenzertragsstandorten, da diese positive Auswirkungen auf den Naturhaushalt, Mikroklima und den Ackerfruchtertrag haben können (Böhm et al. 2014, Kanzler et al. 2016). So sind in Südbrandenburg in den letzten Jahren verschiedene Pilotvorhaben für Agroforstsysteme realisiert worden: Agroforstsystem in der Energielandschaft Welzow-Süd (Kanzler et al. 2014), Neu Sacro bei Forst (Kanzler u. Böhm 2015) und Peickwitz (Rieken u. Böhm 2017).

Da in der Lausitz ein höheres Risiko von langanhaltenden Trockenheiten in Kombination mit Hitzeperioden und teilweise auch eine geringe Wasserverfügbarkeit besteht, die zu physiologischen Stress und somit zu Produktionsminderungen führen können, ist die Auswahl von angepassten Baumarten und Klonen von großer Bedeutung. So hatte der „Jahrhundertsommer“ 2003 zu deutlichen Einbußen in der Produktivität in der Land- und Forstwirtschaft geführt (Anders et al. 2004, Lorenz et al. 2004). Auch der Sommer 2015 gilt für Deutschland als drittwärmster Sommer mit einer Durchschnittstemperatur von 18,5 °C (in Brandenburg 19,1°C) und lag somit um +2,2 °C (Brandenburg +1,8°C) über der mittleren Temperatur der international gültigen Referenzperiode von 1961 bis 1990 und um +1,4 °C gegenüber der Vergleichsperiode von 1981 bis 2010 (DWD 2015).

Insbesondere mit dem Klimawandel werden Perioden mit Trockenheiten und hohen Temperaturen in der Region wahrscheinlicher. Auf diese klimatischen Stressbedingungen müssen die Baumpopulationen mit ihrer ökophysiologischen Anpassungsfähigkeit (phänotypische Flexibilität) reagieren, die sich auf deren genetische Ausstattung gründet (Veste 2009, Kriebitzsch et al. 2008, Guse et al. 2015, Lüttschwager et al. 2015). Im Gegensatz zu den forstwirtschaftlich bedeutenden Baumarten (Rennenberg et al. 2006, Kriebitzsch u. Veste 2012) liegen dagegen kaum Freilanduntersuchungen zu Auswirkungen von Hitzestress und Sommertrockenheit für die schnellwachsenden Baumarten in Mitteleuropa vor. Deshalb wurde mit dem Eintreten der Hitzeperiode im August 2015 die Photosyntheseleistung von Hybrid-Pappeln (*Populus nigra* L. x *P. maximowiczii* Henry, Klon Max 1) und Robinien in einem Agroforstsystem untersucht, um die ökophysiologische Plastizität in Bezug auf die langanhaltende Trockenheit und den Hitzestress zwischen den beiden Arten zu vergleichen.

2 Material und Methoden

2.1 Standort

Die Untersuchungen wurden in einem Agroforstsystem (51°47'24''N, 14°37'57'' E) im Neißetal in der Nähe von Neu Sacro (Landkreis Spree-Neiße) in Brandenburg durchgeführt. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt 581 mm und die Jahresdurchschnittstemperatur 9,3 °C (DWD Station Cottbus, 1981-2010). Das Grundwasser ist durch die nahe Neiße beeinflusst, so dass der Grundwasserstand im Jahresverlauf hauptsächlich zwischen ca. 80 cm und 200 cm unter Geländeoberfläche variiert. Der Standort ist den Auenböden zuzurechnen. Der Bodentyp variiert in Abhängigkeit des Lehmanteils im Oberboden zwischen einer Gley-Vega und einer flächig dominanteren Pseudogley-Vega und hat eine Ackerzahl von 45 (Kanzler u. Böhm 2015). Die Agroforststreifen wurden in N-S-Ausrichtung mit Robinien (*Robinia pseudoacacia*) im

Frühjahr 2010 und mit Pappel-Hybriden Klon Max 1 (*Populus nigra* x *P. maximowicii*) im Frühling 2011 angelegt. Diese Bestände wurden im Winter 2014/2015 geerntet, so dass im August 2015 der Wiederaustrieb (Abb. 1) der 1. Rotation beprobt wurde. Zudem wurde im Frühjahr 2012 ein weiterer Streifen mit Pappeln in W-O Ausrichtung angelegt, der südlich an die Baumstreifen anschließt. Hier wurden im Etablierungsjahr unterschiedliche Unkrautbekämpfungsmaßnahmen erprobt und analysiert (Hoschke 2013). Dieser Streifen wurde nicht beerntet, so dass die Bäume im vierten Standjahr eine maximale Höhe von bis zu 8,50 m erreichten (Abb. 2). Der Agroforststreifen hat eine Breite von fast 10 m und eine Gesamtlänge von ca. 250 m und besteht aus vier Einzelreihen, wobei die Baumabstände innerhalb der Reihe 0,5 m und zwischen den Reihen 2 m betragen. Die Versuchsflächen wurden in jeweils 36 Messflächen (Plots) unterteilt, die aus jeweils 14 Bäumen pro Reihe (= 42 Bäume pro Plot) bestehen. Um die Auswirkungen der räumlichen Heterogenität widerzuspiegeln, wurden drei Flächen (Plot 2, 8 und 14) entsprechend des unterschiedlich ausgeprägten Wachstums der Bäume ausgewählt (Abb. 2).

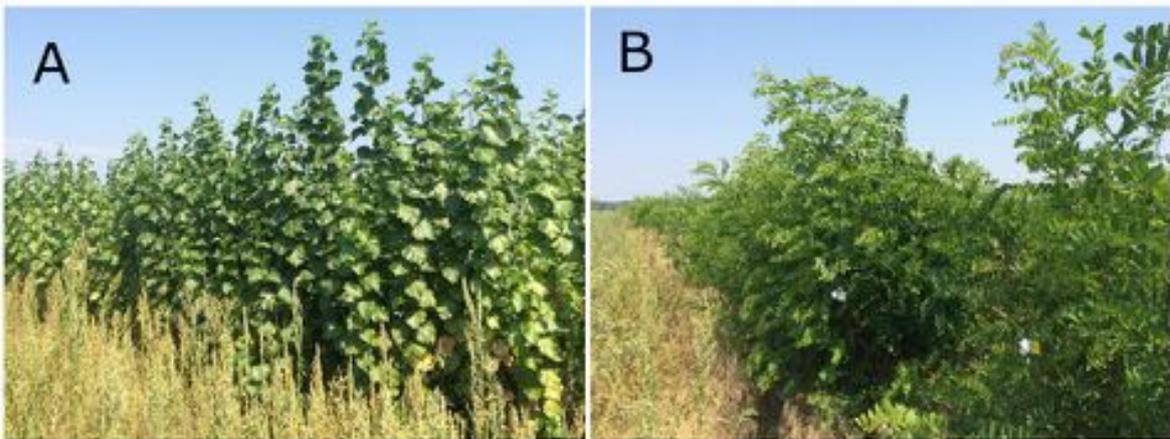


Abbildung 1: Wiederaustrieb von Hybrid-Pappeln (A) und Robinien (B) im August 2015



Abbildung 2: Südexponierte Bäume im W-O ausgerichteter Pappelanpflanzung im Agroforstsystem. Lage der Untersuchungsflächen: Plot 2, Plot 8-9, Plot 14

2.2 Chlorophyllfluoreszenz

Für die Messung der in vivo Photosynthese-Aktivität wurde ein Pulsamplitudenmoduliertes Fluorometer (MINI-PAM, Heinz Walz GmbH, Effeltrich, Deutschland; Veste et

al. 2000) genutzt. Die Glasfaseroptik wurde in 10 mm Abstand von der Blattoberfläche im Winkel von 60° mit einer Blattklammer befestigt. Für die Messungen wurden die Blattklammer mit dem fixierten Blatt so zur Sonne ausgerichtet, dass die eingestrahlte Photonenflussdichte (PPFD) bei mehr als 1100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ lag. Die Photonenflussdichte (PPFD) wird mit einem kalibrierten Quantumsensor registriert, der direkt an der Blattklammer angebracht ist. Mit Standardroutineprogrammen der PAM wird die effektive Quantenausbeute des Photosystem II ($\Delta F/F_m'$) ermittelt (von Willert et al. 1995). Die lineare Elektronentransportrate des Photosystems II (ETR) wird mit folgender Gleichung aus der effektiven Quantenausbeute des PSII ($\Delta F/F_m'$) und der dazugehörigen Lichtintensität PPFD und der Lichtabsorption (=84%) berechnet (siehe Genty et al. 1989): $\text{ETR} = \Delta F/F_m' \times \text{PPFD} \times 0,5 \times 0,84$. Für die Messung der maximalen Quantenausbeute wurden 10 Blätter für 12 min vorverdunkelt (Herppich et al. 1998). Die Chlorophyll-Fluoreszenz wurde jeweils an 10 Blättern auf den einzelnen Versuchsblöcken gemessen.

2.3 Wasserpotential

Als Index für die Bodenwasserverfügbarkeit (Veste et al. 2008) wurde das morgendliche Wasserpotential („Pre-Dawn“) zwischen 03.00 und 05.00 Uhr gemessen. Für die Bestimmung im Feld wurde eine Scholander-Druckbombe (Plant Water Status Console 3000, Soilmoisture Inc., Santa Barbara, CA, USA) verwendet. Pro Versuchsfläche wurden jeweils 4 Bäume beprobt, wobei die Blätter mit einer Rasierklinge abgeschnitten und zur Minderung der Transpiration in Alu-Folie eingepackt wurden.

2.4 Stabile $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Isotope, Blatt-N- und C-Gehalte

Für die Bestimmung der stabilen Isotope, dem Blatt-N- und C-Gehalt wurden Ende August 2015 Mischproben von jeweils 5 Blätter geerntet. Pro Plot wurden je nach Verfügbarkeit 2 bis 5 Proben genommen und anschließend getrocknet und gemahlen. Der N- und C-Gehalt der Proben wurde mit einem CNS-Elementar Analysator (Elementar Vario, Elementar Analysensysteme GmbH, Hanau, Germany) und die Kohlenstoff-Isotopen-Diskriminierung ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) mit einem Massenspektrometer Thermo Electron Delta V, (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA) bestimmt.

3 Ergebnisse

In den ersten Augustwochen 2015 stiegen die Tagesmaxima auf neue Höchstwerte seit der Wetteraufzeichnung. In Südbrandenburg konnte zudem das seit Februar 2015 herrschende Niederschlagsdefizit nicht ausgeglichen werden, so dass in den Sommermonaten die Dürre zunahm. Während des Untersuchungszeitraums Mitte August 2015 erreichten dabei die Lufttemperaturen Maximalwerte zwischen 30,3 und 34,3 °C.

Trotz der überdurchschnittlichen Temperaturen war die Photosynthese (gemessen als Elektronentransportrate, ETR) der Hybrid-Pappel und der Robinie nicht beeinträchtigt (Abb. 3). Dabei lag die ETR der Robinie deutlich höher als die der Hybrid-Pappel, wobei keine direkte Abhängigkeit von der Temperatur an diesen Messtagen festgestellt werden konnte.

Auch hinsichtlich der maximalen Quantenausbeute (F_v/F_m) können trotz der für Mitteleuropa hohen Lufttemperaturen und der langanhaltenden Trockenheit keine

Unterschiede zwischen den beiden Baumarten festgestellt werden (Abb. 4). Zwar sank teilweise die maximale Quantenausbeute bei den Robinien auf 0,7229 und bei den Pappeln auf 0,689 ab, so dass die Reduzierung der Photosyntheseleistung in Folge von Temperatur- und Trockenstress bei den Robinien etwa 9,4 % und bei den Pappeln maximal 12 % betrug, aber es konnte keine deutliche Beeinträchtigung der Photosynthese festgestellt werden.

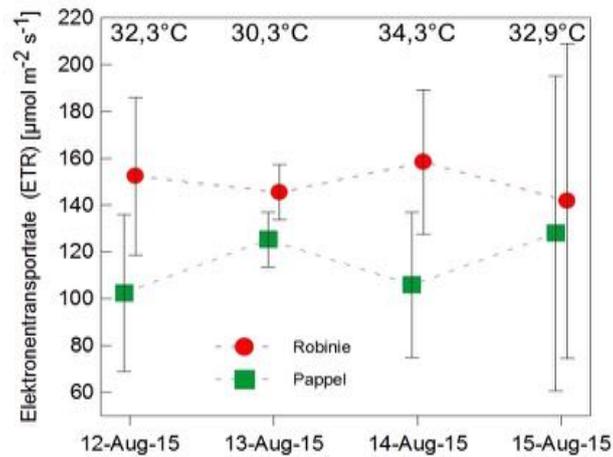


Abbildung 3: Elektronentransportrate von Robinien und Hybrid-Pappeln Max 1 (jeweils einjähriger Wiederaustrieb) an vier aufeinanderfolgenden Tagen mit den jeweiligen Maximaltemperaturen am Standort Neu Sacro

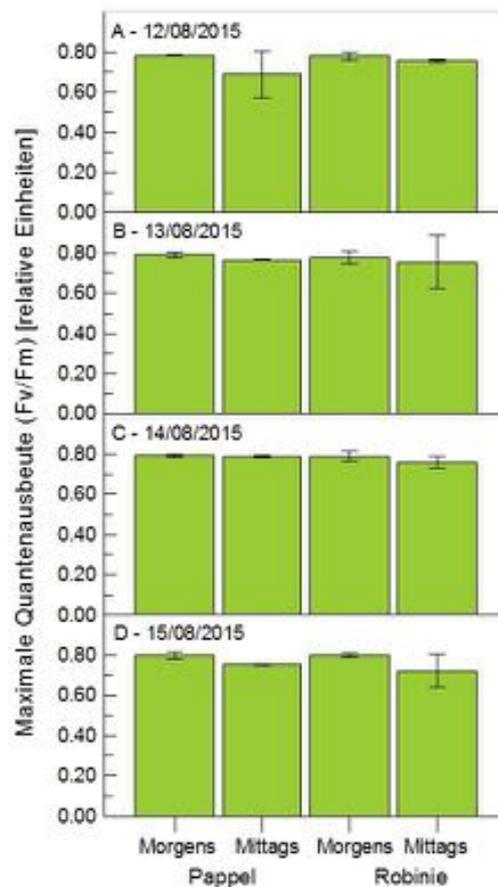


Abbildung 4: Maximale Quantenausbeute (F_v/F_m) von Hybrid-Pappeln Max 1 und Robinien nach dem Wiederaustrieb am Standort Neu Sacro

Nach lang anhaltender Trockenheit wurde Mitte August ein morgendliches Wasserpotential (Pre-dawn) für den Wiederaustrieb der Hybrid-Pappeln von $-0,32 \pm 0,14$ MPa bzw. $-0,28 \pm 0,04$ MPa für die Robinien gemessen (Abb. 5). Auf der anderen Seite zeigten sich insbesondere bei den Pappeln deutliche räumliche Unterschiede im Wachstum der Bäume (Abb. 2), die sich während der sommerlichen Trockenheit auch im morgendlichen Wasserpotential (Pre-dawn Wasserpotential) widerspiegeln (Abb. 5A). Während der einjährige Wiederaustrieb im Mittel bei $-0,32$ lag, betrug die Wasserpotentiale der südlich gelegenen 4-jährigen Bäume (07. August 2015) im Mittel zwischen $-0,48$ - bis $-0,54$ MPa (Plot 14 und 2; Abb. 5).

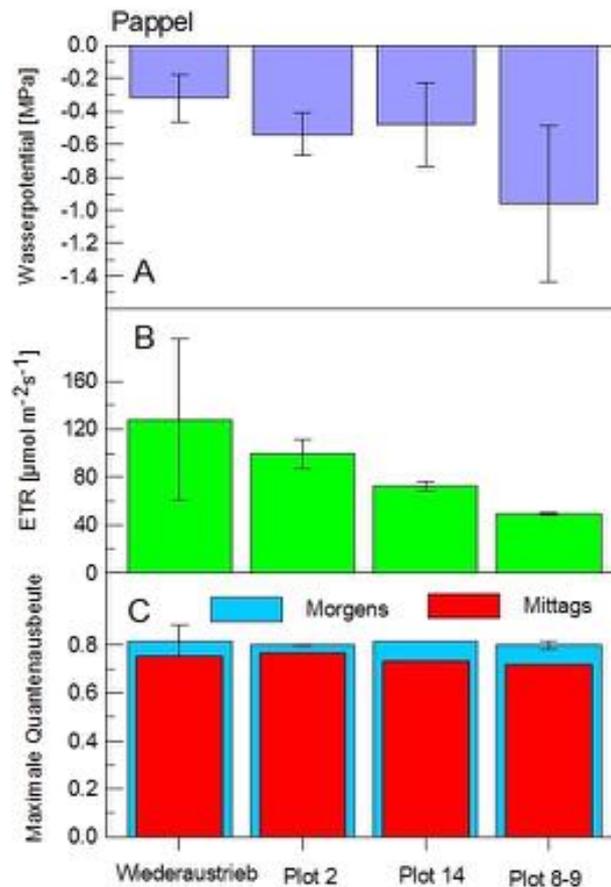


Abbildung 5: Morgendliches Wasserpotential (Pre-dawn) (A), Elektronentransportrate (ETR) (B) und maximale Quantenausbeute (F_v/F_m) am Morgen und Mittag (C) von Hybrid-Pappeln Max 1 am Standort Neu Sacro (Messungen 15. August 2015)

Deutlichen Trockenstress infolge der verringerten Wasserverfügbarkeit zeigten u.a. die Bäume in Plot 8 und 9, die auch seit Jahren ein deutlich vermindertes Wachstum aufwiesen (Abb. 2). Bei diesen Hybrid-Pappeln sank das mittlere morgendliche Wasserpotential auf $-0,96 \pm 0,47$ MPa und bei einzelnen Bäumen sogar auf $-1,50$ MPa ab. Parallel mit dem Abfall des morgendlichen Wasserpotentials wurde auch die Elektronentransportrate und somit die Photosynthese deutlich reduziert (Abbildung 5B). Die stabilen $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopen-Verhältnisse in den Blättern der untersuchten Robinien und Hybrid-Pappeln deuten auf eine geringe Stomataöffnungsweite in den trockengestressten Bäumen hin (Tab. 1), was zu einer Verminderung der Netto-Photosyntheserate führen würde. Allerdings kommt es in den trockengestressten Blättern der Bäume im Plot 8-9 in

Kombination mit den hohen Lufttemperaturen von > 32 °C zu einer Verminderung der maximalen Quantenausbeute und somit der Photosynthese am Mittag.

Vergleicht man die stabilen $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopen-Verhältnisse der Robinien und Hybrid-Pappeln vom Agroforstsystem in Neu Sacro mit denen von Bäumen auf Rekultivierungsflächen im Tagebau Welzow-Süd (Tab. 1), so wird deutlich, dass die $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Werte der meisten Bäume bei < -27,48 ‰ und beim einjährigen Wiederaustrieb bei < -28,3 ‰ liegen. Grundsätzlich unterscheiden sich beide Arten in Bezug auf den N-Haushalt (Tab. 1), während der Blatt-N-Spiegelwert der Hybrid-Pappeln zwischen 1,41 und 2,41 % liegt, steigt er bei der Robinie im Mittel auf 3,05 und 3,34 %.

Eine trockenheitsbedingte Reduzierung des Blatt-N-Gehaltes konnte allerdings nicht festgestellt werden, eher zeigen die Blätter der trockengestressten Bäume (Plot 8-9) die höchsten N-Gehalte, aber auch eine große Variabilität (1,61-3,22 % N). Zudem waren die Blätter an diesen Bäumen im Vergleich zu den gut wasserversorgten Bäumen deutlich kleiner und zum Teil handelte es sich auch um junge Austriebe. Deutliche Unterschiede zeigen sich vor allem in den Blatt-N-Gehalten zwischen dem einjährigen Wiederaustrieb und den älteren Bäumen (Tab. 1).

Tabelle 1: Stabile $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopen-Verhältnisse, N-, C-Gehalt und C/N Verhältnis in Blättern von Robinien und Hybrid-Pappeln im Agroforstsystem Neu Sacro und auf Rekultivierungsflächen im Tagebau Welzow-Süd (20 km südlich von Cottbus)
W: Wiederaustrieb, Plot 2, Plot 14 und Plot 9; Blatternte 15. September 2015

Baumart	Standort	$\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (‰)	N-Gehalt (%)	C-Gehalt (%)	C/N
Robinie (W)	Neu Sacro	-28.70 ± 0.84	3,34 ± 0,11	47,01 ± 1,23	14,00 ± 1,35
Pappel (W)	Neu Sacro	-28.03 ± 0,54	2,15 ± 0,31	45,80 ± 1,01	21,71 ± 2,98
Pappel (P2)	Neu Sacro	-27,48 ± 0,95	1,41 ± 0,19	42,62 ± 0,81	30,62 ± 4,08
Pappel (P14)	Neu Sacro	-28.50 ± 0,25	1,22 ± 0,13	44,50 ± 0,16	33,22 ± 6,46
Pappel (P8-9)	Neu Sacro	-26,46 ± 0,42	2,41 ± 0,73	46,22 ± 0,66	19,80 ± 5,92
Robinie	Welzow Süd	-25,95 ± 1,24	3.05 ± 0,29	48,19 ± 1,96	15,87 ± 1,07
Pappel	Welzow Süd	-27,10 ± 0,45	1,41 ± 0,23	45,08 ± 0,45	32,68 ± 5,65

4 Diskussion

Die Kombination aus Wassermangel, hoher Einstrahlung und hohen Lufttemperaturen bedeuten für die Bäume eine hohe Stressbelastung, die insbesondere die Photosyntheseleistung negativ beeinflusst (Veste et al. 2000, Larcher 2003). Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede in der Angepasstheit und Anpassungsfähigkeit der Bäume von der Art als auch von der Herkunft, um auf die Klimavariabilität zu reagieren (Jump u. Penuelas 2005, Kriebitzsch et al. 2008, Veste 2009). Als Pionierbaumarten

verfügen Pappeln und Robinien über morphologische und physiologische Anpassungen, um unter den extremen Standortbedingungen zu überleben, aber langanhaltender Stress reduziert das Wachstum und die Photosynthese der Bäume (Veste u. Kriebitzsch 2013, Mantovani et al. 2014). Die unter den hohen Lufttemperaturen gemessenen Elektronentransportraten hingegen zeigen keine Minderung der Photosynthese beim einjährigen Wiederaustrieb. Für die Pappel wurde eine ETR von 102 bis 128 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ gemessen, während für die Robinien Werte von 142 bis 158 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ermittelt wurden. Deutlich höhere ETR für die Robinie im Vergleich zur Hybrid-Pappel wurden auch am Standort Scheyern festgestellt, während am trockeneren Standort Welzow-Süd keine deutlichen Unterschiede zwischen beiden Arten zu beobachten waren (Abb. 6). An den Untersuchungsstandorten variierte die mittlere ETR bei der Robinie von $96 \pm 15,2$ bis $142 \pm 27,8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ und bei der Hybrid-Pappel zwischen $78 \pm 18,4$ und $109 \pm 30,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ und lagen an den jeweiligen Standorten höher als bei der ebenfalls N-fixierenden Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) (Abb. 6).

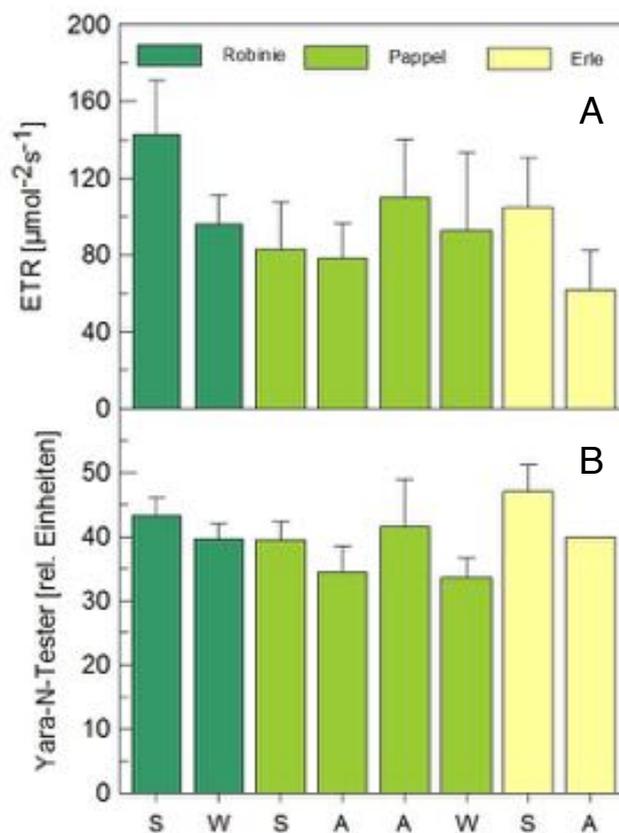


Abbildung 6: Elektronentransportrate (A) und Chlorophyllgehalte (gemessen mit dem Yara-N-Tester) (B) von Robinien, Hybrid-Pappeln und Erlen an den Standorten Scheyern, Bayern (S), Welzow Süd, Brandenburg (W), Allendorf, Hessen (A) im Juli 2011 (verändert nach Veste et al. 2012b).

Auch bei hohen Lufttemperaturen weisen beide Baumarten bei guter Wasserversorgung noch hohe Photosyntheseleistungen auf (Veste u. Kriebitzsch 2013, Küppers et al. 2017), sodass auch bei Lufttemperaturen von mehr als $33 \text{ }^{\circ}\text{C}$ keine wesentliche Limitierung der Photosynthese festgestellt wurde und die maximale Quantenausbeute am Mittag nur um 9 % bei den Robinien und 12 % bei den Pappeln gesunken ist. Auch die Untersuchungen von Küppers et al. (2017) belegen diese Abnahme der maximalen Photosynthese bei

Temperaturen von mehr als 30 °C. Bei hohen Lufttemperaturen in Kombination mit langanhaltender Trockenheit kann es allerdings auch zu einem Anstieg der ETR kommen, ohne dass dies auf einen Anstieg der Photosynthese zurückzuführen ist. Infolge der Erhöhung des stomatären Widerstandes ist die Aufnahme von CO₂ behindert, sodass mit steigender Temperatur die Photorespiration die Ursache für den Anstieg der Elektronentransportrate ist. So wurde bei trockengestressten Robinien bei Temperaturen von mehr als 30 °C ein Anstieg der ETR festgestellt, während die Netto-CO₂-Aufnahme reduziert wurde (Veste u. Kriebitzsch 2013). In diesem Fall muss davon ausgegangen werden, dass der Trockenstress zu einer Umverteilung im Elektronenfluss von der CO₂-Assimilation hin zur Photorespiration und zur Mehler-Peroxidase-Reaktion kommt, um die eingestrahlte überschüssige Energie abzuleiten (Kitao et al. 2003). Eine Photoinhibition oder drastische Schädigung des Photosyntheseapparates ist hingegen in dem Bereich auszuschließen, wie dies auch durch die maximale Quantenausbeute belegt wird. Die Robinie zeigt eine hohe Photosyntheseleistung bis 35°C (Mebrahtu et al. 1991, Küppers et al. 2017).

Kleinräumige Unterschiede in der Wasserversorgung können auch auf landwirtschaftlichen Flächen auftreten und sich deutlich auf das Wachstum der Bäume auswirken (Slazak et al. 2013, Eumig et al. 2016). Im Agroforstsystem Neu Sacro wurden in Folge der Bodenmelioration verschiedene Bereiche der Flächen verfüllt (insbesondere alte Nebenarme der Neiße), sodass die Wasserversorgung der Bäume und der landwirtschaftlichen Kulturen negativ beeinflusst wurde. Diese räumlich-zeitlichen Unterschiede in der Wasserversorgung der Pflanzen kann mit Hilfe des morgendlichen Wasserpotentials der Bäume dargestellt werden. (Veste et al. 2008, Mantovani et al. 2015b). Die gute Wasserversorgung der Bäume, insbesondere des Wiederaustriebs, spiegelt sich auch in den gemessenen Wasserpotential-Werten wider. Da nach der Ernte im Winter 2015 ein umfangreiches Wurzelsystem mit Grundwasseranschluss vorhanden ist, besteht trotz der langanhaltenden Trockenheit kein Wassermangel für die Bäume (Kanzler u. Böhm 2015, Mantovani et al. 2015b). Auch während des niederschlagsreichen Sommers 2013 variierten im Agroforstsystem Neu Sacro die morgendlichen Wasserpotentiale der Robinien zwischen -0,3 und -0,5 MPa und bei den Pappeln zwischen -0,2 und -0,32 MPa (Beesk 2015).

Dagegen unterscheiden sich in dem W-O orientierten Pappelstreifen (Abb. 2) die Wasserpotentiale und auch das Baumwachstum deutlich voneinander. Bei den hier wachsenden trockengestressten Hybrid-Pappeln kommt es zu einer Reduzierung der ETR, die auf eine stomatäre Regulation mit steigendem VPD zurückzuführen ist, sodass die Netto-CO₂-Photosynthese reduziert ist, aber nicht die photosynthetische Leistungsfähigkeit. Auch bei den untersuchten Max-Klonen konnte eine hohe Photosyntheseleistung bei Temperaturen von mehr 30 °C festgestellt werden. Kriebitzsch u. Veste (2012) haben für verschiedene Herkünfte der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) bei Sommertrockenheit eine lineare Beziehung zwischen der ETR und der gemessenen stomatären Leitfähigkeit festgestellt, so dass die Reduzierung der ETR bei den Hybrid-Pappeln auf einen Stomataschluss zurückzuführen ist. Zudem deuten die höheren $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopen-Werte bei den trockengestressten Hybrid-Pappeln und Robinien (auch auf den Versuchsflächen im Tagebau Welzow-Süd), auf eine verminderte stomatäre Öffnungsweite und Veränderungen der Wasserausnutzungseffizienz (WUE) hin. So weist Lüttschwager et al. (2015) darauf hin, dass der Klon Max 2 unter moderatem Trockenstress die WUE wesentlich stärker steigern konnte als andere untersuchte

Pappel-Klone und Aspen, aber dagegen bei guter Wasserversorgung eine hohe photosynthetische Leistungsfähigkeit und eine geringe Wasserausnutzungseffizienz aufwies. Dagegen haben Veste u. Kriebitzsch (2103) für die Robinie keine signifikanten Unterschiede der Wasserausnutzungseffizienz zwischen gut gewässerten und trockengestressten Pflanzen feststellen können.

Ein weiterer abiotischer Faktor, der die Photosynthese bei Trockenstress beeinflussen kann, ist die N-Versorgung. Vor allem bei der Pappel konnte ein direkter Einfluss des Blatt-N-Gehaltes bzw. des damit verbundenen Chlorophyllgehaltes auf die ETR detektiert werden (Veste et al. 2012a,b). Grundsätzlich hat die Robinie mit 3,05 bis 3,34 % N deutlich höhere Blatt-N-Spiegelwerte als die Hybrid-Pappeln (Tab. 1). Sie sind mit anderen Untersuchungen vergleichbar, wo 2,8 % bis 3,4 % N gemessen wurden (Veste u. Kriebitzsch 2013, Veste et al. 2013, Mantovani et al. 2015b). Auch zeigte der Wiederaustrieb der Robinie mit 3,05 bis 3,34 % N vergleichsweise hohe Blatt-N-Werte. Wobei die mittleren Blatt-N-Gehalte auch Werte von 4,3 % N erreichen können, wie dies Untersuchungen auf den Rekultivierungsflächen in Welzow-Süd zeigten (Veste et al. 2013). In einem Topfexperiment unter permanentem Trockenstress konnte für die Robinie eine geringfügige Verringerung des Blatt-N-Gehaltes festgestellt werden (Veste u. Kriebitzsch et al. 2013), während Mantovani et al. (2015) mit Blatt-N-Gehalten von 2,8 bis 3,2 % allerdings keinen signifikanten Einfluss der Wasserversorgung auf die N-Gehalte ermittelten. Die biologische Stickstofffixierung der Robinie ist gerade unter Bedingungen von Trockenstress ein wichtiger Faktor. In Trockenstress-Experimenten konnte unabhängig voneinander gezeigt werden, dass die Robinie bei verminderter Wasserversorgung vermehrt und größere Knöllchen ausbilden (Wurzbürger u. Minat 2013, Mantovani et al. 2016), deren Biomasse um rund 80 % über denen der gut gewässerten Pflanzen lag. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für eine entsprechend hohe Photosynthese der Bäume, auch unter Bedingungen der limitierten N-Versorgung bei Trockenheit. Auch Pappeln zeigen eine höhere N-Aufnahme unter Trockenstress (Euring et al. 2016), wobei genotypische Unterschiede zwischen verschiedenen Klonen existieren (Schildbach et al. 2012, Euring et al. 2016).

5 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Robinien und Hybrid-Pappeln öko-physiologische und morphologische Anpassungen an Hitzeperioden haben. Entscheidend ist allerdings eine gute Bodenwasserverfügbarkeit. Denn bei eingeschränkter Wasserversorgung reduzieren die Bäume die Transpiration durch Stomatenschluss und Verringerung der Blattoberfläche (Abwurf der Blätter). Daher gewinnen die Beschaffenheit des Unterbodens und der Anschluss an das Grundwasser bei klimawandelbedingten Zunahmen von Trockenperioden immer mehr an Bedeutung und dies ist bei der Anlage von Agroforstsystemen, aber auch bei Kurzumtriebsplantagen zu berücksichtigen.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Martin Beesk für die frühmorgendliche Hilfe bei den Wasserpotentialmessungen und bei Gabi Franke (BTU) für die Laboranalysen, sowie bei Christian Böhm und Michael Kanzler (BTU) und dem BMBF-Projekt AUFWERTEN für die logistische und inhaltliche Unterstützung. Unser Dank gilt auch der Agrargenossenschaft

Forst e.G. und der Vattenfall Energy Crops GmbH für die Anlage und die Bewirtschaftung der Agroforstflächen.

Literatur

Anders S, Beck W, Lux W, Müller J, Fischer R, König A, Küppers J-G, Thoroé C, Kätzel R, Löffler S, Heydeck P, Möller K (2004): Auswirkung der Trockenheit 2003 auf Waldzustand und Waldbau. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Arbeitsbericht des Instituts für Waldökologie und Walderfassung Nr. 2/2004, 1-109.

Beesk M (2015) Untersuchungen zur Photosynthese, zum Wasser- und Nährstoffhaushalt und Wachstum von Pappeln (*Populus nigra* x *P. maximowiczii*) und Robinien (*Robinia pseudoacacia*) in einem Agroforstsystem in der Niederlausitz. Master-Arbeit, Lehrstuhl Bodenschutz und Rekultivierung, BTU Cottbus-Senftenberg.

Böhm C, Kanzler M, Freese D (2014) Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforestry Systems* 88: 579-591.

DWD – Deutscher Wetterdienst (2015): Deutscher Wetterdienst zum Agrarwetter im Sommer 2015. Internet (17.09.2015).

Euring D, Ayegbeni S, Jansen M, Tu J, Gomes Da Silva C, Polle A (2016): Growth performance and nitrogen use efficiency of two *Populus* hybrid clones (*P. nigra* x *P. maximowiczii* and *P. trichocarpa* x *P. maximowiczii*) in relation to soil depth in a young plantation. *iForest* (early view). doi: 10.3832/ifor2016-009 [online 2016-09-22].

Genty B, Briantais JM, Baker NR (1989): The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta* 990, 87-92.

Guse T, Schneck V, von Wühlisch G, Liesebach M (2015): Untersuchungen der Ertragsleistung und -stabilität bei Robinien-Jungpflanzen verschiedener Herkunft auf einem Standort im Land Brandenburg. In: Liesebach M (Hrsg.) *FastWOOD II: Züchtung schnellwachsender Baumarten für die Produktion von nachwachsender Rohstoffe im Kurzumtrieb – Erkenntnisse aus 6 Jahren FastWOOD*. Thünen Report 26, 85-97.

Hartwich J, Bölscher J, Schulte A, Schmidt M, Pflugmacher C, Murach D (2015): Das Transpirationswasserdargebot als steuernder Faktor für die Produktion von Energie aus Weiden in Kurzumtriebsplantagen – Abschätzung des Bioenergiepotenzials für Deutschland. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 59, 217-226.

Herppich WB, Midgley G, Herppich M, Tüffers A, Veste M, von Willert DJ (1998): Interactive effects of photon fluence rates and drought on CAM-cycling in *Delosperma tradescantioides* (Mesembryanthemaceae). *Physiologia Plantarum* 102, 148-154.

Hoschke A (2013): Untersuchungen zur Etablierung von Pappelbeständen auf einem Ackerstandort in Südbrandenburg. Bachelorarbeit Brandenburgische Technische Universität Cottbus.

Jump AS, Penuelas J (2005): Running to stand still: adaption and the response of plants to rapid climate change. *Ecology Letters* 8, 1010-1020.

- Kanzler M, Böhm C (2015): Nachhaltige Erzeugung von Energieholz in Agroforstsystemen (AgroForstEnergie II) – Teilvorhaben 2: Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit, Wasserhaushalt und Mikroklima. Abschlußbericht, Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow, 156 S.
- Kanzler M, Böhm C, Mirck J, Schmitt D, Veste M (2016): Agroforstliche Landnutzung als Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbau 28, 126-127.
- Kanzler M, Böhm C, Quinkenstein A, Steinke, Landgraf D (2014): Wuchsleistung der Robinie auf Lausitzer Rekultivierungsflächen. AFZ-Der Wald 5/2014, 35-37.
- Kitao M, Lei TT, Koike T, Tobita H, Maruyama Y (2003): Higher electron transport rate observed at low intercellular CO₂ concentration in long-term drought-acclimated leaves of Japanese mountain birch (*Betula ermanii*). *Physiologia Plantarum*, 118, 406-413.
- Kriebitzsch W-U, Beck W, Schmitt U, Veste M (2008): Bedeutung trockener Sommer für Wachstumsfaktoren von verschiedenen Herkünften der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). AFZ-Der Wald 5/2008, 246-248.
- Kriebitzsch W-U, Veste M (2012): Bedeutung trockener Sommer für die Photosynthese und Transpiration von verschiedenen Herkünften der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). *Landbauforschung* 62(4), 193-209.
- Küppers M, Schmitt D, Liner S, Böhm C, Kanzler M, Veste M (2017): Photosynthetic characteristics and simulation of annual leaf carbon balances of hybrid poplar (*Populus nigra* L. x *P. maximowiczii* Henry) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in a central European agroforestry system. *Agroforestry Systems*, im Druck.
- Larcher W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen. UTB-Ulmer, Stuttgart-Hohenheim.
- Lüttschwager D, Alia LA, Ewald D (2015) Auswirkungen von moderatem Trockenstress auf Photosynthesekapazität, Wassernutzungseffizienz und Biomasseproduktion von drei Pappelklonen. In: Liesebach M (Hrsg.): FastWOOD II: Züchtung schnellwachsender Baumarten für die Produktion von nachwachsender Rohstoffe im Kurzumtrieb – Erkenntnisse aus 6 Jahren FastWOOD. *Thünen Report* 26, 192-196.
- Mantovani D, Veste M, Freese D (2014): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) ecophysiological and morphological adaptations to drought and their consequence on biomass production and water use efficiency. *New Zealand Journal of Forestry* 44, 29.
- Mantovani D, Veste M, Boldt-Burisch K, Fritsch S, Koning L, Freese D (2015a): Carbon allocation, nodulation, and biological nitrogen fixation of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) under soil water limitation. *Annals of Forest Research* 58 (2), 259-274.
- Mantovani D, Veste M, Böhm C, Vignudelli M, Freese D (2015b): Drought impact on the spatial and temporal variation of growth performance and plant water status of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in agroforestry systems in Lower Lusatia (Germany). *iForest* 8, 743-757.
- Mebrahtu T, Hanover J, Layne DR, Flore JA (1991): Leaf temperature effects on net photosynthesis, dark respiration, and photorespiration of seedlings of black locust families with contrasting growth rates. *Canadian Journal of Forest Research* 21, 1616-1621.

- Murach D, Hartmann H, Murn Y, Schultze M, Wael A, Röhle H (2009): Standortbasierte Leistungsschätzung in Agrarholzbeständen in Brandenburg und Sachsen. In: Reeg, T, Bemann, A, Konold, W, Murach, D, Siecker, H (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, Wiley-VCH, Weinheim, 29-40.
- Rennenberg H, Loreto F, Polle A, Brilli F, Fares S, Benival RS, Gessler A (2006): Physiological responses of forest trees to heat and drought. *Plant Biology* 8, 556-571.
- Rieken J, Böhm C (2017): Untersuchungen zu Ertrag und Begleitflora einer agroforstlich bewirtschafteten Haferfläche mit zwei Hafersorten. In: Böhm C (Hrsg.): Bäume in der Land(wirt)schaft – von der Theorie in die Praxis, Tagungsband 5. Forum Agroforstsysteme, 30.11.-01.12.2016, Senftenberg, 121-126.
- Schildbach M, Wolf H, Hartmann K (2012): Untersuchungen zur abiotischen Resistenz schnellwachsender Baumarten. In: "Züchtung und Ertragsleistung schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb". Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Hann. Münden, Germany, Vol. 8, 237-257.
- Ślązak A, Böhm C, Veste M (2013): Kohlenstoffspeicherung, Nährstoff - und Wasserverfügbarkeit. In: Wagener F, Heck P, Böhmer J (Hrsg.): Nachwachsende Rohstoffe als Option für den Naturschutz. Naturschutz durch Landbau? Schlussbericht ELKE III, Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, 130-149.
- Veste M (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf die Waldvegetation: Anpassungsfähigkeit und ihre Grenzen. In: Korn H, Schliep R, Stadler J (Hrsg.): Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland IV. BfN-Skripten 246, 31-34.
- Veste M, Balasus A, Kern J, Herppich WB (2012a): Influence of nitrogen fertilization on photosynthesis and leaf nitrogen content of leaves of poplar and willow plants in short rotation plantations. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 42, 138.
- Veste M, Balasus A, Kern J, Herppich WB, Ślązak A, Böhm C, Freese D (2012b): Ökophysiologische Untersuchungen zur Photosyntheseleistung und zum Stickstoffhaushalt von schnellwachsenden Baumarten. 3. Agroforstforum, 6.-7. Juni 2012, Cottbus.
- Veste M, Ben-Gal A, Shani U (2000): Impact of thermal stress and high vpd on gas exchange and chlorophyll fluorescence of *Citrus grandis* under desert conditions. *Acta Horticulturae* 531, 143-149.
- Veste M, Böhm C (Hrsg.) (2017): Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft. Springer Spektrum, Heidelberg, im Druck.
- Veste M, Böhm C, Quinkenstein A, Freese D (2013): Biologische Stickstoff-Fixierung der Robinie. *AFZ-Der Wald* 2/2013, 40-42.
- Veste M, Kriebitzsch W-U (2013): Einfluss von Trockenstress auf Photosynthese, Transpiration und Wachstum junger Robinien (*Robinia pseudoacacia* L.). *Forstarchiv* 84, 35-42.
- Veste M, Staudinger M, Küppers M (2008): Spatial and temporal variability of soil water in drylands: plant water potential as a diagnostic tool. *Forestry Studies in China* 10(2), 74-80.

von Willert DJ, Matyssek R, Herppich W (1995): Experimentelle Pflanzenökologie. Grundlagen und Anwendungen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.

Wurzburger N, Miniat CF (2013) Drought enhances symbiotic dinitrogen fixation and competitive ability of a temperate forest tree. *Oecologia* 174, 1117-1126.

Depth gradient of soil C, N and S contents in an alley cropping system for biomass production

Ansgar Quinkenstein^{1*}, Tomasz Janus², Dirk Freese¹

¹Chair of Soil Protection and Recultivation, Brandenburg University of Technology Cottbus–Senftenberg, K.-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus, Germany

*Contact: quinkenstein@b-tu.de

² Department of Soil Science and Recultivation, Poznań University of Life Sciences, Piątkowska 94, 60-649 Poznań, Poland

Summary

In a six-year-old alley cropping system with fast growing trees for biomass production (ACS), the depth distribution of soil contents of carbon (C), nitrogen (N) and sulphur (S) under the trees (poplar) and under the neighbouring agricultural field was investigated. The measured soil contents were usual for agricultural sites and showed a significant decrease with increasing soil depth under the trees. These results might indicate that the introduction of trees into agricultural areas leads to an alteration of the soil distribution pattern of C, N, S from a pattern typical for agricultural soils (more or less constant values at least within the ploughing horizon from 0-30 cm) to a pattern more typical for forest ecosystems (comparatively higher values in the topsoil, lower values in the deeper soil). However, for more reliable results measurements should be repeated and preferably older stands should be investigated.

1 Introduction

A number of scientific studies suggest that the introduction of trees into agricultural areas leads to an accumulation of organic carbon (C) and (related with that) other nutrients such as nitrogen (N) or sulphur (S) in the soils over longer periods of time (Garten 2002, Nair et al. 2009, Paul et al. 2002, Vesterdal et al. 2002, Bambrick et al. 2010). Whether this too can be confirmed for the comparably short-lived tree areas in alley cropping systems for biomass production (ACS) is still under investigation and is currently to some degree object of speculation. Against this background, in the presented study, the soil distribution of C, N and S contents in a six-year-old ACS established on agricultural soils in Eastern Germany was investigated. The depth gradient of the investigated elements in the soil under the tree components and under the neighbouring agricultural areas was assessed and compared.

2 Material and methods

The study was conducted in an ACS established in 2011 on an agricultural site about 25 km east of Cottbus, Germany (Fig. 1).



Figure 1: Studied alley cropping system close to the city Forst (Germany), with the tree species poplar and winter wheat in the alleys (Photo: D. Freese, 2014)

The utilized tree species was the poplar clone 'Max 1'. Samples were taken in August 2016. Overall, four sampling transects were defined each one of them comprising of two sampling points – “T” indicates the middle of the tree strip and “M” indicates the middle of the field strip, about 24 m distance to the buffer strip (Fig. 2).

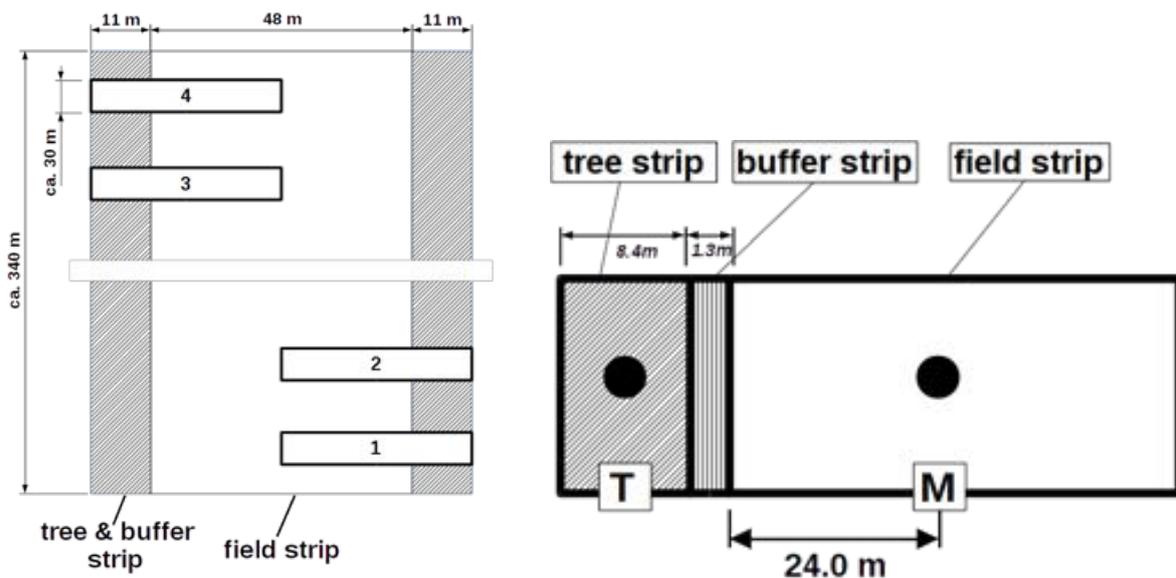


Figure 2: Scheme of the sampling site with four marked sampling transects (left) and scheme of one sampling transect with indicated sampling points (right) where *T*: denotes the middle of tree strip and *M* denotes the middle of the field strip (24 m distance to the field border)

At each sampling point three auger holes were drilled and used to extract soil samples for the soil depths 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-45 and 45-60 cm. The extracted samples were mixed together to produce a composite sample for each sampling point and sampling depth.

After collection, the soil samples were transported to the laboratory where they were air dried at room temperature over a period of several days. After drying, the samples were

sieved with a mesh size of 2 mm. Previous investigations have shown that carbonate contents in these soils were negligible. Accordingly, in the next step, carbon (C), nitrogen (N) and sulphur (S) contents of the fine earth fractions were directly measured using a CNS analyser (elementar varioEL, Hanau/Germany).

The derived measurement data were tested for significant differences between the samples from the trees and the samples from the field plots for the different sampling depths with the non-parametric Mann-Whitney U-test (Mann and Whitney 1947).

3 Results and Discussion

Measurements of soil C, N, and S contents resulted in values comparable to usual values for agricultural sites (Blume et al. 2016) which showed a typical trend with higher values in the topsoil and lower values in the deeper soil layers (Fig. 3).

The contents of C, N and S over all plots ranged from 1.10 ± 0.28 (n=8), 0.11 ± 0.02 (n=8), 0.024 ± 0.004 in the uppermost soil layer (0-5 cm) to 0.24 ± 0.08 (n=6), 0.03 ± 0.01 , 0.015 ± 0.002 in the lowest soil layer (45-60 cm).

Comparing the tree with the field plots, the results indicated that under the trees, the decrease of C, N, and S contents with soil depth was significant ($p < 0.05$) – comparing the 0-5 cm and the 45-60 cm layer – and, as such, was more pronounced than in the soils under agricultural areas for which no significant difference was found for the same soil layers. The visual comparison of tree and field plots (Fig. 3) supports this finding and indicates higher values in the topsoil under trees (especially distinct for C) compared to the field plots, however, the differences were not significant.

Overall, the results indicated that the introduction of ACS-trees into agricultural areas might initiate a change in the depth distribution of soil contents of C, N and S. Similar changes in the depth distribution of C after afforestation were already reported (Jug et al. 1999, Paul et al. 2002). Possible reasons for such changes comprise, on the one hand, general factors such as changes in above- and belowground litter input quantity and quality (e.g. build-up of a persistent litter layer), modifications of microclimatic and decomposition conditions (e.g. alterations of moisture and temperature; Blume et al. 2016). On the other hand they comprise as a main influencing factor the reduction of soil cultivation activities due to the limited accessibility of forested sites (e.g. only possible after removal of the trees).

Regarding longer time periods, it appears plausible, that the underlying processes in the investigated ACS will lead to a relative redistribution of C (and to some degree of N and S). The element distribution under the trees might converge towards distributions that can be found in forest ecosystems. However, to be able to reliably predict the degree of alteration and whether a net C/N/S enrichment or depletion in the soil will occur, more research in preferably older ACS is required.

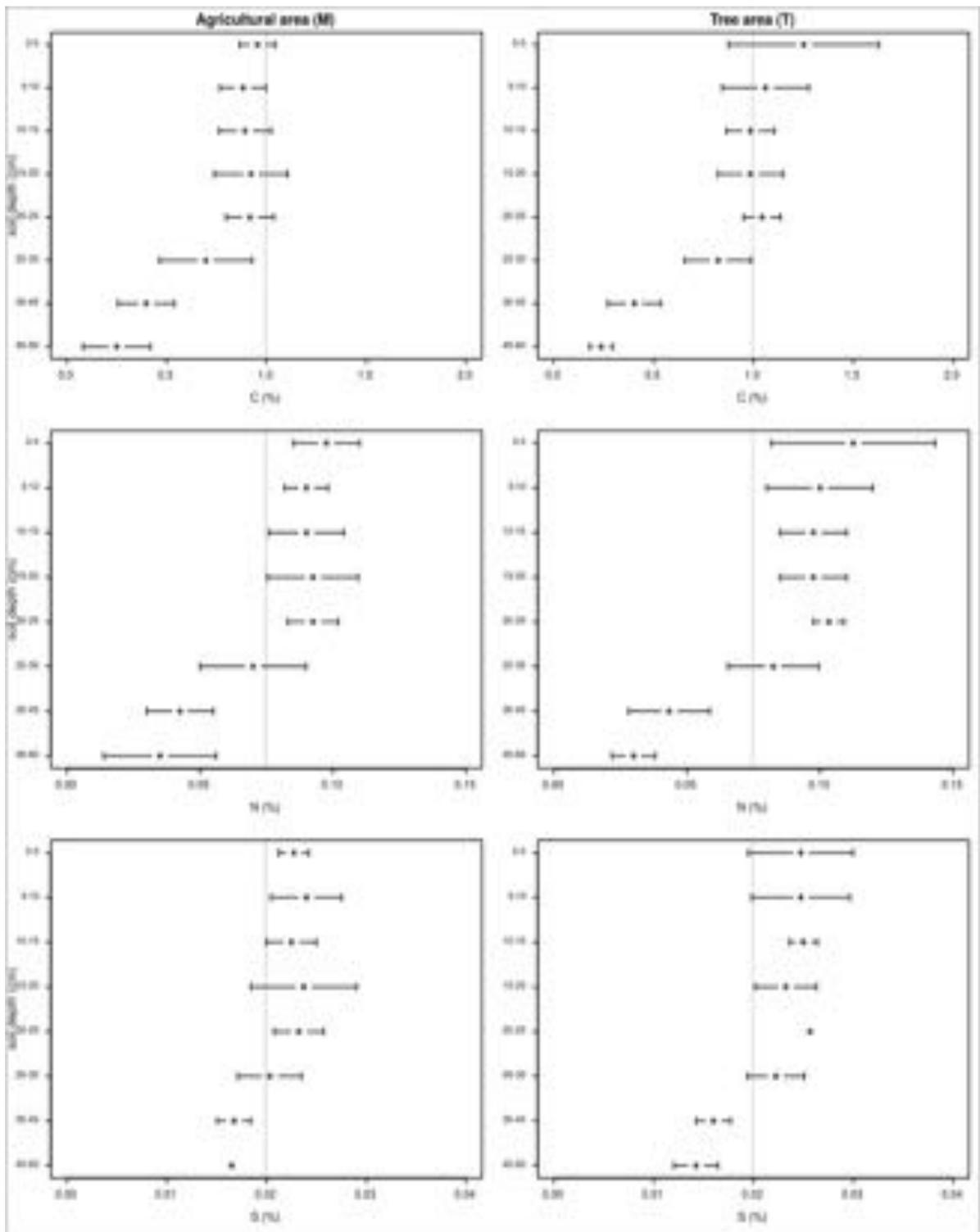


Figure 3: Average soil contents (\pm standard deviation, $n = 3-4$) of C (upper row), N (middle row) and S (bottom row) in the soil depths of 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-45 and 45-60 cm at the middle of the field strip (M) and the middle of the tree strip (T).

4 Conclusions

The results indicated that the establishment of trees on agricultural areas might influence the distribution of C, N, S contents in the soil profile leading to higher values in the topsoil and lower values in the deeper soil under the trees compared to the agricultural areas. However, significant differences in soil C, N or S contents between the tree and the field plots could not be verified. This might be attributed to the comparably low age of the investigated ACS, as some author's report of time periods of more than 20 years until influences of afforested trees become visible in the soil organic C content distributions (Paul et al. 2002). To clarify whether the distribution pattern is altered permanently or whether C, N or S is enriched or depleted in the soils due to the establishment of trees, older ACS should be investigated.

References

- Bambrick AD, Whalen JK, Bradley RL, Cogliastro A, Gordon AM, Olivier A, Thevathasan NV (2010): Spatial heterogeneity of soil organic carbon in tree-based intercropping systems in Quebec and Ontario, Canada. *Agroforestry Systems* 79(3), 343-353.
- Blume H-P, Brümmer GW, Fleige H, Horn R, Kandeler E, Kögel-Knabner I, Kretzschmar R, Stahr K, Wilke B.M. (2016): Scheffer/Schachtschabel: Soil Science. Springer, Heidelberg, New York, Dordrecht, London.
- Garten CTJ (2002): Soil carbon storage beneath recently established tree plantations in Tennessee and South Carolina, USA. *Biomass and Bioenergy* 23, 93-102.
- Jug A, Makeschin F, Rehfuss KE, Hofmann-Schielle C (1999): Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. III. Soil ecological effects. *Forest Ecology and Management* 121(1-2), 85-99.
- Mann HB, Whitney DR (1947): On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics* 18(1), 50-60.
- Nair PKR, Kumar BM, Nair DV (2009): Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172 (1), 10-23.
- Paul KI, Polglase PJ, Nyakuengama JG, Khanna PK (2002): Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management* 168, 241-257.
- Vesterdal L, Ritter E, Gundersen P (2002): Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land. *Forest Ecology and Management* 169, 137-147.

Root distribution of black locust trees in an alley cropping system

Ansgar Quinkenstein*, Lina Tatiana Carrero Bastos, Dirk Freese

Chair of Soil Protection and Recultivation, Brandenburg University of Technology Cottbus–Senftenberg, K.-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus, Germany

*Contact: quinkenstein@b-tu.de

Summary

In a five-year old alley cropping system in Brandenburg, Germany, the extension of the root system of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) trees into the neighbouring agricultural field alleys was investigated. Along transects between the hedgerows and the middle of the neighbouring field alleys, samples were collected at distances of 1.30, 4.3 and 49.3 m to the hedgerow border and for the soil depths 0-15, 15-30, 30-45 and 45-60 cm by using an auger with a diameter of 8 cm. Roots were separated from the soil by means of washing and sieving. The root samples were then sorted and analysed for root length densities and dry masses. The results indicate a logarithmic decrease of root length densities and root masses of black locust with increasing distance to the trees, although, the number of positive samples was too small to conduct a substantiated statistical analysis. In result, the authors assume that the tree roots did not extend into the agricultural alley for the considered soil depths substantially, but, nevertheless, suggest a modified sampling method or/and the investigation of older tree stands for future studies.

1 Introduction

In the presented field study the propagation of tree roots from hedgerows into the neighbouring agricultural alleys in a five-year old agricultural alley cropping system in Brandenburg, Germany with fast growing trees for biomass production was investigated. Information on how far and in what depths tree roots grow into the agriculturally managed fields are necessary to develop a better understanding of nutrient and water cycles and of the interactions between trees and annual crops within such systems. This knowledge might help to improve the design of such systems and to optimize their management in the future.

2 Material and methods

Field experiments were performed in an alley cropping system with short rotation tree strips of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) (Fig. 1).



Figure 1: Studied alley cropping system, looking North-South along the tree rows (here with poplar) and winter wheat in the alleys (Photo: D. Freese, 2014)

The system was established on average good agricultural soils in spring 2010. Initial site mapping resulted in substrate types dominated by loamy sands and sandy loams. The predominant soil types are Gley-Vega and Pseudogley-Vega (German soil classification). Black locust trees were planted in double rows (4 double rows per tree strip) and with a total planting density of 8700 plants ha⁻¹ in the tree strips. In the year of sampling, sugar beet (transect 1-3, see below) and maize (transect 4-6, see below) were grown in the field alleys.

The study site is located in the Lower Lusatian region in Eastern Germany approximately 30 km east of the city of Cottbus. General growth conditions in the area are characterized by an annual mean temperature of 9.9 °C and an average annual precipitation sum of 614 mm (Fig. 2).

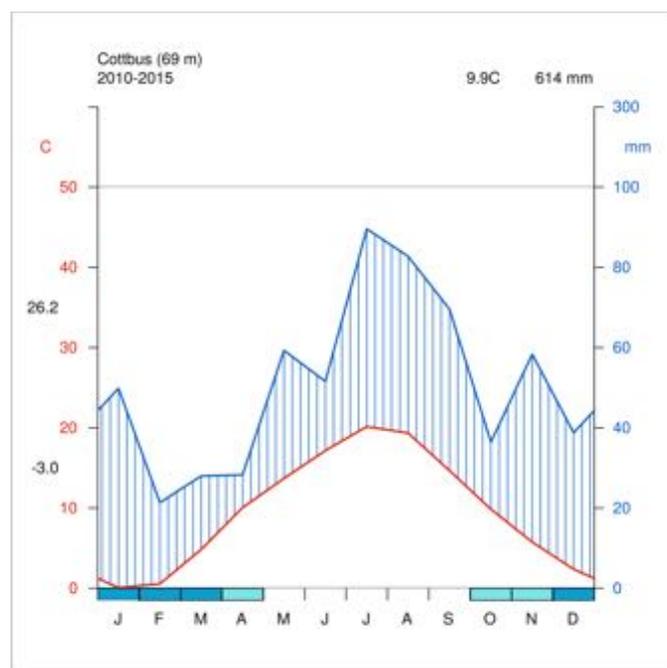


Figure 2: Climatic diagram (Walter-Lieth) for weather station Cottbus (weather data for 2010 to 2015 from German Weather Service)

Root samples were collected in August 2015. Overall, six sampling transects were defined each one comprising of four sampling points (Fig. 3). At each sampling point soil was sampled in 15 cm depth intervals using an 8 cm diameter auger. Accordingly, the sampled soil depths were 0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm, and 45-60 cm.

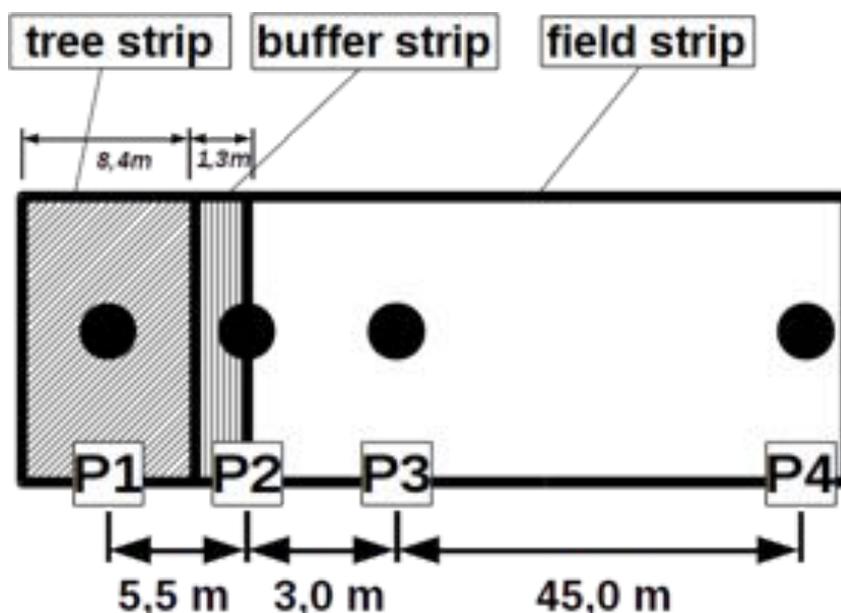


Figure 3: Scheme of a sampling transect with the sampling points (from West to East) P1: middle of tree strip, P2: border of buffer strip to field, P3: three meters deep in the field strip and P4: 48 m deep in the field strip (about 54 m distance to the middle of the tree strip)

Root core samples were washed with water and sieved with a mesh size of 1 mm to separate soil from the root biomass. The retained roots were divided into the fractions *black locust* (living roots identified as roots from black locust), *other* (all other living roots) and *dead* roots. Root nodules were treated separately. Root fragments shorter than 1 cm were discarded (Quinkenstein et al. 2012).

The sorted root samples were scanned and evaluated with the WinRHIZO™-Software by Regent Instruments Inc., which – among other values – gives the rooting intensity (root length per volume in cm cm^{-3}) for each sample. In addition, the roots were dried at 103 ± 2 °C until weights were constant and then the samples were weighed for dry matter determination.

3 Results and Discussion

The distribution of measured root length densities of black locust in the measurement-transects (T1-T4) from the hedgerow into the field alley showed a more or less logarithmic decrease with increasing distance to the hedgerow (Fig. 4).

This decrease was distinct for the direction from the hedgerow (0 m) to the buffer strip (6 m) to the field values (9 m and 54 m). The total root density values under the hedgerows and in the field alleys were comparable to values given in the literature for agroforestry systems or annual agricultural crops in the temperate region (Kumar et al. 2010, Perkons et al. 2014). However, the total number of only three positive black locust

samples found in the field area (P3 and P4), compared to the total number of 48 samples within that area, was too low to conduct a substantiated statistical analysis. The roots which were not from black locust (fraction *Other*) showed the opposite trend with higher values in the field compared to the hedgerow and the buffer strip. Accordingly, the summarized values for the different distances for the root length density and the root biomass (Fig. 5) show the same trend.

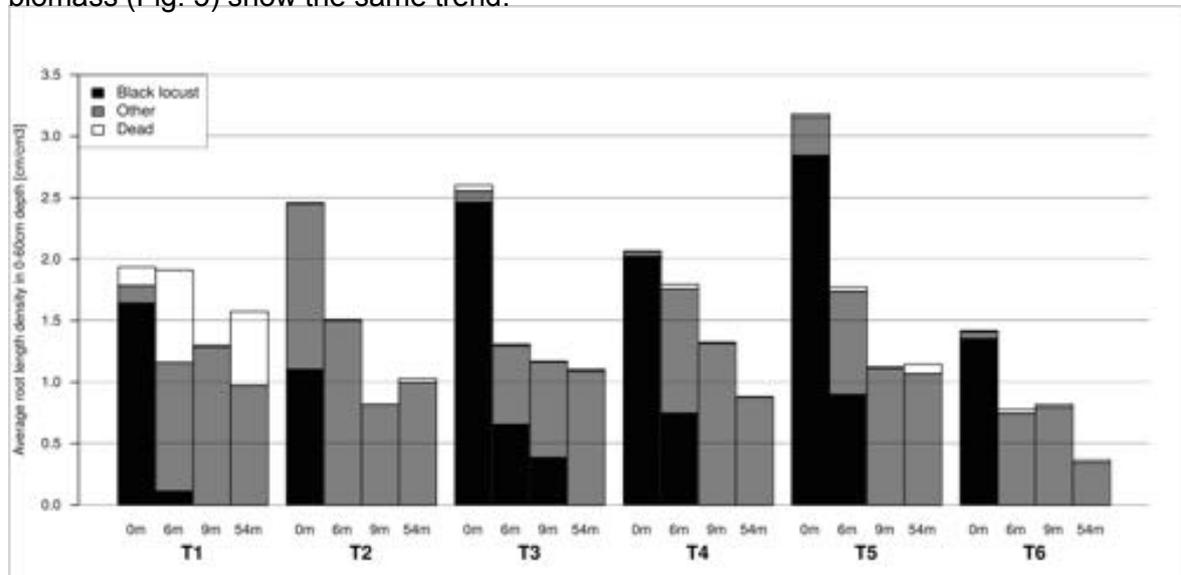


Figure 4: Average root length densities of the fractions *Black locust*, *Other* and *Dead* for a soil depth of 0-60 cm for different sampling distances from hedgerow centre (0, 6, 9 and 54 m distance) and six sampling transects (T1-T6)

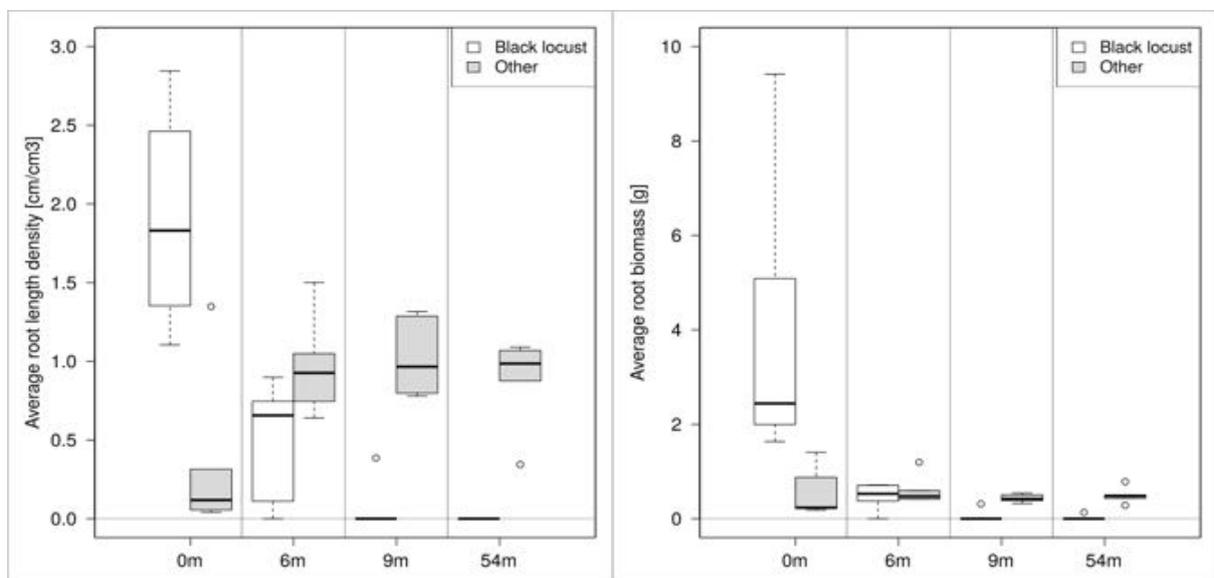


Figure 5: Average root length densities (left) and biomass (right) of the root fractions *Black locust* and *Other* for a soil depth of 0-60 cm for different sampling distances from hedgerow centre (0, 6, 9 and 54 m, n = 6)

The results suggest that the large majority of the tree roots was located directly under the hedgerow and only few roots extended into the neighbouring buffer strip. Within the field alley only an extremely small number of black locust roots were found (three positive samples) and only up to a distance of 7.2 m to the next tree.

4 Conclusions

The results of the presented study suggest that the root systems of the trees did not spread out into the field substantially. However, gathering reliable information on root growth, dynamics and root distribution, generally, is acknowledged to be challenging, due to the large number of influencing factors on root growth (e.g., abiotic or biotic growth factors, competition between plants or soil cultivation; Schroth 1998). Therefore, the presented findings should be interpreted with reasonable care.

The distinct decrease of tree roots with increasing distance to the trees appears plausible; however, the (nearly) total absence of tree roots in the field area came as a surprise. Possible explanations for these findings are:

- The applied method was prone to error (sampling 'between' the actual roots, several uncertainties regarding the root washing and root separation, possible limitations of the evaluation with WinRhizoTM; Himmelbauer et al. 2004) and thus led to false negative results.
- The applied method was appropriate and there, really, were no black locust roots in the field. This could be explained by the repeatedly cutting of the roots within the ploughing horizon (0-30 cm) during soil cultivation activities by the farmer or by the fact that the trees were too young to develop wide spreading root systems (age was about 5 years).

In order to clarify these points more research is needed. The sampling should be repeated when the trees are older and alternative sampling methods should be applied in addition (e.g. tracer experiments).

Acknowledgement

This study was supported by the European Union as part of the project AGFORWARD – Seventh Framework Program (grant agreement no. 613520).

References

- Himmelbauer ML, Loiskandl W, Kastanek F (2004): Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different Image analyses systems. *Plant and Soil* 260(1), 111-120.
- Kumar S, Udawatta RP, Anderson SH (2010): Root length density and carbon content of agroforestry and grass buffers under grazed pasture systems in a Hapludalf. *Agroforestry Systems* 80(1), 85-96.
- Perkons U, Kautz T, Uteau D, Peth S, Geier V, Thomas K, Holz KL, Athmann M, Pude R, Köpke U (2014): Root-length densities of various annual crops following crops with contrasting root systems. *Soil and Tillage Research* 137, 50-57.
- Quinkenstein A, Pape D, Freese D, Schneider BU, Hüttl RF (2012): Biomass, carbon and nitrogen distribution in living woody plant parts of *Robinia pseudoacacia* L. growing on reclamation sites in the mining region of Lower Lusatia (Northeast Germany). Article ID 891798. *International Journal of Forestry Research* 2012, 1-10.
- Schroth G (1998): A review of belowground interactions in agroforestry, focussing on mechanisms and management options. *Agroforestry Systems* 43(1-3), 5-34.

Einfluss von Gehölzstrukturen auf die Vielfalt der Brutvögel in der Agrarlandschaft

Beatrix. Wuntke^{1*}, Carola Voigt¹, Mia-Lana Lührs²

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg

*Kontakt: bwuntke@zalf.de

²Büro Renala, Sattlerstraße 3a, 14469 Potsdam

Zusammenfassung

Gehölzanpflanzungen werden erst nach einigen Jahren auch für Agrarvogelarten als Brut- und Nahrungsflächen wirksam. Daher werden im laufenden Projekt, um die Wirkung linearer Gehölzstrukturen auf die Brutvögel in der Agrarlandschaft zu bewerten, aktuelle Brutvogelerhebungen mit einer gezielten Auswertung vorhandener Daten kombiniert. Erste Ergebnisse der noch laufenden Untersuchungen werden vorgestellt.

1 Einleitung

Vögel zeigen stellvertretend für viele andere Arten die Artenvielfalt einer Landschaft. Darauf basiert die Nutzung ausgewählter Vogelarten als Indikatoren für den Zustand der verschiedenen Landschaftstypen in Deutschland und auch europaweit (Voříšek et al. 2010). Verbessert sich für ausgewählte Indikator-Vogelarten der Lebensraum und nimmt damit verbunden ihr Brutbestand zu, so spiegelt das eine vielfältigere Landschaft, von der auch andere Tier- und Pflanzenarten profitieren. Lineare Gehölzstrukturen wirken generell positiv auf die Vielfalt der Brutvögel in der Agrarlandschaft. Dabei variiert die Wirkung mit der Ausprägung und Länge der Gehölzstruktur.

2 Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung der Frage: „Wie wirken sich lineare Gehölzstrukturen auf die Brutvogelwelt in der Agrarlandschaft aus, speziell auf typische Agrarvögel?“ wird eine Kombination aus aktuellen Brutvogelerhebungen im Projektgebiet und der Auswertung bereits vorliegender großräumiger Brutvogelkartierungen aus einem Projekt am ZALF (Lutze et al. 2010) eingesetzt. Darüber hinaus erfolgen seit 2015 erneute Kartierungen auf 4 (ab 2017 auf 7) der 2005 und 2006 kartierten Untersuchungsflächen, um so Aussagen zur Wirkung von Gehölzstrukturen über einen längeren Zeitraum (> 10 Jahre) zu gewinnen.

Die Brutvogelerfassung erfolgte und erfolgt auf Untersuchungsflächen von jeweils 1 km² (Bsp. in Abb. 1). Mit jeweils 5 Kartierungsgängen werden dabei im Zeitraum März bis Juni die Brutvögel möglichst komplett erfasst. Für die Auswertung wurden die linearen Gehölzstrukturen auf Basis vorliegender Datenbanken (ATKIS, Biotopkartierung des Landes Brandenburg) ermittelt (Bsp. in Abb. 2) und mit Pufferbereichen von beidseitig 50 m und 100 m umgeben (Abb. 3). Dieser Bereich wird als „gehölzbeeinflusster Flächenanteil“ bezeichnet. Die Auswertung konzentriert sich auf 5 Vogelarten: 2 typische

Agrarvögel, die in der Fläche, also auf dem Acker, brüten: Feldlerche und Schafstelze, sowie 3 typische Agrarvögel, die in Gehölzstrukturen brüten: Dorngrasmücke, Goldammer und Neuntöter. Die Auswahl erfolgte anhand vorliegender Erfahrungen zur Häufigkeit der verschiedenen Arten in der Agrarlandschaft (Abb. 4).

Für diese Arten wird die Siedlungsdichte im gehölzbeeinflussten Teil sowie die Siedlungsdichte im offenlandbeeinflussten Teil der Untersuchungsflächen ermittelt, um so den Einfluss der Gehölzstrukturen zu bewerten. Die Ausstattung mit linearen Gehölzstrukturen fördert neben typischen Gehölzbewohnern wie Buchfink und Kohlmeise auch Vogelarten, die in der Agrarlandschaft ihre Nahrung suchen, aber in und an Gehölzen ihre Brutplätze haben. Dazu gehören bspw. Goldammer und Dorngrasmücke. Diese sind auch Bestandteil des insgesamt 10 Arten umfassenden Artenvielfaltsindikators für den Lebensraum Agrarlandschaft im Biodiversitätsprogramm der Bundesrepublik. Dieser Indikator zeigt seit Jahren eine Negativentwicklung der Artenvielfalt in der Agrarlandschaft an (Wahl et. al. 2015), die so massiv in keinem anderen Lebensraum (Wald, Binnengewässer, Siedlungen etc.) zu finden ist.



Abbildung 1: Luftbild einer Untersuchungsfläche

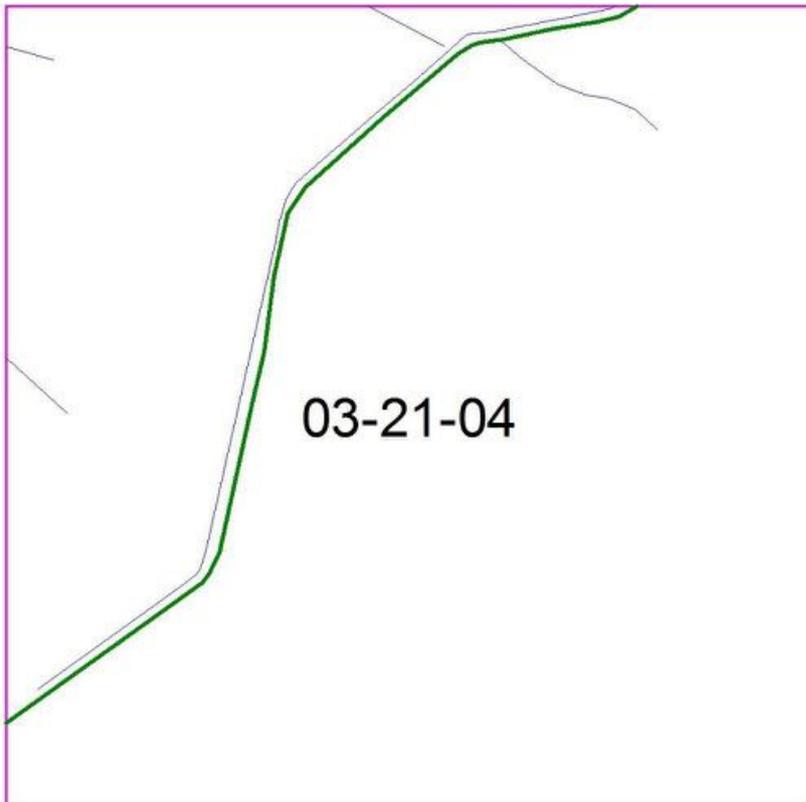


Abbildung 2: Gehölzlinienstrukturen (grün) und gehölzbestandene Gewässerlinien (blau) der Untersuchungsfläche aus Abb. 1 nach der Biotopkartierung des Landes Brandenburg

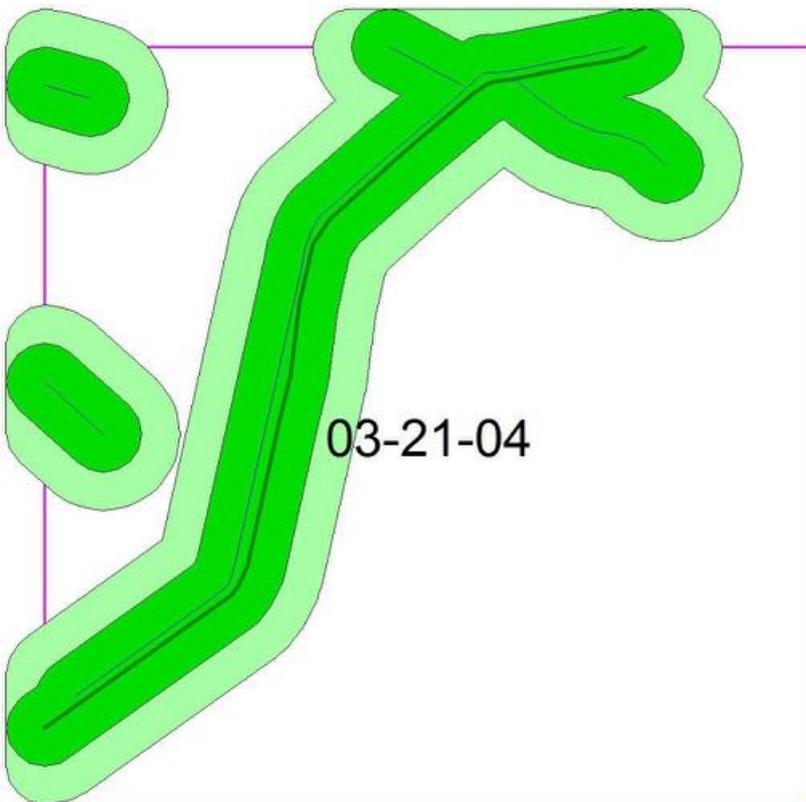


Abbildung 3: 50 m- und 100 m-Puffer um die Linienstrukturen aus Abb. 2

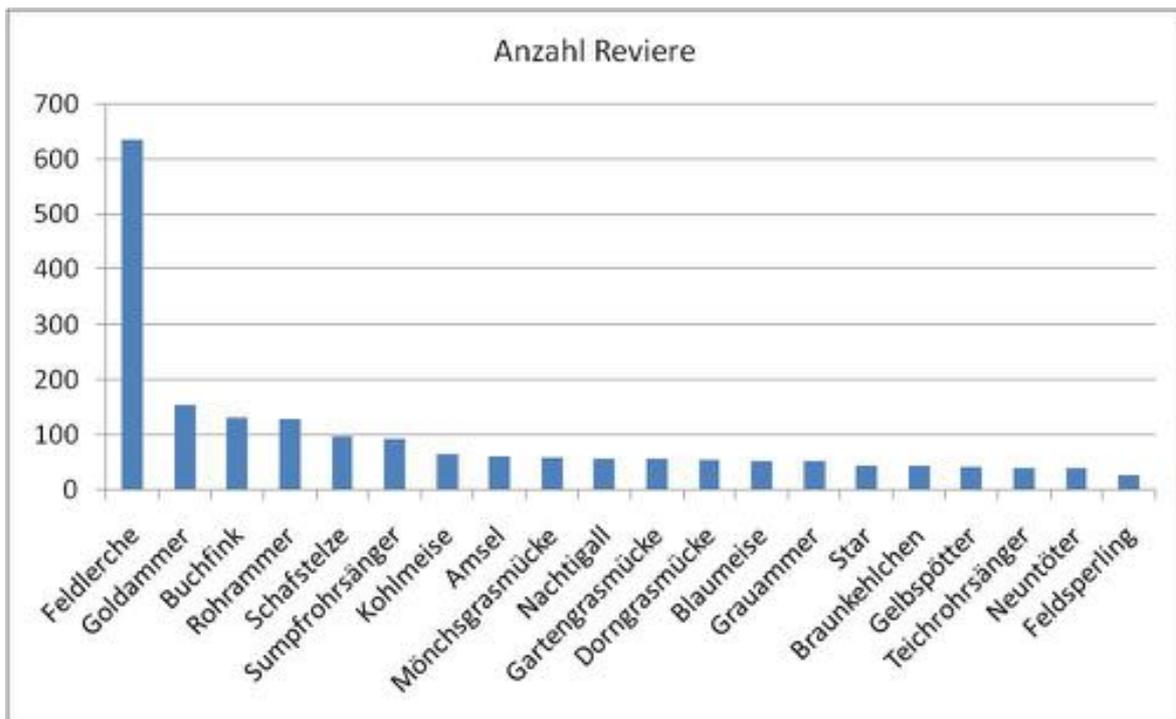


Abbildung 4: Die 20 häufigsten Brutvogelarten (Mittelwert für 2005, 2006) in der Agrarlandschaft Brandenburgs (Revierzahl auf 34 Untersuchungsflächen von je 1 km² im Ackerland; nach Lutze et al. 2010)

3 Erste Ergebnisse

Die Abbildungen 5 bis 8 zeigen die Verteilung der Reviere der ausgewählten 5 Arten auf den untersuchten Flächen (UF). Die Schwankungen von Jahr zu Jahr belegen, dass ein Komplex von Faktoren auf das Brutvogelspektrum wirkt. Die Strukturierung der Fläche ist nur einer von mehreren Einflussfaktoren. Sehr stark wirkt sich auch die Zahl angebaute Feldfrüchte aus. Je vielfältiger das Anbauspektrum, umso günstiger gestaltet sich die Nahrungsgrundlage für Agrarvögel über das Jahr hinweg. Eine entscheidende Ursache für die festgestellten jährlichen Schwankungen der Brutvogelbestände auf den untersuchten Flächen dürfte die Tatsache sein, dass heute zumeist nur wenige Kulturen, und diese im jährlichen Wechsel angebaut werden. Die statistischen Auswertungen dazu laufen noch. Als schwierig für die angestrebte Bewertung der Landschaftsstrukturierung durch Gehölze erweist sich vor allem die zugängliche Datenbasis für Gehölzstrukturen.

Es zeichnet sich ab, dass die bisher genutzten Datenquellen (ATKIS – Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, Biotoptypenkartierung des Landes Brandenburg) für eine statistisch absicherbare Bewertung nicht immer ausreichend genau sind. Erschwerend kommt hinzu, dass neben dem Vorhandensein von Gehölzstrukturen auch weitere Faktoren, wie angebaute Feldfrucht, Vielfalt der angebauten Kulturen, Vorhandensein weiterer Strukturen etc. das Brutvogelspektrum beeinflussen. Für Flächen mit ausreichend genau vorliegenden Daten zu Gehölzstrukturen kann die Auswirkung auf das Brutvogelspektrum klar belegt werden.

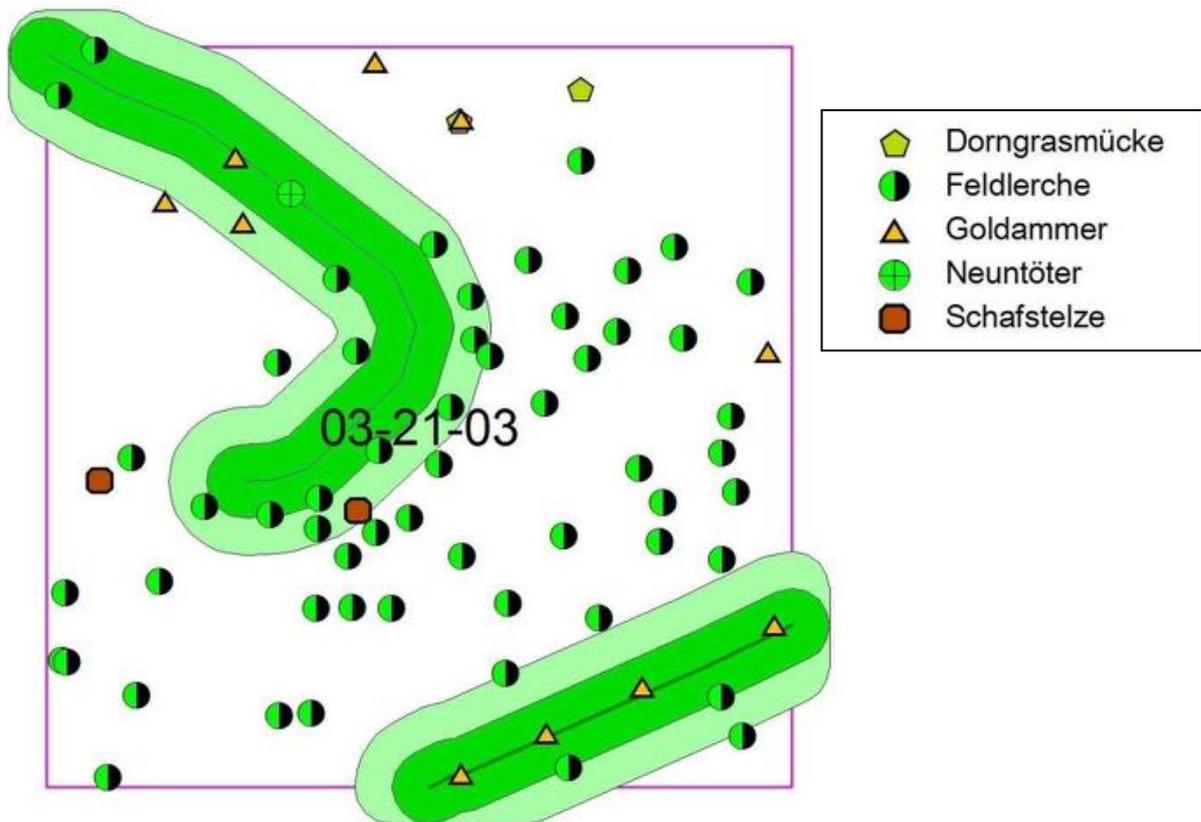


Abbildung 5: Brutvogelreviere ausgewählter Arten auf der UF 03-21-03 für das Jahr 2015

Die Abbildungen 5 und 6 zeigen eine Fläche, deren linearen Gehölzstrukturen nur unvollständig in den genutzten Datenbanken digitalisiert vorliegen. Darüber hinaus weist die Fläche neben linearen Gehölzstrukturen auch noch Feldgehölze auf, die ebenfalls von den untersuchten gehölzbewohnenden Agrarvogelarten besiedelt werden. Aus diesen beiden Aspekten erklärt sich das Auftreten der betrachteten gehölzbewohnenden Agrarvogelarten außerhalb der Pufferzonen.

Während die gehölzbewohnenden Agrarvogelarten im Jahresvergleich 2015/2016 nahezu gleich bleiben, zeigt sich bei den beiden Offenlandarten ein starker Abfall von 58 Revieren 2015 zu 21 Revieren 2016. Dieser hat seine Hauptursache darin, dass auf der Untersuchungsfläche 2015 überwiegend Wintergetreide angebaut wurde, während 2016 überwiegend Winterraps und Mais angebaut wurden. Auch von 2005 zu 2006 fand sich ein solcher Unterschied mit 44 Revieren zu 29 Revieren bei den beiden Offenlandarten Feldlerche und Schafstelze.

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen eine Fläche, deren linearen Gehölzstrukturen sehr genau in den genutzten Datenbanken digitalisiert vorliegen. Dabei handelt es sich um Baumreihen, die kaum Unterholz aufweisen, lückig sind und auch keine Pufferzonen zu den angrenzenden Ackerflächen haben. Daraus resultiert die geringe Revieranzahl gehölzbewohnender Agrarvogelarten.

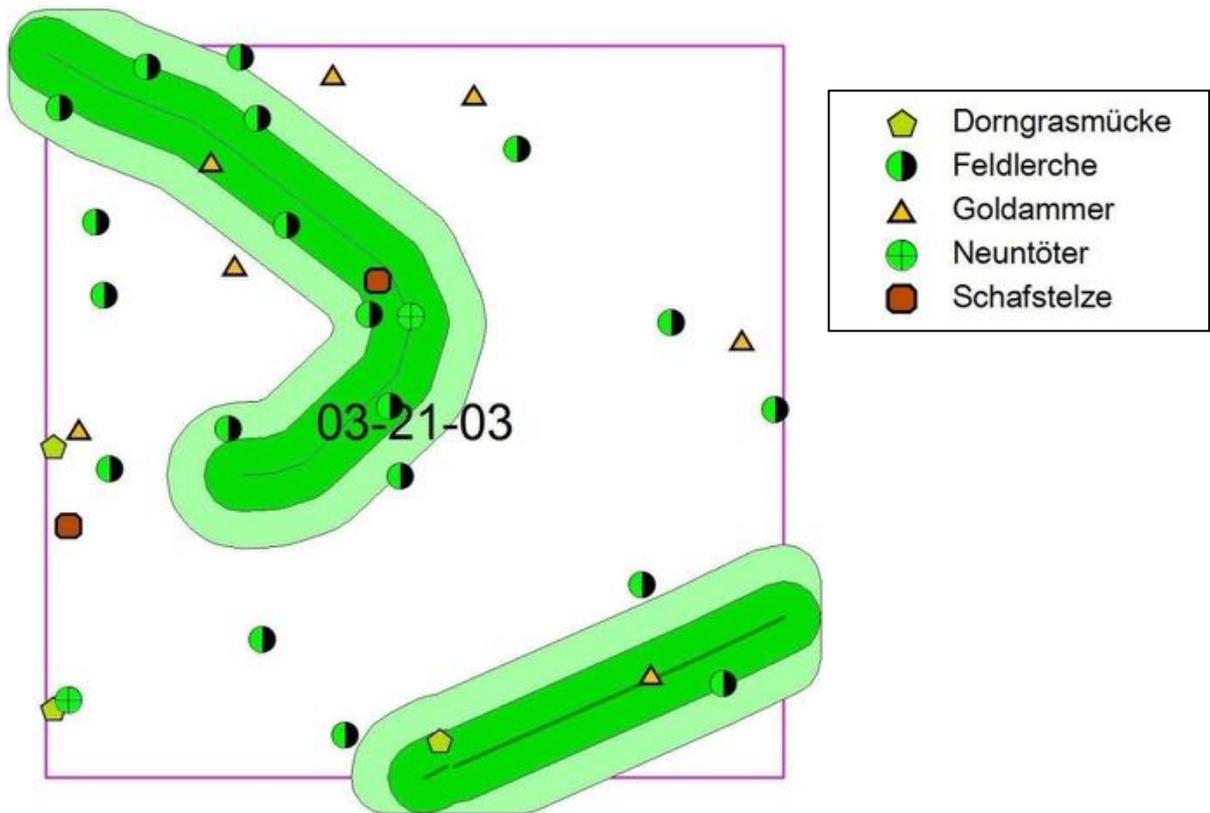


Abbildung 6: Brutvogelreviere ausgewählter Arten auf der UF 03-21-03 für das Jahr 2016

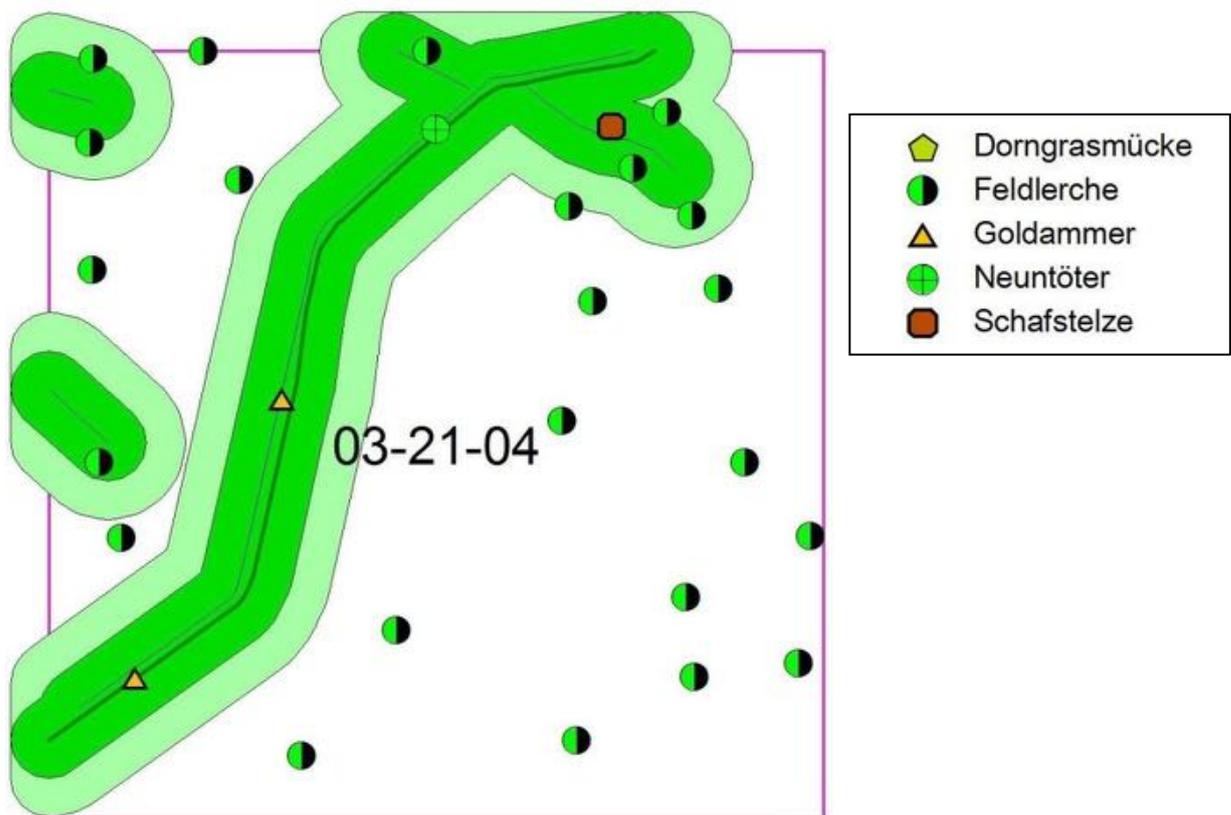


Abbildung 7: Brutvogelreviere ausgewählter Arten auf der UF 03-21-04 für das Jahr 2016

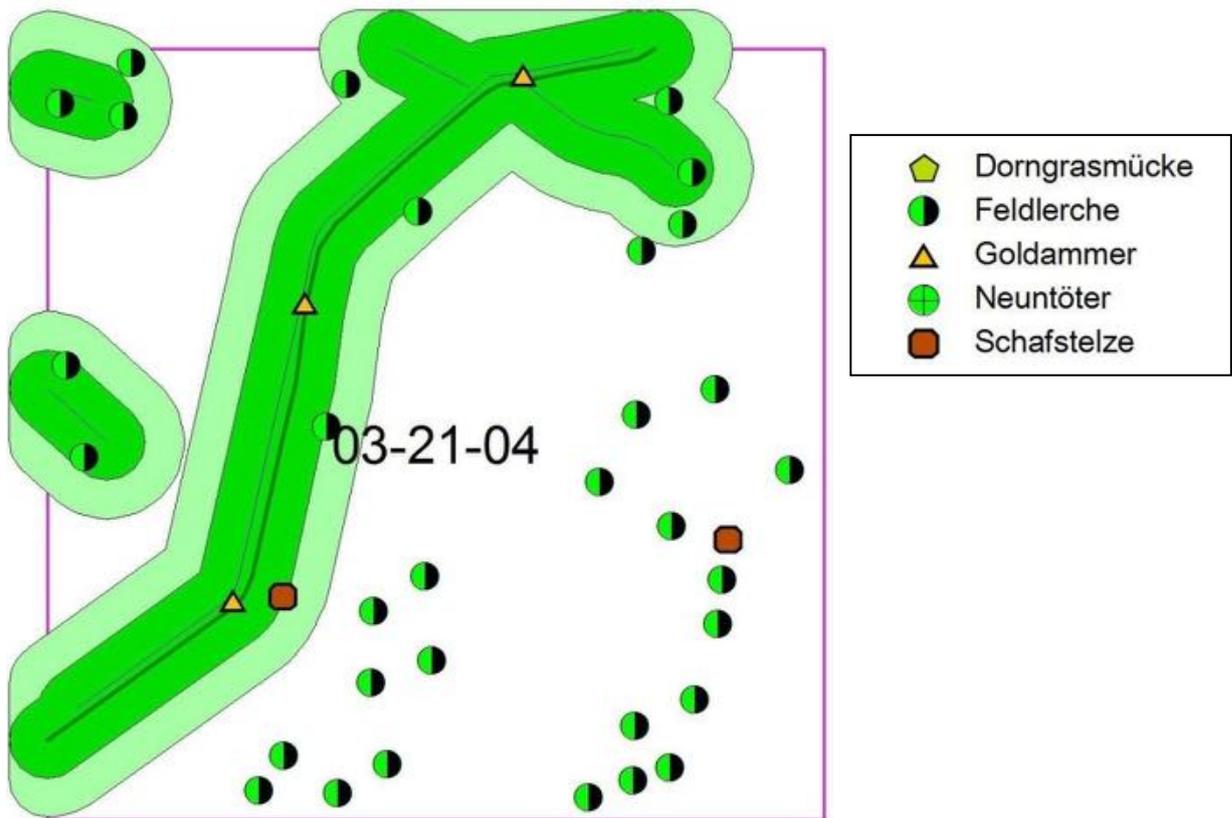


Abbildung 8: Brutvogelreviere ausgewählter Arten auf der UF 03-21-04 für das Jahr 2016

4 Ausblick

Lineare Gehölzstrukturen verbessern die Lebensraumbedingungen für eine ganze Anzahl typischer Agrarvogelarten, deren Bestandstrends seit über 10 Jahren abwärts zeigen (Neuntöter, Goldammer, Feldsperling u.a.). Dabei spielen neben der Gestaltung der Anpflanzung auch das Belassen von Pufferzonen als Übergang zur umgebenden Ackerfläche und die Anbauvielfalt auf den umgebenden Flächen eine Rolle. Optimal sind mehrreihige Gehölzanpflanzungen mit einer Unterholzschicht aus Sträuchern und Stauden sowie einer Pufferzone zu den bewirtschafteten Flächen. Die laufenden Auswertungen sollen die Wichtung der verschiedenen Einflussfaktoren bestimmen.

Literatur

Lutze G, Schultz A, Wuntke B, Voss M, Kiesel J, Wenkel K-O (2010): Brutvogelausstattung der Agrarlandschaften Brandenburgs – zwischen Artenreichtum und Artenarmut. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz* 9, 79-93.

Voříšek P, Jiguet F, Van Strien A, Škorpilová J, Klvaňová A, Gregory R D (2010): Trends in abundance and biomass of widespread European farmland birds: how much have we lost? *BOU-Proceedings – Lowland farmland Birds III*. download am 27.11.2016 von: <http://www.bou.org.uk/bouproc-net/lfb3/vorisek-et-al.pdf>

Wahl J, Dröschmeister R, Gerlach B, Grüneberg C, Langgemach T, Trautmann S, Sudfeld C (2015): *Vögel in Deutschland – 2014*. DDA, BfN, LAG VW, Münster.

MUNTER

„Entwicklung eines Managementsystems für Landwirte und Kommunen für mehr Umwelt- und Naturschutz durch einen optimierten Energiepflanzenanbau“

Frank Wagener*, Jörg Böhmer, Peter Heck

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Hochschule Trier, Trier University of Applied Sciences, Standort Birkenfeld, Campusallee, Geb. 9926, 55768 Neubrück (Nahe)

*Kontakt: T: +49 (0) 6782/17-26 36 – F: +49 (0) 6782/17-12 64 – E: f.wagener@umwelt-campus.de

Zusammenfassung

Agroforstsysteme und andere extensive Anbausysteme bieten zahlreiche Möglichkeiten, um einen verbesserten Umwelt- und Ressourcenschutz in die Landnutzung zu integrieren und zugleich einen Beitrag zur Energiewende auf regionaler Ebene zu leisten. Das Projekt MUNTER, das im Rahmen einer Europäischen Innovationspartnerschaft "Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit" (EIP-Agri) von der EU über das Land Rheinland-Pfalz gefördert wird, widmet sich der Entwicklung eines Managementsystems, mit dessen Hilfe Landwirte und Kommunen gemeinsam Handlungsansätze, Kosten und Finanzierungsmöglichkeiten zur Realisierung dieser Synergien praxisgerecht und effektiv erschließen können.

1 Einleitung

1.1 Herausforderungen

Der fortschreitende Wandel unseres Klimas ist unbestritten. Der Klimawandel führt zu mehr Extremwetterereignissen, die wiederum Erosion verursachen, so landwirtschaftlich genutzte Böden entwerten und Hochwasser in die Ortschaften tragen (Abbildung 2).

Landwirte, Kommunen und Privathaushalte sind davon gleichermaßen betroffen und gut beraten, gemeinsam Lösungen zu finden. Die Kommunen sind hier als Träger der Daseinsvorsorge gefragt, sowohl Maßnahmen zum Klimaschutz als auch zur Abmilderung seiner Folgen zu treffen. Hierzu zählen ganz unterschiedliche Aufgaben wie der Umbau der Energieversorgung vor allem öffentlicher Gebäude hin zu bezahlbaren, sparsamen und regenerativen Lösungen, aber auch die Abwehr von Gefahren und Katastrophen, die sich aus den Klimawandelfolgen ergeben.

Die Landwirtschaft trägt Verantwortung für eine angepasste Bewirtschaftung ihrer Flächen, die Erosion mindert, zum Rückhalt von Wasser in der Landschaft beiträgt und weitere Funktionen wie den Erhalt der biologischen Vielfalt und den Erholungswert der Landschaft unterstützt. Zugleich steht die Landwirtschaft erheblichen wirtschaftlichen

Anforderungen gegenüber, die in der Vergangenheit in vielen Betrieben zu einer starken Spezialisierung und damit auch einem erhöhten betrieblichen Risiko geführt haben.



Abbildung 2: Der Klimawandel hat in den letzten Jahren seine Spuren in vielen Regionen Deutschlands hinterlassen*

* Zwischen dem 26. Mai und dem 8. Juni 2016 gab der Deutsche Wetterdienst über 3.000 Unwetterwarnungen auf Landkreisebene heraus, einmalig seit es dieses System gibt (15 Jahre). Die allgemeine Unwetterlage 2016 hat große Ähnlichkeit zu der in 2013 und 2002, die die Jahrhunderthochwasser an der Elbe ausgelöst hatte. Es gibt allerdings keine langen lokalen/regionalen Datenreihen zu Extremwetterereignissen, so dass eine statistische Signifikanz noch nicht gegeben ist. Rein statistisch betrachtet treten nur alle 100 Jahre Extremregenereignisse, wie in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz auf. Verschiedene Klimaforscher weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass die Wahrscheinlichkeit für abwechselnde extrem nasse und trockene Perioden durch den Klimawandel zunimmt (dwd.de und zdf.de 2016)

(Bildquelle links: Frank Wagener; Bildquelle Mitte und rechts: <http://ff-gerolstein.de/unwetter-wuetet-in-der-verbandsgemeinde-gerolstein/>)

Für die Menschen im ländlichen Raum ist es von entscheidender Bedeutung, dass Maßnahmen für mehr Umwelt- und Naturschutz nicht zu Lasten regionaler Wirtschaftskreisläufe gehen, sondern idealerweise mehr Wertschöpfung und Entwicklungspotenziale für die Region bringen. Viele der bisher eingesetzten Maßnahmen zur Verfolgung von Schutzziele in der Landnutzung sind jedoch von hohen Kosten und dem häufigen Prinzip der Nichtnutzung (bzw. Stilllegung) geprägt. Auf lokaler Ebene muss ein transparenter Austausch der verfolgten Ziele und Interessen, realisierbaren Leistungen und ggf. Restriktionen erfolgen.

1.2 Agroforstsysteme als Teil der Lösung

Ein Weg für einen verbesserten Umwelt- und Ressourcenschutz in der Landschaft besteht in der gezielten Gestaltung und Integration von Mehrnutzungssystemen, also Kulturen, die zwar i.d.R. eine verminderte Ertragsleistung gegenüber der praxisüblichen intensiven Landnutzung aufweisen, aber dafür zahlreiche Landschaftsfunktionen erbringen können. Eine besondere Rolle hierbei können verschiedene Energie- und Rohstoffpflanzen spielen, die durch eine extensive Bewirtschaftung, eine längere Bodenbedeckung und eine Steigerung der Landschaftsvielfalt die Integration weiterer gesellschaftlicher Ansprüche wie Gewässerschutz oder Erhalt der biologischen Vielfalt auf ein und derselben Fläche verbinden. Zugleich leisten sie einen Beitrag zur regionalen Energieversorgung und damit auch zur Energiewende. So werden zahlreiche Synergien und Perspektiven für den ländlichen Raum auf einmal erschlossen.

Zur Vielfalt geeigneter Anbausysteme zählen neben Gemengen für die Biogaserzeugung (Abb. 3) und flächigen Gehölzbeständen auch Agroforstsysteme, die zum Beispiel die regional übliche Ackernutzung mit dem Energieholzanbau auf einer Fläche verbinden.

Ihre potenziellen positiven Umweltwirkungen, insbesondere für einen verbesserten Erosionsschutz wurden bereits vielfach in wissenschaftlichen Untersuchungen (u.a. Huber et al. 2013) erwiesen und in der Praxis bestätigt (u.a. Wagener et al. 2013; Abb. 4).



Abbildung 3: Blühende Biogasmengene kombinieren Futterangebot, Brut- und Rückzugsmöglichkeiten wildlebender Arten mit einer bodenschonenden nachhaltigen Erzeugung von Biogassubstraten als Alternative zum Mais, z.B. an empfindlichen Gewässerrändern



Abbildung 4: Genutzte Pflanzungen schnellwachsender Gehölze, z.B. als Streifen in der Ackerfläche (Agroforstsysteme), können einen wirksamen Erosionsschutz mit Beiträgen zum Biotopverbund und der Erzeugung von Energierohstoffen auf einer Fläche verbinden

Entscheidend für die Realisierung dieser Mehrnutzungssysteme in einer Region ist die Kooperation der verschiedenen beteiligten Akteure aus Landwirtschaft, Kommunen, Naturschutz und Wasserwirtschaft. Nur durch eine gezielte Honorierung ökologischer Leistungen lassen sich diese Synergien für einen ressourcen-, klima- und umweltschonenden Energiepflanzenanbau letztlich realisieren. Der Weg dahin führt über die Vereinbarung regionaler Landnutzungsstrategien als Ergebnis eines moderierten Planungsprozesses. Erfahrungen aus vorangegangenen Projekten haben gezeigt, dass für den Erfolg solcher Strategien ein effizientes Management der Wissensgrundlagen und von Entscheidungsprozessen notwendig ist.

1.3 Das Projekt

Das Projekt MUNTER findet im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft "Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit" (EIP-Agri) statt und wird mit Mitteln des Entwicklungsprogramms EULLE unter Beteiligung der Europäischen Union und des Landes Rheinland-Pfalz gefördert (Laufzeit: 10/2016 – 3/2020).

MUNTER ist ein Praxisprojekt, das reale Herausforderungen im Klimaschutz und der notwendigen Klimaanpassung in der betrieblichen Praxis von Landwirten, der Daseinsvorsorge von Kommunen und weiterer öffentlicher Aufgaben identifiziert und bearbeitet. Das Vorhaben widmet sich der Entwicklung eines Managementsystems, mit dessen Hilfe Landwirte und Kommunen gemeinsam Handlungsansätze zur Realisierung dieser Synergien erarbeiten, Kosten quantifizieren und Finanzierungsmöglichkeiten effektiv erschließen können. Um die Praktikabilität dieses Werkzeugs zu gewährleisten erfolgt die Entwicklung direkt in und mit der Praxis. Hierzu hat sich eine operationelle Gruppe aus drei sehr unterschiedlichen Landwirtschaftsbetrieben in der Westpfalz und in der Vulkaneifel, zwei Instituten und einer Stiftung zusammengefunden, die lösungsorientiert mit Experten der Wasserschutzberatung, des Naturschutzes und den Kommunen zusammenarbeitet (Abbildung 5).



Abbildung 5: Die Operationelle Gruppe MUNTER verbindet betriebliche Wirklichkeit und angewandte Forschung in konkreten Praxisprojekten

Einzelne Grundlagen für das Vorhaben wurden von den Mitgliedern der Gruppe bereits in den Verbundforschungsprojekten „Null-Emissions-Gemeinden“ (BMBF Nachhaltiges Landmanagement, 2011-2016) und „ELKE“ (BMEL, 2007-2016) erarbeitet.

MUNTER ist ein Komplementärprojekt des integrierten LIFE-Projekts „ZENAPA: Zero Emission Nature Protection Areas“ (Laufzeit: 2016-2024). „ZENAPA“ zielt auf die CO_{2e}-Neutralität von Großschutzgebieten ab. Elf Partner aus Deutschland und Luxemburg werden in ihren Nationalparks, Biosphärenreservaten und Naturparks konkret zeigen, dass klimaentlastende Maßnahmen nicht den Zielen des Natur- und Umweltschutzes widersprechen, sondern diese ergänzen. Es geht also um die kooperative Umsetzung der nationalen und europaweiten Klimaschutzziele (CAP 2020 und CPP 2050) unter Berücksichtigung der nationalen und europäischen Biodiversitäts- und Bioökonomiestrategie. Das im Rahmen von MUNTER noch zu entwickelnde Praxiswerkzeug, soll nach Fertigstellung in verschiedenen Großschutzgebieten eingesetzt werden.

2 Bisheriger Projektverlauf und erste Ergebnisse

Mit Blick auf die pragmatischen Projektziele wurden verschiedene Module für ein zukünftiges Managementsystem aufgestellt. Während die Module 1 bis 3 dazu dienen, die Anforderungen aus dem Erosions- und Hochwasserschutz, dem Gewässerschutz und dem Biotopverbund zu analysieren und entsprechende Handlungsspielräume zu erarbeiten, werden diese Ergebnisse in Modul 4 gemeinsam mit den Praxisbetrieben zusammengeführt, ausgewertet und in betriebsindividuelle Lösungen überführt.

Methodisch basiert das Projekt auf zwei parallelen Handlungssträngen, die wechselweise zu dem geplanten Entwurf eines Managementsystems und seiner Weiterentwicklung in der Praxis führen. Zum einen werden geeignete Fachinformationsmodelle (u.a. mit Hilfe von GIS) zu den Themen Landbau, Erosions-/Hochwassergefährdung, Gewässergüte, Biotopverbund, Energiesenken und Wirtschaftlichkeit auf der Fläche und bei der Energienutzung ausgewählt; zum anderen werden die Zuverlässigkeit und Praktikabilität dieser Modelle in und mit den Praxisbetrieben erprobt. Hierzu werden Praxisinterviews, Feld- und Betriebsbegehungen durchgeführt, die eine weitere Optimierung der erarbeiteten Methoden ermöglichen.

Auf der übergeordneten Ebene gilt es, sinnvolle Abläufe für den Moderationsprozess vor Ort zu entwickeln. Im Hinblick auf die geplante Zusammenstellung von Förder- und Kofinanzierungsoptionen werden auch rechtliche Fragestellungen in entsprechenden Gutachten geklärt.

Als „Reallabor“ für diese Entwicklung stehen im Projekt insgesamt drei Betriebe in zwei Regionen zur Verfügung, die ihr Praxiswissen und auch Flächen für die Erprobung des Managementsystems zur Verfügung stellen. Dies sind:

- mehrere Nebenerwerbsbetriebe in einem Dorf in der Westpfalz (hier wurden bereits erste Agrarholzflächen für die Eigenversorgung realisiert und ein Diskussionsprozess für den Aufbau eines Bioenergiedorfes angestoßen; nach erheblichen Starkregenereignissen in 2014 besteht Interesse an der Verknüpfung von Erosions- und Hochwasserschutz mit der Energieversorgung im Dorf),

- ein Hofgut mit Landwirtschaft und Seniorenzentrum in Alleinlage in der Westpfalz (hier wurden bereits umfangreiche Agrarholzbestände aufgebaut, die Eigenversorgung des Seniorenzentrums mit Wärme aus Hackschnitzeln ist bereits seit längerem in Betrieb),
- ein Haupterwerbsbetrieb in Ortsrandlage in der Vulkaneifel (hier wurde ein Bioenergiedorf mit Nahwärmeversorgung über Biogas erfolgreich realisiert (2013); nach Starkregenereignissen in 2016 wird nun Anpassungsbedarf bei der Nutzung von Ackerflächen gesehen).

Nachfolgend wird exemplarisch auf die bisherige Vorgehensweise im Projekt und die ersten Ergebnisse am Beispiel des Erosions- und Hochwasserschutzes eingegangen.

2.1 Entwurf eines Managementsystems

Die Entwicklung des vorgesehenen Managementsystems im Projekt erfolgt in den beiden Modellregionen. Als exemplarische Betrachtungsräume wurden dabei die jeweiligen Gemarkungen, in denen die Betriebsflächen der beteiligten Praxispartner liegen, ausgewählt. Anhand der betrieblichen InVeKoS-Daten sowie physischer Geoinformationen (Höhenmodell) wurden Karten mit den Betriebsflächen und den Abflussbahnen erstellt. Weiterhin wurde die Eigentümerstruktur der Flächen – sofern relevant – in die Betrachtung einbezogen.

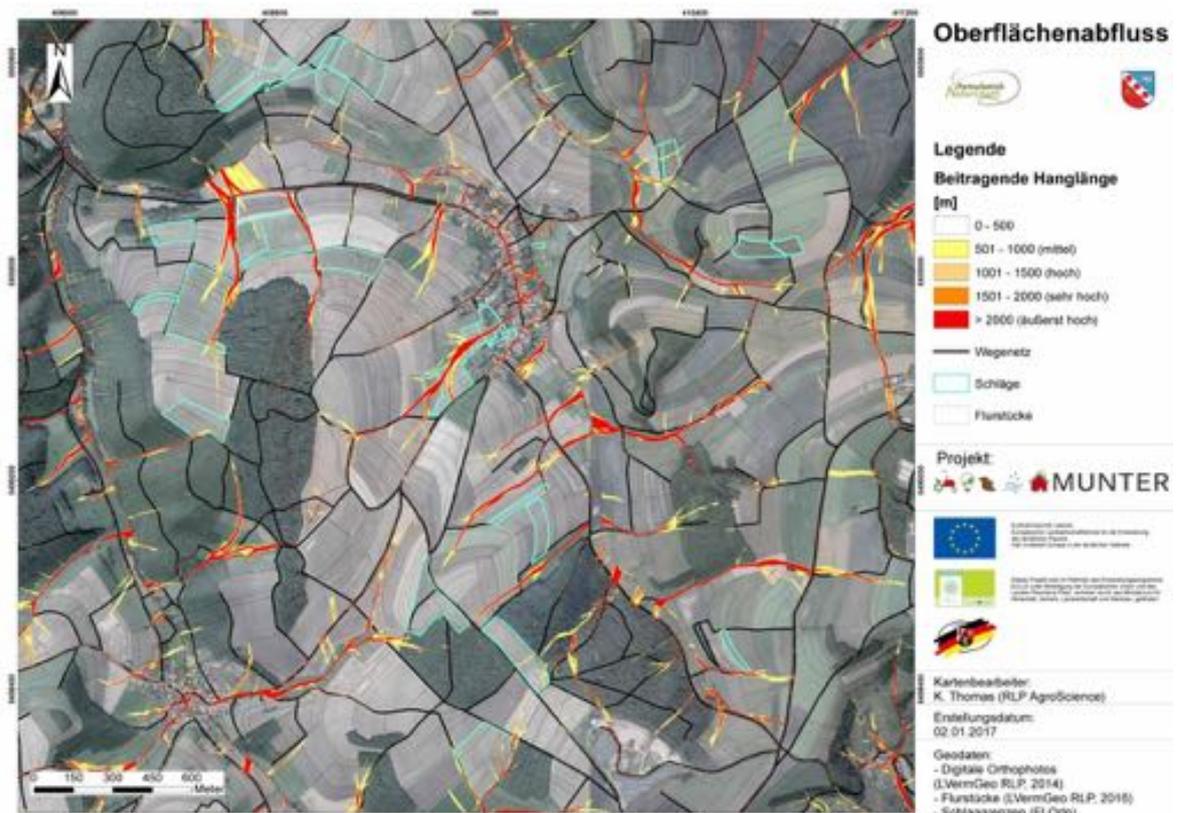


Abbildung 6: Erste GIS-Modellierung zur Identifikation von Erosionsrinnen und Diskussion mit den Betriebsleitern (2017)

Abbildung 6 zeigt exemplarisch eine der hergestellten Karten, die in der Diskussion mit den Betriebsleitern zur Identifizierung von Problempunkten im Zusammenspiel mit Erosionsgefährdung und Bewirtschaftung genutzt wurden. Die dargestellten Abflussrinnen, die bislang lediglich auf den Reliefinformationen aus dem Höhenmodell

basieren, stellen hierbei nur den ersten methodischen Schritt im Modul Erosions- und Hochwasserschutz dar. Im weiteren Verlauf soll die Methodik für eine Berechnung der Auswirkungen einer veränderten Landnutzung sowie für die Simulation von Starkregenereignissen weiterentwickelt werden. Darüber hinaus sollen andere Faktoren wie die Biotopverteilung und der -verbund sowie die Gewässergüte und Optimierungsmöglichkeiten auf Basis geographischer Informationssysteme aufbereitet werden.

2.2 Weiterentwicklung in der Praxis

Im Projekt erfolgt parallel zur Entwicklung von Modellen und Berechnungswerkzeugen die Verifizierung und Weiterentwicklung des Managementsystems in der Praxis. Ziel dieses Systems ist es, transparente, überschaubare und effektive Entscheidungsgrundlagen für eine sinnvolle Platzierung extensiver Anbausysteme in der Landschaft zu ermöglichen (Abbildung 7).

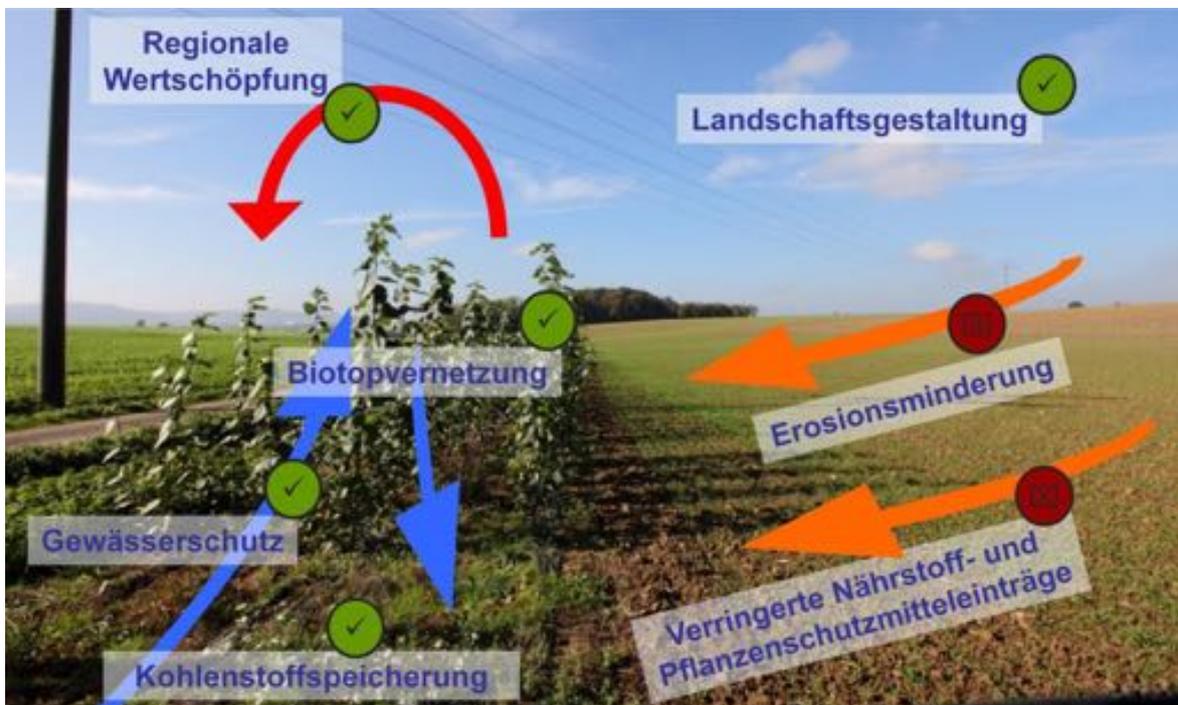


Abbildung 7: Mehr Nutzen auf der Fläche durch die „richtige“ Platzierung in der Landschaft

Die Modell- und Berechnungsergebnisse werden daher iterativ mit den Praktikern vor Ort erörtert und im Bedarfsfall korrigiert. Konkret wurden im bisherigen Projektverlauf die vorhandenen Erosionskarten anhand der Erfahrungen der Praxisakteure mit Starkregenereignissen aus den letzten Jahren abgeglichen und als für die Ackerflächen jeweils sehr treffend beurteilt.

Weiterhin wurden mit den Betrieben und weiteren beteiligten Anwohnern in den Modellregionen Ansatzpunkte für eine Verwertung der erzeugten Energierohstoffe diskutiert. Während bei zwei Betrieben schon entsprechende Verwertungsstrukturen vorhanden waren, gab es an einem Standort noch Entwicklungsbedarf. Um den jeweiligen Entwicklungsständen gerecht zu werden, wurden je nach Standort Betriebs- und

Feldbegehungen mit unterschiedlichem Fokus durchgeführt. Insgesamt wurde so über alle Standorte hinweg eine grundlegende Herangehensweise bei der Eingrenzung der Erosionsproblematik entwickelt und eine Einordnung in den Zusammenhang der regionalen Energieversorgung erreicht.

Ein weiterer Arbeitsschritt hatte die betriebswirtschaftliche Einordnung der alternativen Landnutzungsoptionen zum Ziel. Hierzu wurden in allen beteiligten Betrieben Daten zum standortüblichen Ackerbau erfasst, die teilweise bereits ausgewertet und in den Zusammenhang mit einer alternativen Nutzung der Flächen gesetzt wurden. Methodisch wurden hierzu auf Basis betriebseigener und überbetrieblicher Daten jeweils die Annuitäten für die Fruchtfolgen und die Alternativkulturen wie zum Beispiel Agrarholz berechnet (vgl. Frisch 2012, Wagner 2012). In **Abbildung 8** sind beispielhaft die betriebsüblichen Fruchtfolgen aus einer Modellregion dem Anbau von Pappelstreifen im kurzen bis mittleren Umtrieb zur Erzeugung von Energieholz gegenüber gestellt. Dargestellt sind eine Fruchtfolge aus Raps, zweimal Winterweizen und Sommergerste (Raps-WW-WW-SG), der Anbau von Sommerroggen im Rahmen einer vom Land geförderten Ackerwildkraut-Schutzmaßnahme (SR Ackerwildkraut), die landesgeförderte zeitweise Umwandlung von Acker in Grünland (Acker in Grünland) sowie zwei Varianten für den Agrarholzanbau (Pappel 7j. und Pappel 6j.). Dabei zeigt sich, dass der Agrarholzanbau an diesem Standort unter den getroffenen Annahmen grundsätzlich nicht schlechter abschneidet als die gegebenen Referenzkulturen.

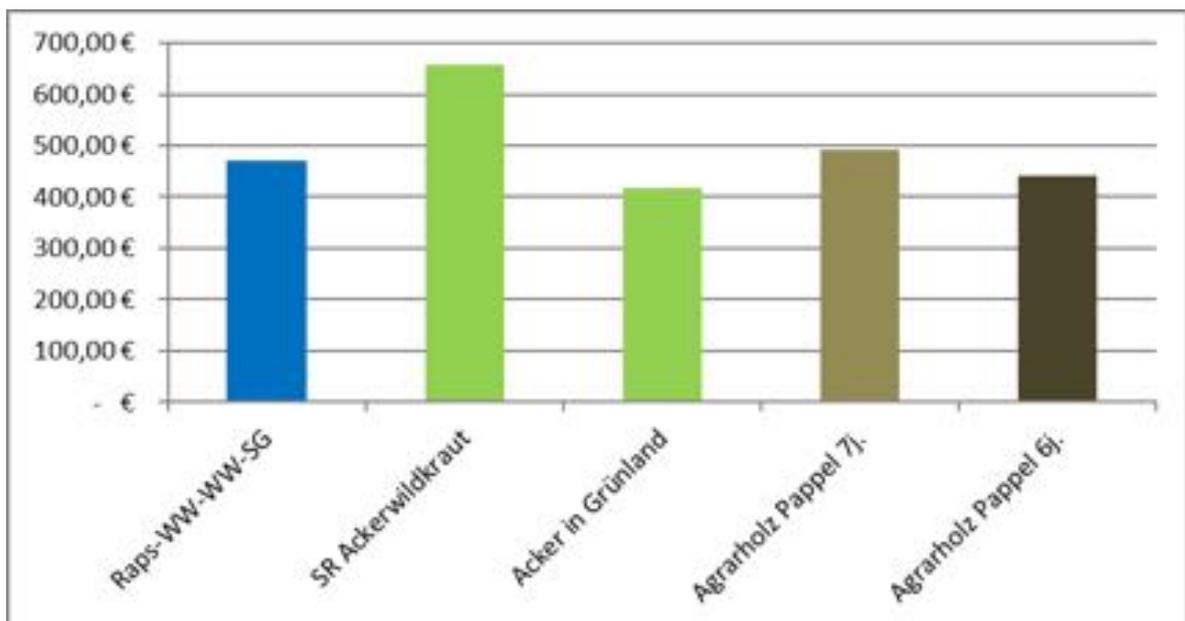


Abbildung 8: Annuitäten im Agrarholzanbau an einem der Modellstandorte im Vergleich mit verschiedenen standorttypischen Ackernutzungen

Im Mittel der Untersuchungen an vielen Standorten im Bundesgebiet, die im Rahmen vorangegangener Projekte durchgeführt wurden, hatte sich gezeigt, dass insbesondere streifenförmige Agrarholzpflanzungen bzw. die damit gestalteten Agroforstsysteme in der Regel deutlich niedrigere Annuitäten erbringen als der standortübliche Ackerbau. Die Ergebnisse etwa im ELKE-Projekt zeigten Unterschiede zwischen 170 und 450 € je Hektar und Jahr für verschiedene extensive Energiepflanzen-Anbausysteme (Wagener et al. 2016). Insgesamt wird so klar, dass in den meisten Fällen durch die Integration weiterer Funktionen, wie hier zum Beispiel Erosionsschutz, in die Landnutzung ein

Gewinnverlust entsteht, der für die Betriebe kompensiert werden muss. Damit kommt der Entwicklung von Finanzierungsoptionen für die Realisierung von Mehrnutzungskonzepten eine besondere Bedeutung zu, die bei der weiteren Entwicklung des Managementsystems zum Tragen kommen wird.

3 Nächste Schritte und Ausblick

Im weiteren Projektverlauf ist als nächster Meilenstein die Abstimmung geeigneter Modellflächen mit der Praxis vorgesehen. Diese Festlegung auf konkrete Einzelflächen wird durch die Integration der weiteren Module zu den Themen Gewässerschutz und Biotopverbund vorbereitet. Sobald erste Flächen feststehen, wird exemplarisch ein Abgleich der Auswirkungen einer veränderten Landnutzung im GIS-Modell vorgenommen. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse werden dann für eine flächenscharfe Planung in den Modellregionen genutzt.

Als weiterer zentraler Baustein des Managementsystems erfolgt im Anschluss eine systematische Analyse von Finanzierungsoptionen, die dann für den Aufbau von Modellflächen vor Ort genutzt wird. Praktiker, Kommunalvertreter und Experten platzieren Mehrnutzungssysteme genau an den Stellen in der Landschaft, wo die erzielbaren Zusatzleistungen auch einer Honorierung direkt oder indirekt zugeführt werden können. Dieses "Synergienmanagement" kann nur durch einen moderierten Planungsprozess erarbeitet werden. Damit werden betriebliche Innovationen in der Landbewirtschaftung und die Erschließung neuer Geschäftsfelder für landwirtschaftliche Betriebe mit gesellschaftlichen Anforderungen verbunden ohne dabei hohe betriebswirtschaftliche und gesellschaftliche Kosten zu verursachen.

Im Ergebnis erarbeitet MUNTER ein gut handhabbares Managementsystem, das die partnerschaftliche Zusammenarbeit von Kommunen und Landwirten im praktischen Ressourcenschutz vereinfacht. Durch die Integration einer Nutzungskomponente und eine sachgerechte Vergütung zusätzlicher Leistungen wird eine höhere Akzeptanz von Schutzmaßnahmen auf Seiten der Landwirtschaft erreicht. Auf der anderen Seite führt dies zu mehr Transparenz betrieblicher Anforderungen und einer besseren Berücksichtigung agrarstruktureller Belange durch die Behörden.

Insgesamt ermöglicht das Managementsystem eine Übertragung des Ansatzes auf andere Standorte und Regionen und damit eine verstärkte Umsetzung kombinierter Maßnahmen für mehr Klimaschutz und eine bessere Klimaanpassung.

Literatur

Frisch J. et al. (2012): Leistungs-Kostenrechnung. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.): Betriebsplanung 2012/13. S. 29 ff. Darmstadt.

Huber J, Schmid H, Birke C, Hülsbergen K-J (2013): Einfluss von Agroforstsystemen auf den Humus- und Nährstoffhaushalt, die C-Sequestrierung und Bodenfunktionen. In: Wagener F., Heck P., Böhmer J. (Hrsg.): Schlussbericht „Entwicklung extensiver Landnutzungskonzepte für die Produktion nachwachsender Rohstoffe als mögliche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen (ELKE) – Phase III – Umsetzung praxisbasierter Feldmodellprojekte, Forschungsvorhaben gefördert durch das BMELV über die FNR, FKZ 22007709, Umwelt-Campus Birkenfeld, 162-179.

Wagener F, Heck P, Böhmer J (Hrsg.) (2013): Schlussbericht „Entwicklung extensiver Landnutzungskonzepte für die Produktion nachwachsender Rohstoffe als mögliche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen (ELKE) – Phase III – Umsetzung praxisbasierter Feldmodellprojekte, Forschungsvorhaben gefördert durch das BMELV über die FNR, FKZ 22007709, Umwelt-Campus Birkenfeld, 802 S.

Wagener F, Böhmer J, Heck P (2016): Produktionsintegrierter Naturschutz mit nachwachsenden Rohstoffen – Leitfaden für die Praxis. Natur und Text, Rangsdorf.

Wagener F, Böhmer J, Heck P, Wangert S, Kirschnick U, Wilhelm K (2016): Schlussbericht Entwicklung extensiver Landnutzungskonzepte für die Produktion nachwachsender Rohstoffe als mögliche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen (ELKE) – Ökonomische Bewertung und Ergebnistransfer, Forschungsvorhaben gefördert durch das BMEL über die FNR, FKZ220 315 14, Umwelt-Campus Birkenfeld, 48 S.

Wagner P, Schweinle J, Setzer F, Kröber M, Dawid M (2012): DLG-Standard zur Kalkulation einer Kurzumtriebsplantage. DLG-Merkblatt 372, Frankfurt/Main.

Experiences from the EU project SRCplus

Dominik Rutz^{1*}, Juan Manuel Ugalde¹, Rita Mergner¹, Stefan Hinterreiter^{2**}

¹WIP – Renewable Energies, Sylvensteinstr. 2, D - 81369 Munich, Germany

*Contact: T: +49 89/720 12743 – F: +49 89/720 12791 – E: dominik.rutz@wip-munich.de,

²Biomassehof Achental, Eichelreuth 20, 83224 Grassau, Germany

**Contact: T: +49 8641/694143-0

1 Introduction

The cultivation and use of SRC development can be evaluated positively. During the last years of implementation, remarkable improvements had occurred. It is important to mention, that incentives from the government, so as the interest from the target groups had increased.



The main constraint is the potential conflicts with other land uses, either for the production of other agricultural commodities or for nature protection goals. Thus, the impact of the land use change is an important issue that needs to be assessed individually for each new planned SRC plantation. Often, the result will be very positive, especially when SRC is cultivated on highly intensive agricultural land and landscapes. However, on several locations and in several situations, the establishment of SRC may have also negative impacts and these shall be avoided or minimised.

Furthermore, it has to be considered, that SRC cultivation in Europe is still very small. The countries in Europe that have currently the largest areas of SRC for energy are Sweden, UK and Poland. Joint forces of the SRCplus project create several benefits for all involved parties, namely the exchange of knowledge and experience. This will contribute to removing non-technological barriers of SRC production in Europe, to stimulate and spread best practises and to improve the sustainability for bioenergy production at EU level.

The European collaboration is necessary to unlock the potential in the regions since the stage of SRC development differs among the target regions in northern, middle and southern Europe. These different stages of development in SRC production in the target regions is an excellent basis for the exchange of experiences, and to build a better base for a bio-based economy.

2 Definition of SRC

Short rotation woody crops (SRC or SRWC) are woody fast-growing tree species that are cultivated with the aim to produce high biomass yields in a short period of time and that can be used for energy purposes. Similar terms can be found in the literature such as: short rotation plantations (SRP), short rotation forestry (SRF), or short rotation coppice (SRC). These terms sometimes are used synonymously, but their definitions are slightly different.

SRWC that are harvested after a short period of time have to be either re-planted after harvest (e.g. eucalyptus) or grown as coppice (e.g. poplar and willow). “Coppice” (Fig. 1) owns the ability to re-grow with new sprouts after being cut down. The SRCplus project mainly focuses on the cultivation of trees in coppice cultivation.



Figure 1: „SRCplus” coppice (willow) field in Brittany, France

3 The SRCplus Project

The overall goal of the SRCplus project (Short Rotation Woody Crops Plantations for Local Supply Chains and Heat Use) is to support and speed-up the development of local supply chains of SRC by implementing various capacity building measures, and regional mobilization actions for the key actors in the local supply chains.

The project SRCplus promotes the sustainable production of SRC in eight different target regions in Europe (Fig. 2). The target regions of the SRCplus project are:

- Achenal (Germany)
- Eastern Croatia (Croatia)
- Vidzeme (Latvia)
- Rhone-Alps (France)
- Brittany (France)
- Zlin (Czech Republic)
- Kentriki Makedonia (Greece)
- Prespa (Macedonia)

Sweden, UK and Poland are the countries that currently have the largest areas of SRC for energy in Europe. Sweden as a partner country has been able to transfer its know-how and experience on SRC local supply chains to the target regions of SRCplus.



Figure 2: SRCplus country project partners (blue) and the target regions (yellow)

The know-how transfer includes the elaboration of a Handbook (Fig. 3) on SRC available in eight languages. The handbook “Sustainable Short Rotation Coppice – A Handbook” (Dimitriou u. Rutz 2014) is available at www.srcplus.eu.

The SRCplus project acknowledges three main target groups in the local supply chain: farmers, public land owners, and small and medium woodchip users (woodchip traders, small utilities of heat and CHP). Within these groups is expected to increase the awareness and knowledge on SRC supply chains through capacity building events, organised by the SRCplus partners from the target regions, in order to mobilise the potential on each region.

The SRCplus action delivers the following key outputs:

- Knowledge transfer on SRC local supply chains (good practices, information on markets) between the target countries (DE, CZ, EL, FR,

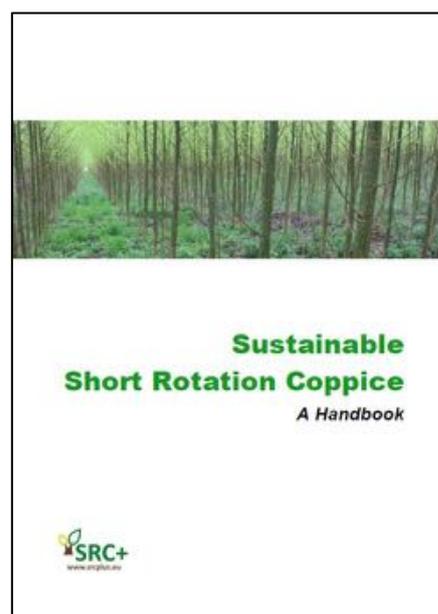


Figure 3: SRCplus handbook

HR, LV and MK), the selected target regions, Sweden, and other European countries

- 68 capacity building events for the main target groups in the SRC supply chains: 14 training courses for farmers, 14 seminars for public land owners, 7 information days and 14 workshops for small and medium users of woodchips, as well as 10 local site visits, 1 international study tour, 7 national workshops to involve further regions, 1 European Workshop at the end of the project.
- Regional mobilization actions to stimulate the implementation of SRC supply chains in the target countries and regions and beyond.
- Dedicated cooperation activities with the industry involved (seedling providers, agricultural equipment suppliers, boiler manufacturers) in the supply chains in order to disseminate practical experiences to the target groups.
- Promoted sustainable practices in the SRC supply chains in order to create and highlight especially the environmental benefits of SRC in comparison to other (annual) crops. Thereby, the project cooperates with environmental protection associations (beekeepers, hunters, ornithologists nature conservation, water supply, fire protection), to exploit synergies with other agricultural uses and ecosystem services.

Acknowledgement

The authors would like to thank the European Commission and the Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises (EASME) for the support of the SRCplus project (www.srcplus.eu). The SRCplus project duration is from April 2014 to March 2017 (Contract Number: IEE/13/574).

Disclaimer: The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EASME nor the European Commission is responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Nachhaltige Biomasseerzeugung zur energetischen Verwertung auf marginalen Standorten in Europa – Bewertung der Standortqualität

Frank Repmann*, Werner Gerwin, Dirk Freese

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046, Cottbus

*Kontakt: T: 0355/69 4242 – F: 0355/69 2323 – E: Frank.Repmann@b-tu.de

Zusammenfassung

Der Lehrstuhl Bodenschutz und Rekultivierung der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU CS) ist Projektpartner in dem von der Europäischen Union im Rahmen des Programms Horizon 2020 geförderten Forschungsprojekts SEEMLA → „Sustainable exploitation of biomass for bioenergy from marginal lands in Europe“ → „Nachhaltige Nutzung von Biomasse für Bioenergie von marginalen Standorten in Europa“. Übergeordnetes Ziel des Projektes ist die Ermittlung des Biomassepotenzials, das auf marginalen Standorten innerhalb von Europa nachhaltig produziert und energetisch verwertet werden kann. Die BTU CS hat in diesem Kontext Untersuchungen zur Bewertung der Marginalität von potenziellen Biomasse-Produktionsstandorten in Deutschland, Griechenland und der Ukraine durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde das Müncheberger Soil-Quality-Rating System (SQR) (Müller et al. 2007) eingesetzt.

1 Einleitung

Ein stetig steigender Energiebedarf einerseits und die Abkehr von fossilen Energieträgern andererseits, lassen den Ausbau erneuerbarer und insbesondere auch biogener Energieträger notwendig und sinnvoll erscheinen. Allerdings tritt der Anbau von Energiepflanzen unter Umständen in Konkurrenz zur landwirtschaftlichen Nahrungsmittelproduktion, insbesondere natürlich dann, wenn er auf bislang landwirtschaftlich genutzten Flächen durchgeführt wird. Dieser Trend wird allgemein als eher kritisch eingestuft, da angesichts des prognostizierten Klimawandels und einer sicher steigenden Weltbevölkerung, die Nahrungsmittelproduktion als vorrangig betrachtet wird. Vor diesem Hintergrund scheint die Bioenergieproduktion auf marginalem Land (MagL) eine Lösung zu sein, da hier die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion nicht gegeben ist.

Was ist marginales Land? Im Rahmen von SEEMLA („Sustainable exploitation of biomass for bioenergy from marginal lands in Europe“ → „Nachhaltige Nutzung von Biomasse für Bioenergie von marginalen Standorten in Europa“) werden hierunter zunächst Standorte verstanden, die aufgrund mangelnder Bodengüte bzw. anderer limitierender Faktoren, wie Hangneigung, Belastung mit Schadstoffen, hohem Steinbesatz, ungünstige Lage usw. für die Produktion von Nahrungsmitteln wirtschaftlich nicht in Frage kommen. Zu nennen sind

hier also in erster Linie vergleichsweise ertragsschwache und/ oder entfernt gelegene landwirtschaftliche Flächen (Abb. 1a), Rekultivierungsflächen des Braunkohlenbergbaus und z.B. Industriebrachen (Abb. 1b).



Abbildung 9: Marginale Standorte; links: ehemalige landwirtschaftliche Fläche, Volyn (Ukraine), rechts: Industriebrache DB, Cottbus (Deutschland)

Im Forschungsvorhaben SEEMLA werden die verschiedenen Aspekte der Biomasseproduktion zur energetischen Verwertung auf solchen marginalen Standorten untersucht. Mittelgeber ist die Europäische Union im Rahmen des Forschungsprogramms Horizon 2020. Das Projekt hat eine Laufzeit von 3 Jahren und wurde am 01.01.2016 begonnen. Das Projekt wird gemeinschaftlich von 8 Partnern aus Italien, Griechenland, der Ukraine und Deutschland bearbeitet (Tabelle 1).

Tabelle 1: Projektpartner SEEMLA

Nr.	Akronym	Name	Land
1	FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.	DE
2	IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH	DE
3	BTU CS	Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg	DE
4	LEGABT	Legambiente Onlus	IT
5	DUTH	Demokrit Universität Thrakien	GR
6	DAMT	Dezentralisierte Verwaltung Mazedonien und Thrakien	GR
7	IBC&SB	Institut für Energiepflanzen und Zuckerrüben	UA
8	SALIX	SALIX Energy Ltd.	UA

2 Zielstellung

Das übergeordnete Ziel des Projektes ist es, das europäische Biomassepotenzial zu ermitteln, das auf marginalen Flächen nachhaltig genutzt/produziert werden kann. Dazu werden in den Arbeitspaketen 2 und 3 (Abbildung 10) Grundlagen zur Definition und Identifikation von marginalen Flächen sowie rechtliche Belange des Biomasseanbaus untersucht. Die Arbeitspakete 6 und 4 liefern – auf Basis von zu entwickelnden GIS-

Werkzeugen – die verfügbaren Flächen- und Ertragspotenziale und bewerten diese mittels LCA-Analyse hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit in Bezug auf Klima (CO₂-Bilanz) und Wirtschaftlichkeit. Die im Rahmen der Arbeitspakete 2, 3, 4 und 6 entwickelten Konzepte und Modelle sollen in ausgewählten Testregionen (

Abbildung 11) in der Ukraine, in Griechenland und in Deutschland anhand von ausgewählten Fallstudien untersucht, getestet und bewertet werden (WP 5).

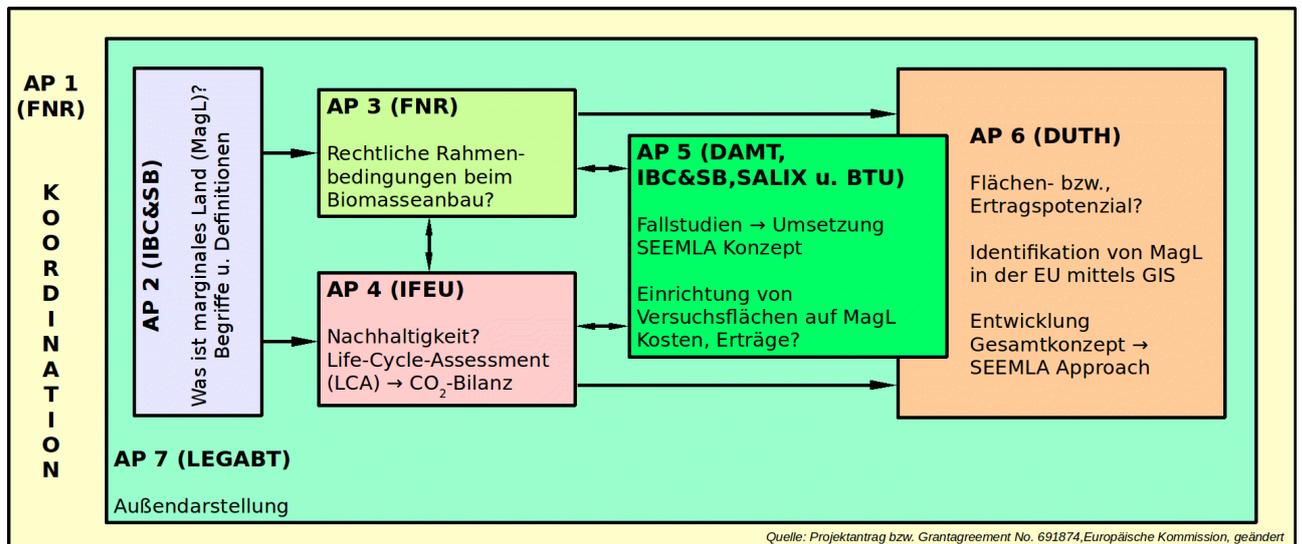


Abbildung 10: Projektstruktur SEEMLA

3 Arbeitsinhalte und Durchführung

Die Koordination des Projektes liegt bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), die überdies die rechtlichen Rahmenbedingungen des Biomasseanbaus auf marginalen Standorten europaweit untersucht (Tabelle 1, Abbildung 10). Partner 2, das Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU), bewertet die Nachhaltigkeit des Biomasseanbaus auf marginalen Standorten anhand von Life-Cycle-Analysen, deren Ziel es ist, den ökonomisch/ökologischen Aufwand und Ertrag der Biomasseproduktion gegenüberzustellen und zu betrachten.

Die Partner Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU CS, 3), Dezentralisierte Verwaltung Makedonien und Thrakien (DAMT, 6), das Institut für Energiepflanzen und Zuckerrüben (ICB&SB, 7) und Salix Energie Ltd. (SALIX, 8) sind für die Umsetzung und Verifizierung der im Laufe des Projektes entwickelten Konzepte, Methoden und Modelle anhand von Fallstudien auf ausgewählten Standorten in der Ukraine, in Griechenland und in Deutschland verantwortlich. Die Außerdarstellung bzw. auch die Vermarktung des Projektes und seiner Ergebnisse wird durch Partner 4, Legambiente Onlus (LEGABT), sichergestellt. Partner 5, Demokrit Universität Thrakien (DAMT), entwickelt GIS-basierte Werkzeuge zur Abschätzung von europaweit verfügbaren marginalen Flächen und deren potenziellen Ertrag sowie das Gesamtkonzept der Nutzung marginaler Standorte zur Biomasseproduktion in Europa.

4 Methodik – Wie lässt sich Marginalität bewerten/quantifizieren?

Um im Rahmen des EU-Projektes SEEMLA die verschiedenen Aspekte des Anbaus von Energiepflanzen auf marginalen Flächen/Böden zu untersuchen, wurden in den Partnerländern Griechenland, Ukraine und Deutschland Testregionen, und dort, potenzielle Versuchsflächen von den jeweiligen lokalen Projektpartnern vorausgewählt (Abbildung 11).



Land	Partner	Region	Ort	Anzahl/ Art
Deutschland	BTU	Brandenburg	Welzow	1/ Rekultivierung
			Cottbus	1/ Industriebrache
Griechenland	DAMT	Thrakien	Pelagia	1/ Weide, Forst
			Drosia	1/ Weide, Forst
			Sarakini	1/ Weide, Forst
Ukraine	IBC&SB	Poltava	Semeniwka	1/ Brache
			Vinnitsa	1/ Deponie
	SALIX	Volyn	Zubylnе	3/ ehem. landw. Fl.
			Lviv	Welyki Mosti 4/ ehem. landw. Fl.

Abbildung 11: Versuchsflächen in Deutschland, Griechenland und der Ukraine

Die BTU hat im Lauf des Jahres 2016 sämtliche Versuchsflächen (

Abbildung 11) besucht und untersucht. Ziel der Untersuchung war, den Zustand der Flächen zu erfassen und diese hinsichtlich ihrer Bodengüte und hinsichtlich ihrer potenziellen Produktivität bzw. auch Marginalität einzuschätzen.

Als Methode wurde die am Leibniz-Zentrum für Agrarlandforschung (ZALF) e.V. von Mueller et al. (2007) entwickelte SQR-Methode zur Untersuchung der Bodenqualität (Soil Quality Rating) angewandt (Abbildung 12). Unterstützend wurde auch die VSA-Methode (Visual Soil Assessment) nach Shepherd et al. (2008) verwendet. Grundlegende Bodeneigenschaften (Textur, Gefüge, Lagerungsdichte, ...) wurden nach KA 5 (AG Boden 2005) bestimmt und kartiert.

Im Kern verwendet die SQR-Methode zur Einschätzung der Bodengüte verschiedene Bodenparameter bzw. Basis-Indikatoren (Abbildung 12) wie Textur, Mächtigkeit des A-Horizontes, Bodenstruktur, usw., die in der Regel direkt im Feld untersucht und bestimmt werden können. Je nach Ausprägung der untersuchten Bodeneigenschaften werden die Indikatoren mit Punkten zwischen 0 (schlecht) und 2 (sehr gut) bewertet. Entsprechend der Relevanz der jeweiligen Basisindikatoren werden diese noch mit Wichtungsfaktoren (in Abb. 4 in () gesetzt) multipliziert. Weiterhin werden bestimmte Risiko- bzw. Gefährdungsindikatoren bestimmt. Dazu zählen z.B. Azidität, Salinität, Bodenkontamination oder hoher Steinbesatz und Skelettanteil. Die Ausprägung dieser Indikatoren wird mit einem Faktor bzw. Multiplikator bewertet, der umso kleiner wird, je schwerwiegender die jeweilige Gefährdung eingeschätzt wird. Die Ermittlung des SQR-

Index erfolgt letztlich einfach durch Multiplikation der aufsummierten Basisindikatoren mit dem niedrigsten Faktor der Risiko-Indikatoren.

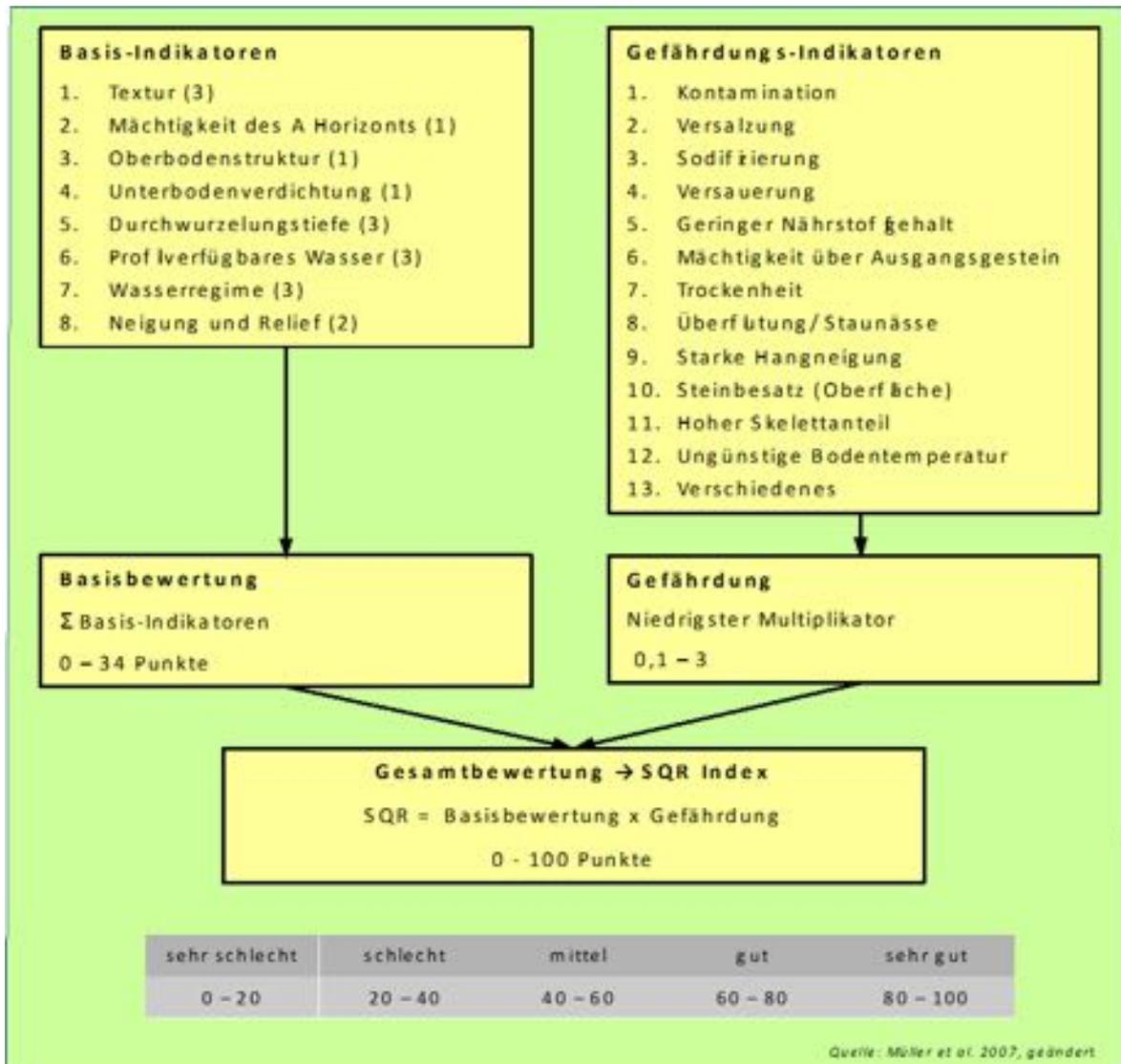


Abbildung 12: Basis- und Gefährdungs-Indikatoren zur Ermittlung des SQR-Index

5 Ergebnisse

Im Folgenden (Abb. 13) wird die Bewertung einiger Versuchs-Standorte in Deutschland, Griechenland und der Ukraine beispielhaft gezeigt.



a) Tagebau Welzow, DE

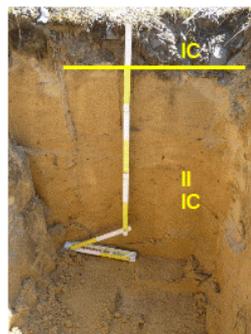


- Bergbaufolgelandschaft
- Neigung: 1%; Höhe: 110 m
- Lockersyosem
- Schluffig/ lehm. Sand (Su2, Sl2)
- Nur geringmächtiger Ah: ~ 3 cm
- Einzelkorngefüge
- Pyrit und Kohle
- G 2 (Sal.): bis ~ 40 mS/ cm → 1
- G 4 (Acid.): pH 3 ~ 4 → 2.1

• SQR:  20,5



b) Industriebrache DB, Cottbus, DE

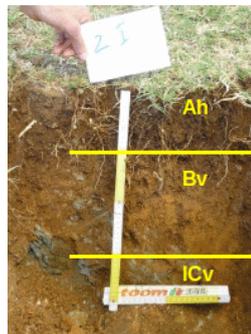


- Industriebrache
- Neigung 0%; Höhe: 77 m
- Substrat
- Sand (Ss)
- Kein Ah
- Einzelkorngefüge
- G 10 (Steinbesatz): 10% → 0.7
- G 11 (Skelett): 50% → 1.5

• SQR:  9,1



c) Weide/ Forst Komotini, GR

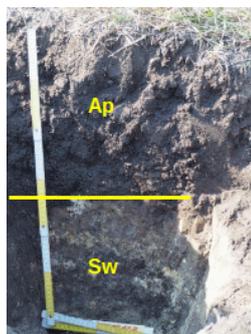


- Weide/ Wiese
- Neigung: 13%; Höhe: 590 m
- Braunerde
- Sandiger Lehm (Ls4, Lts)
- Flacher Ah: 12 cm
- G 6 (Festgestein): 40 cm → 1.5
- G 10 (Steinbesatz): 5% → 0.8
- G 11 (Skelett): 15 – 40% → 2.5

• SQR:  13,2



d) Brache Lviv, UA



- Brache
- Neigung 1%; Höhe: 201 m
- Pseudogley
- Sandig toniger Lehm, toniger Sand (Lts, St3)
- Ah: 35 cm
- Unterbodenverdichtung
- G 5 (Nährstoffe gering): 1.9
- G 8 (Staub.): imp. Lay. → 2

• SQR:  33,3

Abbildung 13: Verschiedene Standorte in Deutschland, Griechenland und der Ukraine mit Bodenprofil und Bewertung nach SQR

Die Bewertung der untersuchten SEEMLA-Versuchsstandorte mittels SQR-System ist in Abbildung 14 gezeigt. Es wird deutlich, dass nahezu alle Standorte eine eher geringe Bodengüte bzw. insgesamt „schlechte“ bis „sehr schlechte“ Standortbedingungen gemäß

des Müncheberger Bewertungssystems aufweisen und somit sicher als marginal zu bezeichnen sind.

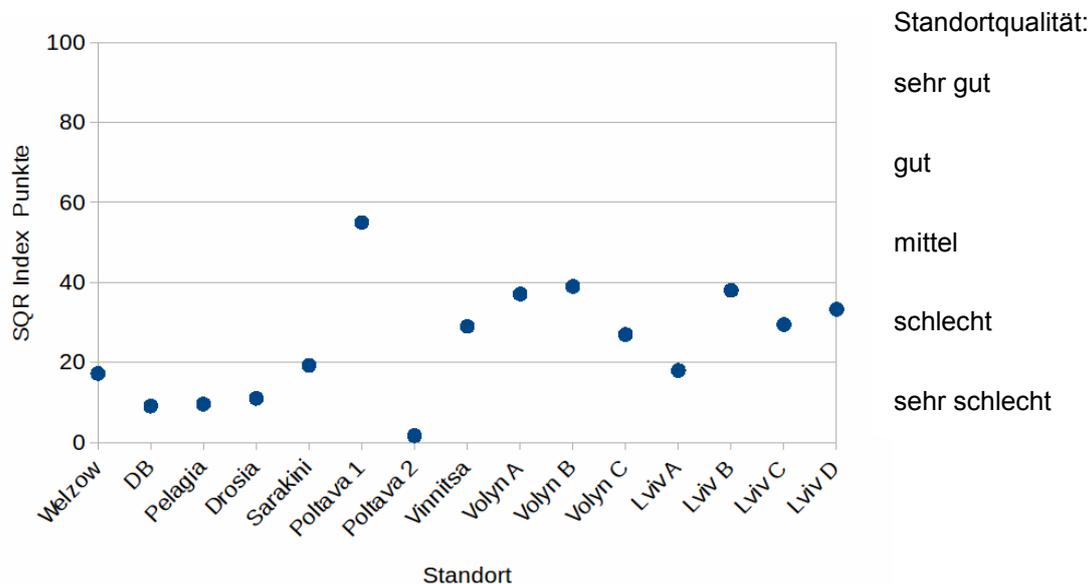


Abbildung 14: Bewertung aller SEEMLA-Versuchsstandorte mittels SQR

In der Gesamtschau hat sich gezeigt, dass die direkt im Feld mittels des Müncheberger Bewertungssystems erhobenen Basis- und Gefährdungsindikatoren, wie auch die gesamte Bewertungsprozedur, durchaus zu einer belastbaren Abschätzung der jeweiligen Standortverhältnisse bzw. der Bodenqualität geeignet sind. Dies wurde aus dem Abgleich der Felddaten mit entsprechenden Labordaten (z.B. Textur, Lagerungsdichte, Elementgehalte, Nährstoffe und Organische Substanz), die aus Bodenproben vom jeweiligen Standort gewonnen wurden, deutlich.

Danksagung

Dieses Projekt wird im Rahmen von Horizon 2020 von der Europäischen Union unter Vertrag Nr. 691874 gefördert. Dank auch an Frau MSc. Tsvetelina Dimitrova, die die Laborarbeiten durchgeführt hat.

Literatur

AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. verbesserte und erweiterte Auflage, Hannover.

Mueller L, Schindler U, Behrendt A, Eulenstein F, Dannowski R (2007): The Muencheberg Soil Quality Rating (SQR). Leibniz-Zentrum für Agrarlandforschung (ZALF), Müncheberg, Deutschland.

Shepherd G, Stagnari F, Pisante M, Benites J (2008): Visual Soil Assessment, Annual Crops, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 2008. <http://www.fao.org/docrep/010/i0007e/i0007e00.htm>

Phytoremediation und Biomasseerzeugung auf Industriestandorten am Beispiel „ehemalige Leuchtgasanstalt“ Cottbus

Tsvetelina Dimitrova*, Frank Repmann, Dirk Freese

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046, Cottbus

*Kontakt: T: 0355/69 4337 – F: 0355/69 2323 – E: tsvetelina.dimitrova@b-tu.de

Zusammenfassung

Der in den 1950er Jahren stillgelegte Industriestandort „ehemalige Leuchtgasanstalt“ in Cottbus ist, unter anderem, mit Eisencyaniden belastet. Die im Boden und Grundwasser ermittelten Gesamtcyanidwerte überschreiten teilweise die vorgegebenen Grenzwerte (100 mg kg^{-1} bzw. $50 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ Gesamtcyanid). Konventionelle Sanierungsmaßnahmen sind jedoch mit hohem Aufwand verbunden. Die Ergebnisse des sechsjährigen Phytosanierungsversuchs „ehemalige Leuchtgasanstalt“ in Cottbus beweisen, dass Bäume durchaus in der Lage sind, stillgelegte und belastete Industriestandorte zu stabilisieren, den Schadstoff aus dem Boden zu entziehen und gleichzeitig zu entgiften. Zusätzlich bietet diese Sanierungsmethode eine Nutzung belasteter Standorte.

1 Einleitung und Problemstellung

Die Schadstoffbelastung auf dem Standort „ehemalige Leuchtgasanstalt“ (LGA) in Cottbus ($\sim 2500 \text{ m}^2$, Abb. 1) ist von gaswerkstypischem Charakter. Neben diversen organischen Verbindungen (PAK, BTEX, MKW) ist der Boden mit Cyaniden (im wesentlichen „Berliner Blau“ und Hexacyanoferrate) belastet. Die Cyanide (CN) wurden im letzten Schritt der Gasherstellung bei der Reinigung des Gases abgeschieden. Dabei wurde der im Leuchtgas enthaltene Cyanwasserstoff an eisenhaltigen Oberflächen (auch als Gasreinigermassen bekannt) gebunden und somit aus dem Gas als Eisencyanokomplexe entfernt. Oft wurden die gebrauchten Gasreinigermassen direkt vor Ort entsorgt. Dadurch gelangten die Eisencyanide in den Boden und wurden mit der Zeit bis in den Grundwasserbereich transportiert.

Die im Jahr 2010 durchgeführte Standorterkundung hat eine hohe (Abb. 2) und stark inhomogene (Abb. 3) Verteilung der Cyanide im Boden ergeben. Aufgrund ihrer potenziellen Toxizität und Mobilität sind Cyanide insgesamt, aber besonders in Hinblick auf eine mögliche Grundwasserkontamination, problematisch (Kjeldsen 1999).



Abbildung 1: Standort „ehemalige Leuchtgasanstalt“ mit Bebauung (links) und während der Beräumung (rechts)

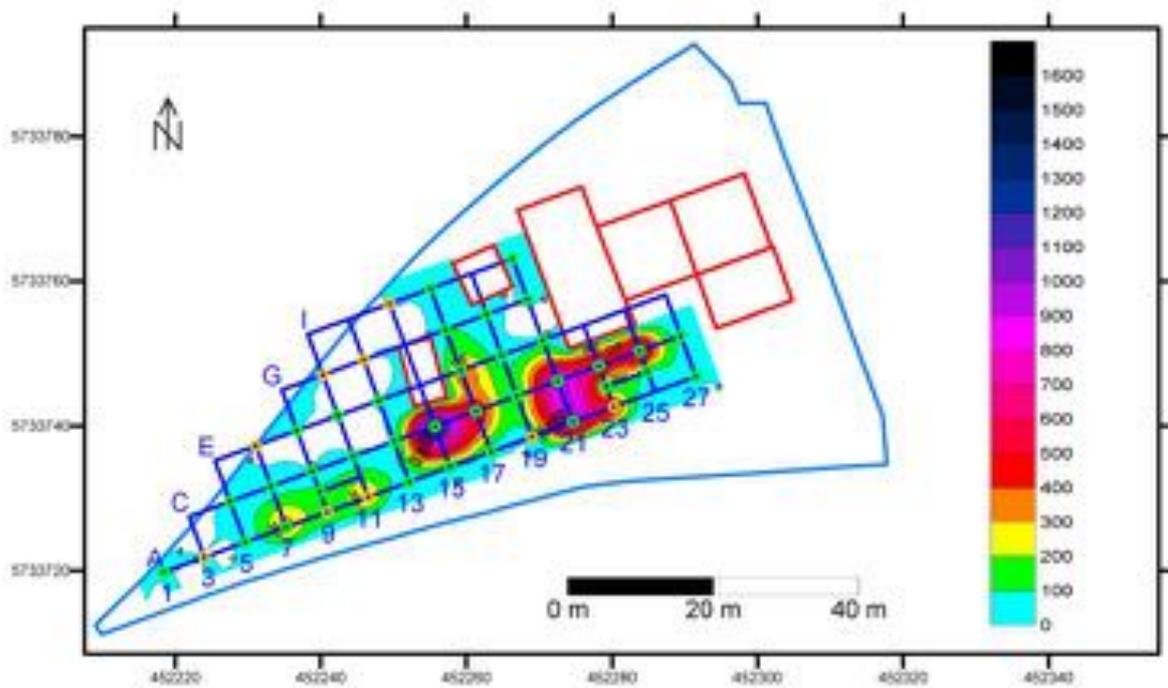


Abbildung 2: Cyanidgehalte im Boden (0-50 cm) aus der Rasterbeprobung in mg kg^{-1}



Abbildung 3: Cyanidkontamination, sichtbar als „Berliner Blau“ in einem Schurf (links) und in einer Bohrung in ca. 2 m Tiefe (rechts)

2 Zielstellung

Die obengenannten Gründe sowie positive Ergebnisse früherer Studien auf dem Gebiet (Trapp et al. 2001a und b, Ebbs et al. 2003, Trapp u. Christiansen 2003) ergaben den Rahmen des Sanierungsvorhabens der LGA Cottbus. Folgende Hauptziele wurden formuliert:

- (i) Stabilisierung und Sanierung des Standorts durch Bepflanzung bei gleichzeitiger Biomasseproduktion zur energetischen Verwertung;
- (ii) Nachweis der Cyanidaufnahme und des Cyanidabbaus im Feld und durch begleitende Labor- und Gewächshausversuche.

3 Ergebnisse

3.1 Feld



Abbildung 4: Beräumter Standort nach der Bepflanzung im April 2011 (links) und mit langfristig etablierter Vegetation im August 2015 (rechts)

Im Frühjahr 2011 wurde die Fläche mit Weide, Pappel und Robinie bepflanzt (Abb. 4). Die Pflanzdichte betrug ~ 15700 Stämme/ha. Vier Jahre später war die Vegetation in einem nahezu vollständigen Bestand erfolgreich etabliert. Dadurch wurde eine langfristige Stabilisierung des Standorts erreicht.

Das jährlich am Ende der Vegetationsperiode durchgeführte Monitoring der CN-Gehalte im Blattgewebe der am Standort wachsenden Bäume hat variierende (von $< 0,2$ bis $13,5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FM}$), dennoch messbare CN-Gehalte ergeben (Abb. 5). Eine Cyanidaufnahme im Feld ist somit nachweisbar, wenngleich auf niedrigem Niveau.

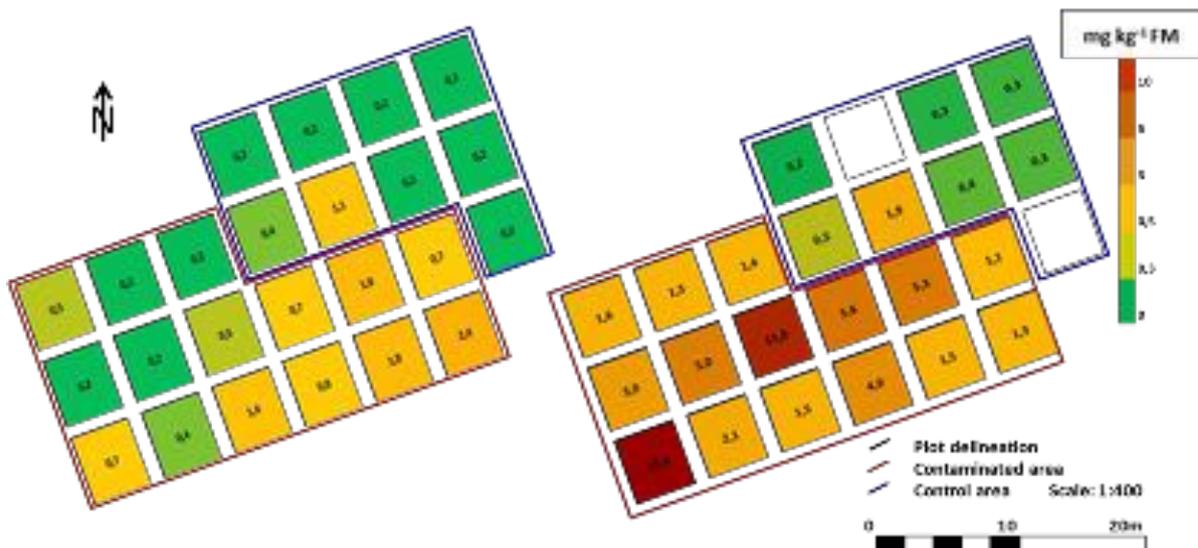


Abbildung 5: Cyanidgehalte im Blattgewebe am Standort im September 2011 (links) und 2013 (rechts)

3.1 Gewächshaus

Begleitende Untersuchungen im Gewächshaus (als Topfversuche) mit Pappel, Weide (Abb. 6) und Robinie haben die Feldergebnisse untermauert. Bei erheblich höheren (als im Feld) CN-Gehalten (bis zu $2000 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$) im Substrat, ergaben die Versuche auch wesentlich höhere CN-Gehalte im Blattgewebe (Abb. 7). Dabei erreichten die Robinien die höchsten CN-Gehalte von $594 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FM}$ (Dimitrova et al. 2015). Allerdings wiesen die Weiden die höchste Resistenz gegenüber der CN-Toxizität auf und blieben vital über den gesamten Expositionszeitraum von 12 Wochen.

Folgeuntersuchungen mit Weiden unter ähnlichen Bedingungen, jedoch unter Zugabe von ^{15}N -markierten Cyanids haben einen signifikanten Unterschied zwischen dem CN- und dem ^{15}N -Gehalt im Blattgewebe gezeigt (Abb. 8), was stark auf eine mögliche Verstoffwechslung des Cyanids innerhalb des Pflanzengewebes hindeutet.

Die Versuche, die in unterschiedlich belastetem Substrat durchgeführt wurden, haben insgesamt gezeigt, dass Bäume Cyanid aus dem Boden aufzunehmen vermögen und, dass die Cyanidaufnahme tendenziell von der CN-Konzentration des Substrats bzw. der Bodenlösung abhängt. Zusätzlich haben die Versuche gezeigt, dass die Bäume sehr wahrscheinlich in der Lage sind, das aufgenommene Cyanid in vivo zu entgiften, indem sie das CN-Anion zu seinen ungefährlichen atomaren Bestandteilen (Kohlenstoff und

Stickstoff) aufspalten und/oder z.B. zu Thiocyanat (SCN) umbauen. Dadurch wird der Schadstoff nicht nur dem Substrat entzogen sondern auch gleichzeitig entgiftet.

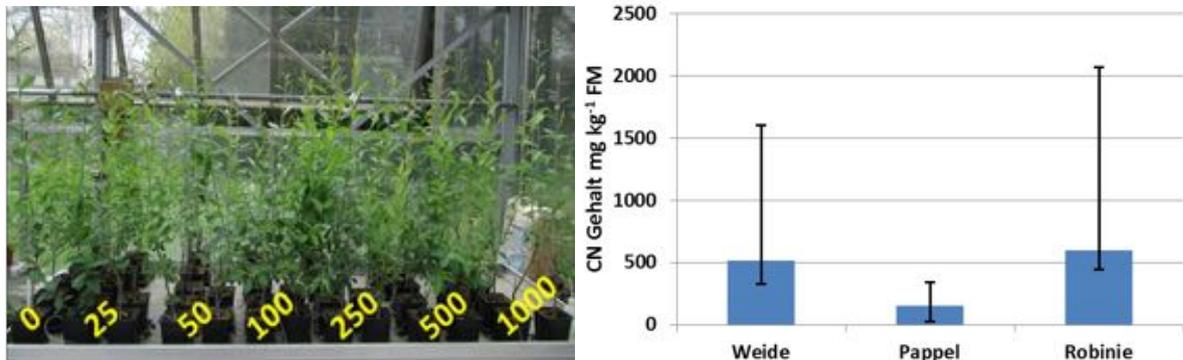


Abbildung 6: Gewächshausversuch mit Weiden in unterschiedlich belasteten Substraten (links) und CN-Gehalte im Blattgewebe von Weide, Pappel und Robinie im Gewächshaus (rechts)

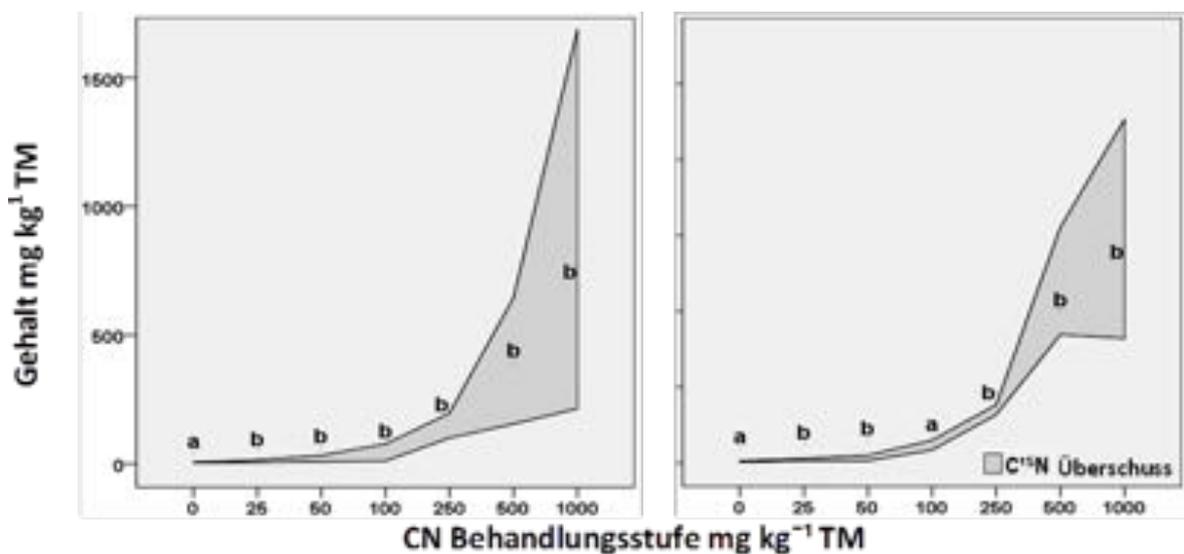


Abbildung 8: CN- (untere Linie) und C¹⁵N-Gehalte (obere Linie) im Blattgewebe von Weiden im Gewächshaus; **b** steht für signifikante Unterschiede zwischen den Werten (p < 0,05)

3 Fazit

Durch die Etablierung einer Gehölzplantage wurde der Standort zunächst stabilisiert. Die bisherigen Ergebnisse belegen die Cyanidaufnahme verschiedener Baumarten sowohl im Freiland als auch im Gewächshaus. Gewächshausversuche zeigen zusätzlich, dass Weiden CN potenziell in vivo verstoffwechseln können. Eine Verringerung der CN-Konzentration in der Bodenlösung bzw. insgesamt der mobilen CN-Fraktion durch Pflanzenaufnahme ist somit möglich.

Literatur

Dimitrova T, Repmann F, Raab T, Freese D (2015): Uptake of ferrocyanide in willow and poplar trees in a long term greenhouse experiment. *Ecotoxicology* 24(3), 497-510.

Ebbs S, Bushey J, Poston S, Kosma D, Samiotakis M, Dzombak D (2003): Transport and metabolism of free cyanide and iron cyanide complexes by willow. *Plant, Cell and Environment* 26, 1467-1478.

Kjeldsen P (1999); Behaviour of cyanides in soil and groundwater: a review. *Water, Air, and Soil Pollution* 115, 279-307.

Trapp S, Christiansen H (2003): Phytoremediation of cyanide polluted soils. In: McCutcheon S, Schnoor JE (Hrsg.): *Phytoremediation: transformation and control of contaminants*. John Wiley & Sons, Hoboken, 829-862.

Trapp S, Koch I, Christiansen H (2001a): Aufnahme von Cyanid in Pflanzen. Risiko oder Chance für die Phytoremediation? *UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie* 13(1), 20-28.

Trapp S, Larsen M, Christiansen H (2001b): Experimente zum Verbleib von Cyanid nach Aufnahme in Pflanzen. *UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie* 13(1), 29-37.