

Loseblatt # 9

# QUANTIFIZIERUNG UND BEWERTUNG DES BEITRAGES AGROFORSTLICHER BEWIRTSCHAFTUNGSFORMEN ZUR VERRINGERUNG DES DÜNGE- UND PFLANZENSCHUTZMITTELBEDARFS

Michael Kanzler, Christian Böhm



# **Quantifizierung und Bewertung des Beitrages agroforstlicher Bewirtschaftungsformen zur Verringerung des Dünge- und Pflanzenschutzmittelbedarfs**

## **Autoren**

Michael Kanzler, Christian Böhm

Anschriften und Kontaktdaten

Michael Kanzler, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus  
e-mail: kanzlmic@b-tu.de

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

## **Forschungsprojekt**

"Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie"

Projektlaufzeit: 01.11.2014 bis 31.07.2019

URL: <http://agroforst-info.de/>

## **Förderung und Förderkennzeichen:**

Die Förderung des Projektes erfolgte durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenprogramms Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)

Förderkennzeichen: 033L129

Die Verantwortung für den Inhalt dieses Loseblattes liegt bei den Autoren.

Cottbus, den 28.05.2020

## INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis.....	1
Zusammenfassung .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Quantifizierung der Einsparung an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln .....	3
2.1 Theoretisches Einsparungspotential .....	3
2.2 Monetäres Einsparungspotential an Pflanzenschutzkosten.....	4
3 Pflanzenbauliche und ökologische Aspekte von alley-Cropping-Systemen .....	5
3.1 Folgen für den Pflanzenbau .....	5
3.2 Folgen für den Umwelt- und Ressourcenschutz .....	10
4 Schlussfolgerungen .....	11
Literatur .....	12

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1:</b> Agroforstsystembeispiele als Grundlage für die Hochrechnungen zum Pflanzenschutz- und Düngemittelbedarf.....	4
<b>Abbildung 2:</b> Verteilung der Gehalte a.) an pflanzenverfügbarem Kalium und Phosphor (DL-Methode, n = 4, Medianwerte, die Whisker markieren das 90er und 10er Perzentil) im Boden (0-30 cm) und b.) bzw. c.) an Ca, Mg, P, K, und N im Kartoffelkraut (n=3-4, Mittelwerte inkl. Standardabweichung) in diversen Abständen zum Gehölzstreifen auf zwei 96 m breiten Ackerstreifen der Versuchsfläche bei Neu Sacro im Mai bzw. Juni 2013. Unterschiedliche Buchstaben weisen auf statistisch signifikante Unterschiede (Einweg-ANOVA) zwischen den verschiedenen Probepunkten je Nährelement. ....	6
<b>Abbildung 3:</b> Ertragsentwicklung von Speisekartoffeln (verschiedene Sorten in t Frischmasse) in Abhängigkeit der Entfernung zu den a.) leeseitigen bzw. b.) luvseitigen Gehölzstreifen .....	7
<b>Abbildung 4:</b> Relativer Deckungsgrad auf der Luv-Seite eines 48 m breiten Ackerstreifens, ermittelt im a.) Pappel- und b.) Robiniengehölzstreifen sowie in verschiedenen Abständen auf dem angrenzenden Ackerstreifen (GS = Mitte des Gehölzstreifens, RB = Rand- bzw. Saumbereich; aus Piehl 2017).....	8
<b>Abbildung 5:</b> Relativer Bedeckungsgrad (nach der Skala von Braun-Blanquet) der Vegetation beim Anbau von konventionellem Hafer in Abhängigkeit des Abstandes zum Gehölzstreifen (aus Rieken 2017).....	9
<b>Abbildung 6:</b> Relativer Bedeckungsgrad (nach der Skala von Braun-Blanquet) der Vegetation beim Anbau von Fahnenhafer in Abhängigkeit des Abstandes zum Gehölzstreifen (aus Rieken 2017).....	10

## ZUSAMMENFASSUNG

Agroforstsysteme bieten aufgrund der weitreichenden Ausgliederung ihrer Agrarholzfläche vom landwirtschaftlichen Pflanzenschutz- bzw. Düngemanagement gegenüber der konventionellen Landnutzung oft ein erhebliches Potential zur flächenbezogenen Einsparung von Rohstoffen. Die folgende Studie widmet sich der Abschätzung dieses Potentials und diskutiert mögliche pflanzenbauliche und ökologische Folgen anhand von Forschungsergebnissen aus Alley-Cropping-Systemen (ACS). Bei dieser agroforstlichen Nutzungsform, welche sich durch eine hohe Eignung für die Integration in die landwirtschaftliche Praxis auszeichnet, entspricht die Substitution an Düngemitteln prozentual etwa der Agrarholzfläche. Für den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln, die im Etablierungsjahr bei konventioneller Bewirtschaftung aus Gründen der Ertragssicherung auch im Bereich der Gehölzfläche appliziert werden, reduziert sich dieser Prozentsatz bei einer unterstellten Standdauer von 24 Jahren nur geringfügig. In ACS mit Gehölzen zur stofflichen Nutzung und hohen Umtriebszeiten (60 und mehr Jahre) ist diese Reduktion sogar vernachlässigbar gering. Zahlreiche Studien stellten dabei keine ökonomisch relevanten Ertragsminderungen bei den an die Gehölzstreifen angrenzenden Feldfrüchten als direkte Folge der reduzierten Aufwandmengen fest. Stattdessen wird von aus gesellschaftlicher und ökologischer Sicht positiven Nebeneffekten, wie z.B. die Verminderung der Oberflächengewässereutrophierung durch Abtrift, der Reduktion der Emissionsbelastung und die Schaffung von Saumbiotopen, berichtet. Letztere steigern die Flächenattraktivität für diverse Tier- und Pflanzenarten sowie Bodenorganismen und unterstützen somit direkt die Umsetzung von Natur- und Bodenschutzzielen für eine umweltverträglichere und zukunftsfähigere Landwirtschaft.

# 1 EINLEITUNG

Das Prinzip der Agroforstwirtschaft umfasst eine Form der Landnutzung, welche die simultane Bewirtschaftung von Gehölzen und herkömmlichen Ackerkulturen auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche ermöglicht. Analog zur herkömmlichen Bewirtschaftung von ackerbaulich genutzten Flächen ist aus Gründen der Ertragssicherung auch bei dieser Nutzungsform eine standörtlich angepasste Regulation der Begleitvegetation erforderlich. Diese vermindert die Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe und sichert somit eine hohe Produktivität bei den Ackerkulturen. Dies trifft vor allem in der Etablierungsphase auch für die angebauten Agroforstgehölze zu. Die Begleitwuchsregulation kann hier über chemische Pflanzenschutzmittel, alternativ aber auch über mechanische Verfahren bzw. über verschiedene ökologische Maßnahmen wie z.B. die Untersaat von Kleesorten oder z.B. durch Abdecken der Begleitvegetation durch Mulchfolie realisiert werden (Winterling et al. 2014). In Anbausystemen mit schnellwachsenden Baumarten, die im Kurzumtrieb bewirtschaftet werden, erstreckt sich die Flächenpflege der Gehölze vorwiegend auf das Etablierungsjahr. In Agroforstsystemen mit Wertholz sollte hingegen auch in den Folgejahren auf eine effektive Beikrautregulierung geachtet werden (Morhart et al. 2015).- Beim Auftreten von konkurrenzstarken Beikräutern, längeren Umtriebszeiten und weiten Pflanzverbänden in Kurzumtriebsagroforstsystemen sind mindestens zwei Standjahre einzukalkulieren (Landgraf et al. 2018). In den Folgejahren wird die Gehölzfläche, sowie der angrenzende Saumbereich zu den Ackerkulturen in modernen Agroforstsystemen, von weiteren Pflanzenschutzmaßnahmen zumeist ausgespart. Auf eine mineralische Düngung der Agrarholzfläche kann hingegen aus pflanzenbaulicher Sicht auf den meisten landwirtschaftlichen Nutzflächen verzichtet werden (ETI 2013). Allenfalls sollte diese nur in Ausnahmefällen bzw. als bedarfsbezogene Nährstoffergänzung in Erwägung gezogen werden (Dauber et al. 2018). Insgesamt bietet die agroforstliche Bewirtschaftungsform somit im Vergleich zum herkömmlichen Reinkulturanbau ohne Agrarholz, in Abhängigkeit vom Agrarholzflächenanteil, ein gewisses Potential zur Einsparung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Der folgende Beitrag widmet sich in Kapitel 2 der Abschätzung dieses Potentials, wobei in Kapitel 3 auch einige ökologische und ökonomische Folgeaspekte diskutiert werden.

## 2 QUANTIFIZIERUNG DER EINSPARUNG AN DÜNGE- UND PFLANZENSCHUTZMITTELN

### 2.1 Theoretisches Einsparungspotential

Eine der bekanntesten agroforstlichen Umsetzungsformen ist das Alley Cropping-System (ACS), eine streifenförmige Anordnung von Agrarholz- und Ackerstreifen, welche sich durch eine hohe Eignung für die Integration in die landwirtschaftliche Praxis auszeichnet (Böhm 2012b). Neben der eigentlichen Gehölzkulturfläche, die z.B. mit Wert- oder Energieholz bestockt werden kann, wird bei diesem System üblicherweise beiderseits der Gehölzstreifen ein etwa 1 m schmaler Saum eingepflanzt, der eine weitestgehend von den Baumkronen bzw. -stämmen ungehinderte ackerbauliche Bewirtschaftung ermöglicht. Aufgrund der praktischen Relevanz von ACS und hinlänglicher Erfahrungen aus diversen Forschungsprojekten, die am Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung der BTU Cottbus-Senftenberg durchgeführt wurden, orientiert sich die folgende Potenti-  
alermittlung an ebendiesen. Da die Saum- und Gehölzstreifen in ACS weitestgehend von Pflanzenschutz- und Düngemaßnahmen ausgeklammert werden, kann das theoretische Einsparungspotential in ACS gegenüber der konventionellen Landnutzung auf der Grundlage des Flächenanteils dieser an der gesamten Nutzfläche berechnet werden. Aus praktischen und rechtlichen Gründen unterliegt die Dimensionierung der Acker- und Gehölzstreifen in einem ACS allerdings einer gewissen Reglementierung. So werden Erstere üblicherweise entsprechend dem Vielfachen der in einem Landwirtschaftsbetrieb üblichen Arbeitsbreite dimensioniert und Letztere oftmals

nach förderpolitischen Richtlinien bzw. ökonomischen Aspekten geplant. Die nachfolgende Ermittlung des theoretischen Einsparungspotentials orientiert sich daher an den Vorgaben von fünf Systembeispielen, die im Rahmen des Verbundprojektes AUFWERTEN für diverse Bewertungen definiert wurden (Abb. 1; vgl. **Loseblatt # 15**).

#	Name	Gestaltung	Umtriebszeit	Breite Gehölzkulturfläche	Gehölzflächenanteil an der AF
1	Ökonomisch orientiertes AFS mit kurzer Umtriebszeit	100 % Pappel, Weide o. Robinie	4 Jahre	Standard 10 m (<15 m)	>2 und <40 %
2	Ökonomisch orientiertes AFS mit langer Umtriebszeit	100 % Pappel o. Robinie	12 Jahre	Standard 10 m (<15 m)	>2 und <40 %
3	Ästhetisch und naturschutzfachlich orientiertes AFS mit kurzer Umtriebszeit	30 % heimische Baum- und Straucharten	4 Jahre	Standard 10 m (<15 m)	>2 und <40 %
4	Ästhetisch und naturschutzfachlich orientiertes AFS mit langer Umtriebszeit	30 % heimische Baum- und Straucharten	12 Jahre	Standard 10 m (<15 m)	>2 und <40 %
5	Wertholzsystem mit langer Umtriebszeit	mindestens 2 Baumarten	60 Jahre	Standard 2 m (<15 m)	>2 und <40 %

**Abbildung 1:** Agroforstsystembeispiele als Grundlage für die Hochrechnungen zum Pflanzenschutz- und Düngemittelbedarf

Bei vollständigem Verzicht an Pflanzenschutz- und Düngemitteln ergibt sich somit ein theoretisches Einsparungspotential ( $P$ ) an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, welches dem Gehölzflächenanteil inkl. Saumfläche entspricht und sich durch die folgende Gleichung ausdrücken lässt:

$$P(\% \text{ ha}^{-1}) = \frac{G * 100}{(G + A)} \quad (1)$$

wobei  $P$  (in %,  $N \setminus \{2...40\}$ ) dem theoretischen Einsparungspotential,  $G$  der Gehölzstreifenbreite inkl. Puffer bzw. Saum (in m,  $Q = \{2...15\}$ ) und  $A$  der Ackerstreifenbreite (in m,  $N = \{12, 24, 36, 48, \dots, 216\}$ ) entspricht.

Aufgrund der o.g. Einschränkungen ergeben sich je nach Auslegung der Acker- bzw. Gehölzkulturstreifenbreite, ohne die unterstellte Mindestbreite der Beiden zu unterschreiten, minimale und maximale Gehölzflächenanteile. Diese betragen 6 und 37 % für die betrachteten Systembeispiele 1 bis 4 bzw. 2 und 37 % für das Systembeispiel 5. In diesem Wertebereich variiert folglich auch das theoretische Einsparungspotential.

## 2.2 Monetäres Einsparungspotential an Pflanzenschutzkosten

Das zuvor errechnete Einsparungspotential in ACS muss unter Berücksichtigung der zusätzlichen Aufwendungen an Pflanzenschutzmitteln während der Etablierungsphase korrigiert werden. Diese Korrektur richtet sich nach den standörtlichen Gegebenheiten bzw. der standortspezifischen Abundanz der „unerwünschten“ Begleitvegetation. Aufgrund der Umweltrelevanz wird in den folgenden Berechnungen, welche weitestgehend auf den Angaben des Feldarbeitsrechners des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. basieren (<https://daten.ktbl.de/feldarbeit/home.html>), primär die Kostenersparnis durch Einsparungen an chemischen Pflanzenschutzpräparaten berücksichtigt. In der landwirtschaftlichen Praxis finden hingegen durchaus auch mechanische Lösungen Anwendung. Allerdings ist der flächige oder punktuelle Einsatz von Totalherbiziden bzw. Vorauflaufmitteln in der Etablierungsphase von im Kurzumtrieb bewirtschafteten Agrarholzstreifen üblich (BFN 2011), während die mechanische Regulation der Begleitvegetation in diesem Zeitraum einen höheren organisatorischen und zeitlichen Einsatz bedingt und mit höheren Kosten verbunden ist (Landgraf et al. 2018).

Wird bei der Begründung einer Agroforstfläche mit Energieholz im Kurzumtrieb eine übliche Kombination an Vorauflaufmitteln, z.B. 2 l Stomp Aqua (BASF) und 1 l Boxer (Syngenta)  $\text{ha}^{-1}$  auf 297 l Wasser  $\text{ha}^{-1}$ , mit einer Anbaupflanzenschutzspritze (15 m, 1.000 l; 67 kW) bei einem Arbeitszeitbedarf ab Hof von 0,31 Akh  $\text{ha}^{-1}$  (KTBL 2019) in Hofnähe (~1 km Entfernung, leichter Bodenbearbeitungswiderstand) ausgebracht, so entspricht dies einem Arbeitszeitbedarf zwischen 0,01 und 0,10 Akh bei der kleinst- bzw. größtmöglichen angenommenen Gehölzflächengröße der betrachteten Agroforstsystembeispiele 1 bis 4 (vgl. Tab. 1).

Basierend auf der Annahme, dass sowohl der Saumbereich als auch die eigentliche Gehölzfläche mit dem Voraufbauherbizid behandelt werden, ergeben sich hektarbezogene Maschinenkosten (inkl. Dieselmotorkraftstoff) von 16 Cent bis 2,91 Euro bzw. Kosten von 45 Cent bis 8,40 Euro für das Pflanzenschutzmittel sowie Lohnkosten zwischen 11 Cent und 2,00 Euro. Hierbei blieb ein möglicher Mehraufwand, der durch die Bewirtschaftung der kleineren Teilflächen eines Agroforstsystems auftreten kann, unberücksichtigt. Legt man die jährlichen Kosten für den Pflanzenschutz beim Körner- und Silomais mit 142 Euro ha<sup>-1</sup> für mittlere deutsche Verhältnisse aus dem Jahr 2016 (ISIP 2020) zugrunde, werden die Pflanzenschutzkosten in einem ACS mit Wert- oder Energieholz im Etablierungsjahr je nach Gehölzflächengröße somit um 1 bis 27 % reduziert. Bei einer unterstellten Standdauer des ACS von 24 Jahren und angenommenen, durchschnittlichen Pflanzenschutzkosten (einschließlich Wachstumsregler) von 100 Euro ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> Ackerfläche (unter Annahme einer möglichst abwechslungsreichen Fruchtfolge) entspricht dies bei einem Gehölzflächenanteil von 6 bzw. 37 % (Beispielsysteme 1 bis 4) einer monetären Einsparung im kompletten chemischen Pflanzenschutzmanagement von 2,0 bzw. 36,4 %. Sollten sich die Kosten für eine chemische Pflanzenschutzbehandlung der Gehölzkulturfläche um eine zusätzliche, arbeitszeit- und kostenintensive Nachaufbaubehandlung im zweiten Jahr erhöhen, so wird das monetäre Einsparungspotential über die gesamte Standdauer von 24 Jahren auf 5,4 bzw. 33,2 % reduziert. Diese Reduzierung ist nur geringfügig, obwohl in diesem Rechenbeispiel ein vergleichsweise hoher Preis für das Herbizid von 35 € l<sup>-1</sup> sowie eine um 100 % gestiegene Arbeitsdauer, aufgrund der durch die größeren Bäume erschwerten Applikationsbedingungen, angenommen wurden.

Bei einer Nutzungsdauer von 60 Jahren, wie sie in Wertholzsystemen durchaus üblich ist, liegt dieses Einsparungspotential bei einer Vorlauf- und einer Nachaufbaubehandlung etwa bei 1,9 bzw. 35,5 %, was ungefähr dem Gehölzflächenanteil in Prozent entspricht. Selbst bei drei chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen liegt das Einsparungspotential gegenüber der konventionellen Nutzung noch bei 1,8 bzw. 34,2 %. Insgesamt sind die monetären Aufwendungen für den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzpräparaten auf der Gehölzfläche – bezogen auf die Gesamtfläche des Agroforstsystems – in der wirtschaftlichen Gesamtbetrachtung der Pflegeaufwendungen, insbesondere bei hohen Standzeiten der Gehölze, vernachlässigbar gering.

### **3 PFLANZENBAULICHE UND ÖKOLOGISCHE ASPEKTE VON ALLEY-CROPPING-SYSTEMEN**

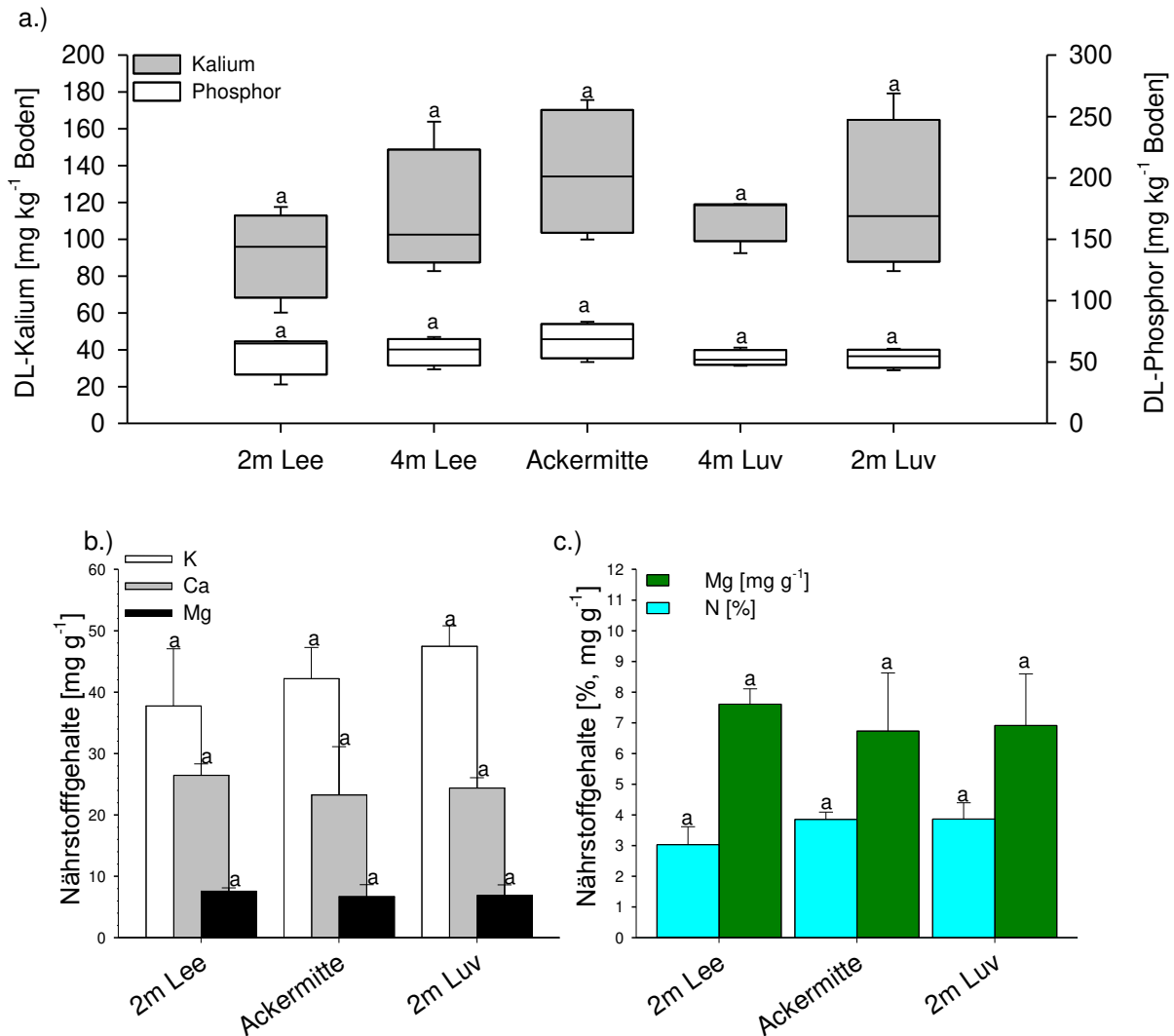
#### **3.1 Folgen für den Pflanzenbau**

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ist aus Sicht des konventionellen bzw. ertragsorientierten Pflanzenbaus durchaus notwendig, da er wesentlich zur Ertragssicherung beiträgt (von Witzke & Noleppa 2011). Vor diesem Hintergrund und der Annahme einer erheblichen Reduktion von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in ACS wurden aus Sicht der Autoren zwei für den Pflanzenbau relevante Forschungshypothesen formuliert und im Anschluss diskutiert:

- (1) Infolge der ausbleibenden Düngung im Saumbereich zwischen Feldfrüchten und Gehölzen kommt es hier zu stark verminderten Bodennährstoffgehalten und negativen Auswirkungen auf den Ackerfruchtertrag.
- (2) Infolge der überwiegenden Aussparung der Gehölz- und Saumfläche von chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen herrscht hier potentiell ein höherer Deckungsgrad an „unerwünschten“ Beikräutern, mit ebenfalls negativen Auswirkungen auf die angrenzenden Ackerstreifen und einem erhöhten Pflegeaufwand in ebendiesen.

Zu 1.):

Zur Beantwortung der ersten Hypothese kann hier beispielhaft eine Untersuchung des Lehrstuhls für Bodenschutz und Rekultivierung der BTU Cottbus-Senftenberg aus dem Jahr 2013 angeführt werden. Diese fand in einem 96 m breiten Ackerstreifen eines dreijährigen Agroforstsystems bei Neu Sacro (Süd-Brandenburg) mit Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) statt.



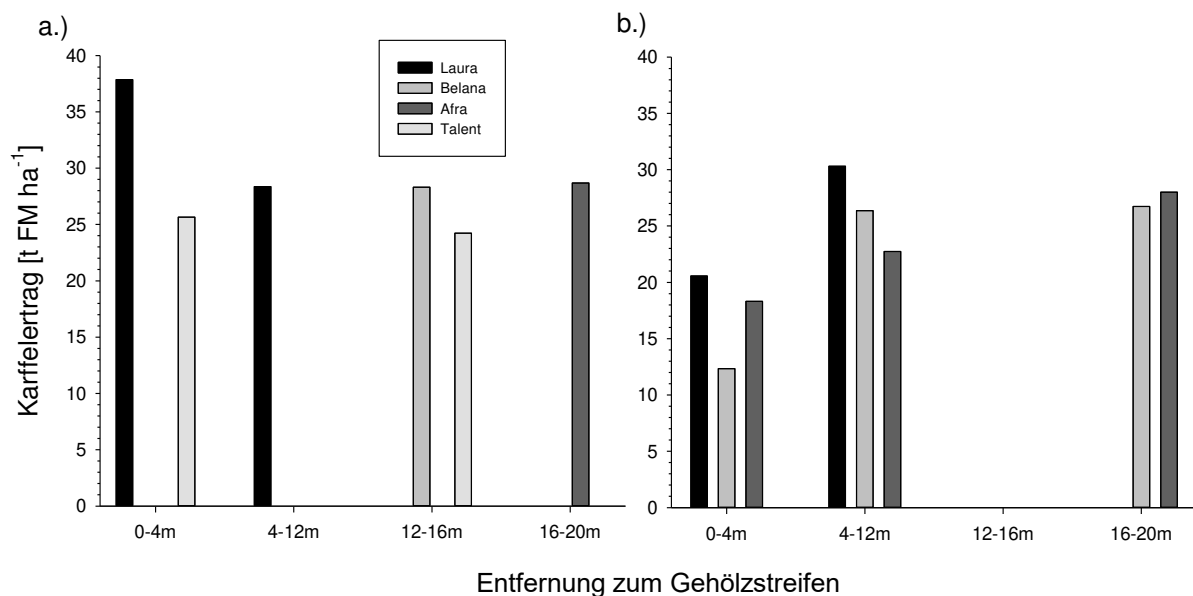
**Abbildung 2:** Verteilung der Gehalte a.) an pflanzenverfügbarem Kalium und Phosphor (DL-Methode, n = 4, Medianwerte, die Whisker markieren das 90er und 10er Perzentil) im Boden (0-30 cm) und b.) bzw. c.) an Ca, Mg, P, K, und N im Kartoffelkraut (n=3-4, Mittelwerte inkl. Standardabweichung) in diversen Abständen zum Gehölzstreifen auf zwei 96 m breiten Ackerstreifen der Versuchsfäche bei Neu Sacro im Mai bzw. Juni 2013. Unterschiedliche Buchstaben weisen auf statistisch signifikante Unterschiede (Einweg-ANOVA) zwischen den verschiedenen Probepunkten je Nährelement.

Klimatisch ist die Region durch eine durchschnittliche jährliche Niederschlagssumme von 568 mm, die gleichmäßig über das Jahr verteilt ist, sowie einer mittleren Jahrestemperatur von 9,6 °C gekennzeichnet (DWD 2020). Der untersuchte Ackerstreifen ist Teil eines ca. 40 ha großen Acker-schlages mit 45 Bodenpunkten (Bodenart: lehmiger Sand, Bodentyp: Gley-Vega bzw. Pseudogley-Vega) und Grundwassereinfluss (periodischer Anstieg bis 0,8 m unter Geländeoberfläche). Insgesamt wurden etwa einen Monat nach erfolgter Düngung (300 kg AKRA Granulat Kombi, 500 kg Kalkammonsalpeter und 220 kg Alzon46 ha<sup>-1</sup>), unter weitgehender Aussparung der Saum- und Pappel- bzw. Robiniengehölzstreifen, über zwei 96m breite Ackerstreifen hinweg in unterschiedlichen Abständen insgesamt 152 Bodenproben in 0-30 cm Bodentiefe entnommen. Die Proben wurden dann später im Labor hinsichtlich der Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium



untersucht (Bestimmung nach der VDLUFA Doppellaktat-Methode (Hoffmann 1991)). Wie aus Abbildung 2a hervorgeht, ergaben sich in unmittelbarer Nähe der Pappel- bzw. Robiniengehölzstreifen (2 und 4 m Abstand) keine signifikanten Unterschiede ( $p < 0.05$ ) zur Ackermitte. Auch die Analyse des Kartoffelkrautes, welches im Juni 2013 beprobt wurde, ergab bezüglich der wichtigsten Pflanzennährelemente keinen Hinweis auf eine Unterversorgung der Randbereiche durch ein vermindertes Düngungsregime (Abb. 2b).

Eine Studie von Mirck et al. (2015), die in diesem System durchgeführt wurde, ergab, dass noch in zu 6 m Entfernung vom Gehölzstreifen messbare Nährstoffeinträge durch die Blattstreu nachgewiesen werden konnten. Die Analyse der Blattstreu in 3 m Entfernung leeseitig der vierjährigen Robiniengehölzstreifen lag deutlich über 20 kg N, bzw. etwa 2 kg P und mehr als 10 kg K ha<sup>-1</sup>. Diese nicht ganz unerheblichen Mengen könnten einen kompensierenden Effekt auf die Bodennährstoffversorgung der Randbereiche zur Folge gehabt haben. Die Ertragsentwicklung von Kartoffeln in unmittelbarer Nähe zu den Gehölzstreifen war hingegen durch eine hohe Variabilität geprägt (Abb. 3). Im Vergleich zu den Entfernungen über 4 m wurden hier sowohl die geringsten und gleichzeitig höchsten Erträge aller untersuchten Abstände vom Gehölzstreifen festgestellt. Insgesamt waren die Erträge im windgeschützten Leebereich der Gehölzstreifen deutlich höher als auf der windzugewandten Seite. Die Speisekartoffelsorte Laura war auf diesem Standort generell produktiver als die Speisekartoffelsorten Afra und Belana. Basierend auf den hier vorgestellten Untersuchungen zur Nährstoffversorgung und Ertragsentwicklung von Speisekartoffeln ist die Eingangshypothese hinsichtlich der Nährstoffunterversorgung der Randbereiche klar abzulehnen. In Hinblick auf den Ackerfruchtertrag in ACS bei Kartoffeln kann diese aufgrund der hohen Variabilität im Randbereich zu den Gehölzen jedoch nicht vollständig verworfen werden.

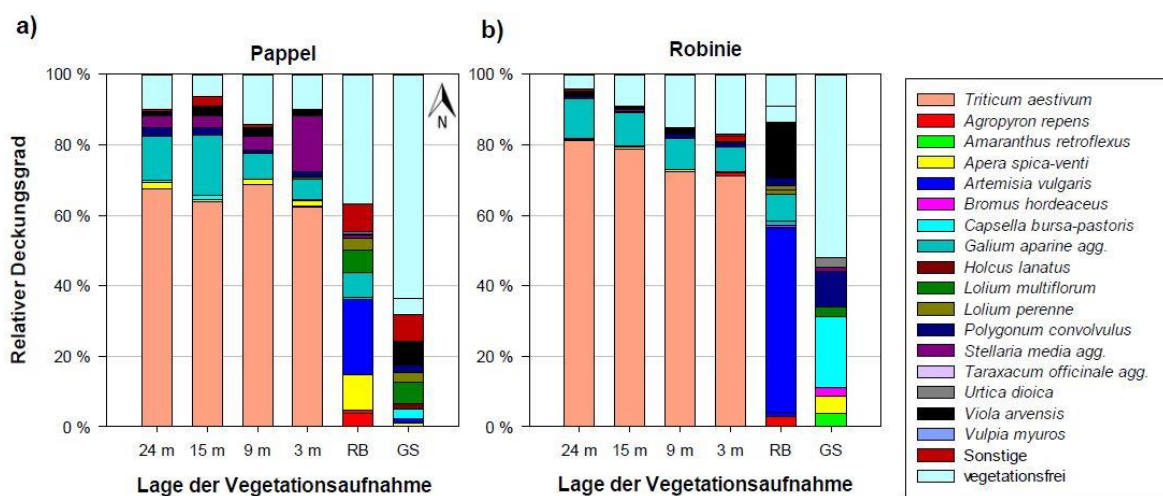


**Abbildung 3:** Ertragsentwicklung von Speisekartoffeln (verschiedene Sorten in t Frischmasse) in Abhängigkeit der Entfernung zu den a.) leeseitigen bzw. b.) luvseitigen Gehölzstreifen

Zu 2.):

Zur Beantwortung der zweiten Forschungshypothese können u.a. zwei Untersuchungen zur Biodiversität der Flora in ACS, die während der Laufzeit des Forschungsprojektes „AUFWERTEN“ durchgeführt wurden, herangezogen werden. Nach einer empirischen Studie von Piehl (2017), die im Rahmen einer Masterarbeit im Sommer 2016 auf der Agroforstversuchsfläche bei Neu Sacro (vgl. Ausführungen zu Hypothese 1) durchgeführt wurde, erwiesen sich die Rand- und Gehölzstreifenbereiche des ACS im Vergleich zu den bestellten Ackerstreifen als erheblich artenreicher

(Abb. 4a,b). Als Pflanzenschutzmittel (einschließlich Wachstumsregler) auf den Erntegassen des ACS kamen hierbei auf den Hektar bezogen im März bis Mai 0,3 l Moddus®, 20 g Hoestar®, 1 l Siltra® Xpro bzw. im August 5 l Glyphosat Bio zum Einsatz. Zwischen der gesteigerten Artenvielfalt und dem Verzicht auf chemische Pflanzenschutzmittel im Saum- und Gehölzbereich bestand ein erheblicher Zusammenhang, der eine erfolgreiche Etablierung zahlreicher krautiger Pflanzen, wie z.B. *A. millefolium* agg., *L. multiflorum*, *O. strica*, *T. officinale*, in diesen Bereichen begünstigte. Gleichzeitig wird anhand der Vegetationskartierung deutlich, dass sich in etwa 3 m Entfernung zu den Gehölzstreifen der Deckungsgrad der angebauten Ackerkultur nur unwesentlich von weiter vom Gehölzstreifen entfernten Ackerbereichen unterscheidet. Artenüberschneidungen zwischen Rand- und Ackerbereichen treffen in einem nennenswerten Umfang nur auf *Galium aparine* agg. L. zu, welches zu den Stickstoffzeigern gehört und weit verbreitet ist (Ellenberg et al. 1992). Interessanterweise tritt diese Art jedoch kaum bis gar nicht in den untersuchten Gehölzstreifen auf. Ein von den Gehölzstreifen oder Saumbereichen ausgehender Drift der Begleitvegetation bestätigt sich demnach für diese Versuchsfläche nicht (Abb. 4).



**Abbildung 4:** Relativer Deckungsgrad auf der Luv-Seite eines 48 m breiten Ackerstreifens, ermittelt im a.) Pappel- und b.) Robiniegehölzstreifen sowie in verschiedenen Abständen auf dem angrenzenden Ackerstreifen (GS = Mitte des Gehölzstreifens, RB = Rand- bzw. Saumbereich; aus Piehl 2017)

Analog zur erstgenannten Studie wurde im Sommer 2016 eine weitere Vegetationskartierung eines anderen ACS von Rieken (2017) durchgeführt. Untersuchungsgegenstand war ein 150 m breiter mit zwei Hafersorten bestellter Ackerstreifen sowie die beiden angrenzenden 20 m breiten und zum Zeitpunkt der Untersuchungen etwa zwei Jahre alten Pappelstreifen. Die Untersuchungsregion Peickwitz (nahe Senftenberg, Süd-Brandenburg) ist klimatisch mit Neu Sacro vergleichbar, allerdings ist die Bodenfruchtbarkeit des hier betrachteten Ackerschlag mit nur etwa 22 Bodenpunkten erheblich geringer. Auf den Erntegassen des ACS wurden ca. 100 g ha<sup>-1</sup> CONCERT® SX®, ein Frühjahrsherbizid gegen breitblättrige Unkräuter, appliziert, während die Gehölzflächen inkl. Saumbereiche weitestgehend von dieser Maßnahme ausgespart wurden. Wie aus Abbildung 5 hervorgeht ist der Bedeckungsgrad von konventionellem Hafer (*Avena sativa*) in einem lee- und luvseitigem Abstand von etwa 3 m mit den übrigen eingemessenen Abständen durchaus vergleichbar. Er liegt jeweils über 80 % und steigt tendenziell zumindest auf der Luv-Seite (Westen) bis zu einem Abstand von 12 m zu den Gehölzstreifen an. Von den Arten, welche sich im Gehölzstreifen angesiedelt haben, fanden sich auf dem Acker lediglich die beiden krautigen Arten *Fallopia convolvulus* L. und *Senecio vulgaris* L. in einer nennenswerten Größenordnung wider. Beide sind typische Ruderalpflanzen und demzufolge auch auf gehölzstrukturfreien landwirtschaftlichen Nutzflächen weit verbreitet. Sie können daher in ihrer Abundanz keineswegs nur auf die Integration von Gehölzstreifen zurückgeführt werden. Der Bedeckungsgrad mit Fahnenhafer (*Avena sativa* subsp. *Orientalis*) war im Leebereich zum Pappelstreifen in einem Abstand von 3 m mit weniger als 80 % unter den Vergleichsabständen der geringste (Abb. 6). Generell scheint die Luv-Seite auf dem

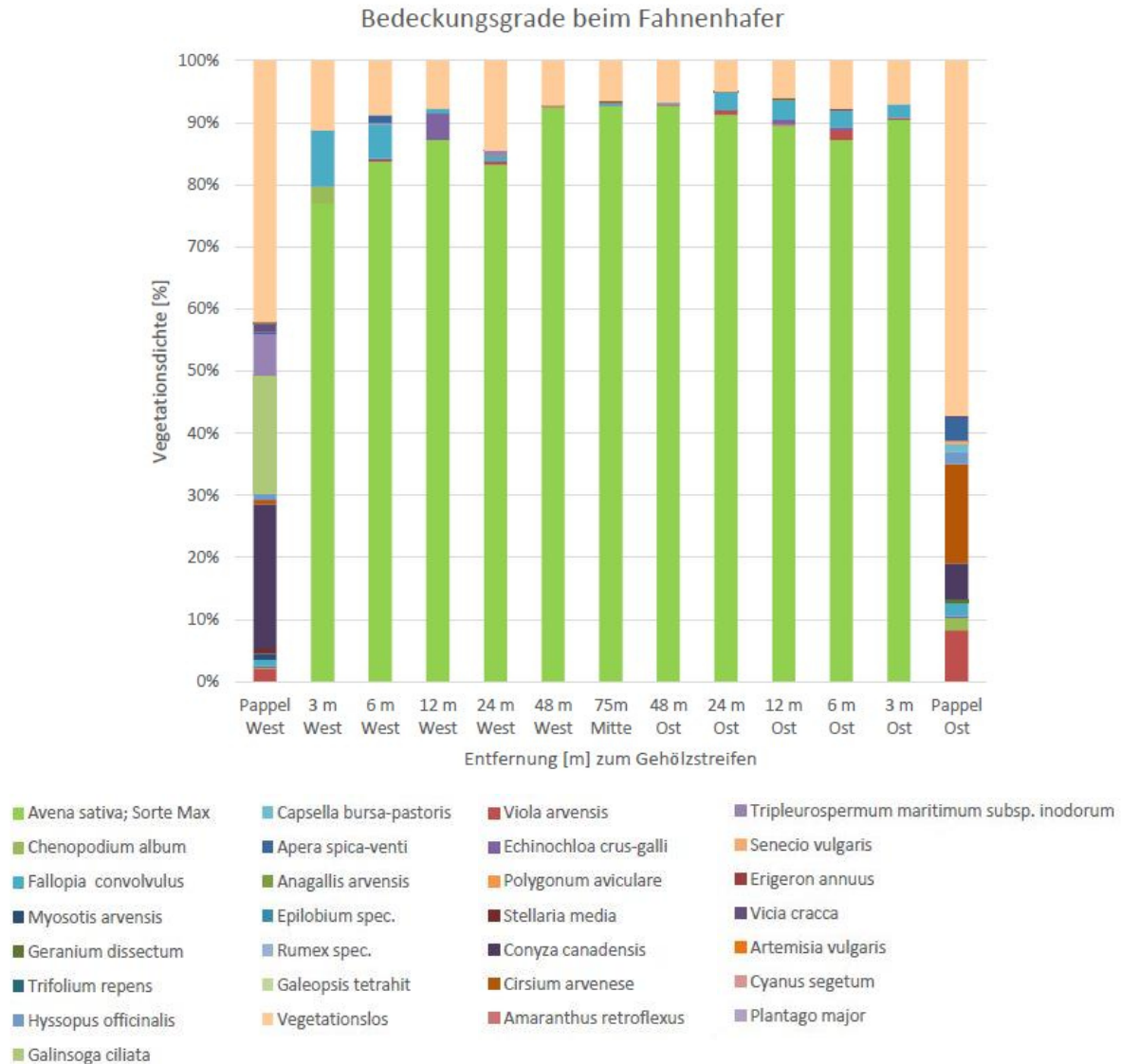
Standort durch einen höheren Bedeckungsgrad beider Hafersorten gekennzeichnet zu sein. Möglicherweise sind hierfür Einflüsse der Pappeln auf mikroklimatische Faktoren (Wind- und Niederschlagsschatten) oder die Bodenheterogenität (z.B. Texturunterschiede) verantwortlich. Leeseitig war der Bedeckungsgrad mit über 90 % hingegen annähernd so hoch wie im Zentrum des Ackerstreifens. Überschneidungen der Begleitvegetation von Acker- und Gehölzfläche existieren in nennenswertem Umfang hauptsächlich für *Fallopia convolvulus* L., welches vermehrt in den Randbereichen des Ackers auftritt, zur Ackermitte hin aber fast verschwindet.



**Abbildung 5:** Relativer Bedeckungsgrad (nach der Skala von Braun-Blanquet) der Vegetation beim Anbau von konventionellem Hafer in Abhängigkeit des Abstandes zum Gehölzstreifen (aus Rieken 2017)

Auf Basis der beiden durchgeführten Vegetationsaufnahmen ist schlussfolgernd festzuhalten, dass trotz der hohen Biodiversität in den Gehölz- und Saumbereichen in den untersuchten ACS kein bemerkenswert erhöhter Beikrautdruck in den angrenzenden Ackerstreifen festzustellen war. Folglich war das turnusgemäße Pflanzenschutzmanagement an beiden Standorten hinreichend, um den Bedeckungsgrad der auf den Erntegassen „unerwünschten“ krautigen Pflanzen gering zu halten. Mit einem erhöhten Pflegeaufwand infolge der Integration von Gehölzstrukturen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ist demzufolge nicht zu rechnen. Zu dieser Erkenntnis gelangten auch Bärwolff et al. (2014), welche die Begleitvegetation in den Saumbereichen eines ACS in Thüringen untersuchten. Diese blieb auf den Nahbereich beschränkt und zog keine ökonomisch relevanten Qualitäts- und Ertragsminderung der angrenzenden Ackerkultur nach sich. Dies deckt sich ebenfalls mit den Untersuchungsergebnissen von Kanzler & Böhm (2016) sowie

Bärwolff et al. (2016), die beispielhaft als weiterführende Informationsquelle zum Thema Pflanzenschutz und Ertragsentwicklung in ACS genannt werden können. Da weder eine Nährstoffunterversorgung der Saumbereiche infolge von Einsparungen an Düngemitteln bzw. eine negative Auswirkung der Gehölzstreifen auf die Ausbreitung von unerwünschter Begleitvegetation in den zitierten Studien nachgewiesen werden konnten, können beiden Ausgangshypothesen abgelehnt werden.



**Abbildung 6:** Relativer Bedeckungsgrad (nach der Skala von Braun-Blanquet) der Vegetation beim Anbau von Fahnenhafer in Abhängigkeit des Abstandes zum Gehölzstreifen (aus Rieken 2017)

### 3.2 Folgen für den Umwelt- und Ressourcenschutz

Der Anbau von Gehölzstreifen in Verbindung mit einer hinreichenden Ausgliederung dieser vom chemischen Pflanzenschutzregime kann die Biodiversität der Flora und Fauna auf landwirtschaftlichen Nutzflächen erhöhen. Belegt wird dies beispielsweise durch Untersuchungen von Bärwolff et al. (2016), die in einem ACS auf einem 50 ha Ackerschlag in Thüringen trotz des Einsatzes diverser Herbizide, welcher sich jedoch auf die Erntegassen beschränkte, eine Erhöhung des Pflanzenartenspektrums im Zeitraum von 2008 bis 2014 von 82 auf 104 Arten feststellten. Im Jahr 2014 wurden dabei 48 Arten festgestellt, die in den Jahren zuvor nicht nachgewiesen wurden. Die im Bereich der Gehölzstreifen neu angesiedelten Arten entsprachen dem dargebotenen Habitat, welches durch langjährige Bodenruhe und Beschattung charakterisiert ist. Beständen zwischen 2008

und 2009 noch mehr als 50 % der Arten aus Acker- und Ruderalcolonisten, traten in den Jahren 2011 und 2014 zunehmend Arten der Wälder, Gebüsche, Säume und Wiesen in den Vordergrund.

Obgleich der Saumbereich stärker als die eigentlichen Gehölzstreifen durch das Pflanzenschutzmanagement beeinflusst ist (z.B. durch Abdrift) kann dieser zu einer sehr hohen Flächenbiodiversität beitragen, wie sich auch anhand der im Kapitel 3.1 zitierten Studien belegen lässt. Die Biodiversität der Saumbereiche lässt sich z.B. durch die Aussaat diverser Kultur- und seltenen Wildpflanzen zusätzlich und gezielt steigern (vgl. [Loseblatt # 11](#)). Dies schafft ein reichhaltiges Blüten- bzw. Nahrungsangebot für viele Bienen- und Wildtierarten (Kronenbitter & Oppermann 2013). Die im Saumbereich angelegten Blümmischungen können ferner auch die Ansiedlung von Schädlingsantagonisten begünstigen (Balmer et al. 2013) und somit potentiell eine weitere Substitution von chemischen Pflanzenschutzmitteln ermöglichen.

Die geschickte Anlage von Gehölzstreifen als Windschutzbarriere kann ferner eine unbeabsichtigte Verfrachtung von Pflanzenschutzmitteln auf umliegende Flächen und Oberflächengewässer weiter minimieren. So sind aus Untersuchungen mit Windschutzhecken Reduktionswerte der Abdrift von 10 bis 20 % im Winter bei einem Abstand von bis zu 8 m (Wenneker & Van De Zande 2008) bzw. zwischen 78 und 95 % in bis zu 20 m (Schweizer et al. 2014) zur voll belaubten Hecke bekannt. Gehölzstreifen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen sind somit auch in der Lage einen erheblichen Beitrag zur Minderung der Auswaschung diffuser Stoffeinträge in das Grundwasser zu leisten (BFN 2011).

Infolge der Integration von Agrarholzstreifen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen findet eine Teilflächenextensivierung statt, welche mit verminderten Einsatzmengen an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie an Kraftstoff für deren Applikation gegenüber der agrarholzfremen Bewirtschaftung einhergeht (vgl. Kapitel 2). Da es sich bei den genannten Hilfsstoffen überwiegend um energetisch sehr aufwendig zu produzierende Präparate handelt, welche stellenweise hohe Mengen an klimawirksamen Treibhausgasen freisetzen können, trägt die Bewirtschaftung von ACS folglich auch direkt zur Substitution fossiler Energieträger und zur Steigerung der Umweltverträglichkeit in der Landwirtschaft bei. Weiterführende Informationen zu diesem Thema können u.a. im [Loseblatt # 8](#) nachgelesen werden.

## 4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Integration der agroforstlichen Landnutzungsform in die gegenwärtige landwirtschaftliche Praxis bietet ein hohes Potential zur Ressourceneinsparung durch Verminderung der Einsatzmengen an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Neben diesem ökonomischen Aspekt, welcher für den Anbau von Gehölzen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen spricht, existieren zahlreiche empirische Belege, dass sich diese Einsparungen auch positiv auf den Gewässerschutz und den Schutz der biologischen Vielfalt auswirken, ohne die Ertragsentwicklung auf den angrenzenden Erntegassen nennenswert zu gefährden. Trotz der genannten Vorteilswirkungen führt der Anbau von Gehölzen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen nachweislich zu einer Reduktion der Anbaufläche für konventionelle Feldfrüchte. Insbesondere auf sehr fruchtbaren, hoch produktiven Agrarstandorten steht der Anbau von Gehölzen somit in direkter Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion und ist daher aus Gründen der Ernährungssicherheit, aber zum Teil auch aus ökonomischer Sicht überdenkenswert. Andererseits können Agroforstgehölze dazu beitragen, dass gerade diese ertragsstarken Standorte langfristig ihre Produktivität erhalten (z.B. durch verbesserten Schutz vor Bodenerosion), zumal gerade auf diesen Standorten der Gehölzflächenanteil auch geringgehalten werden kann.

Auf ertragsschwächeren Ackerstandorten bzw. sandigen und schwach lehmigen Böden, wie sie beispielsweise im Bundesland Brandenburg vorherrschen, überwiegen die positiven Effekte der Bäume auf das Mikroklima, die Bodenfruchtbarkeit und den Ackerfruchtertrag. Im Vergleich zur

konventionellen Landnutzung konnten bei diversen annuellen Ackerkulturen auf den Erntegassen von Agroforstsystemen sogar signifikante Nettomehrerträge nachgewiesen werden (vgl. Möndel 2009; Böhm 2012a; Tsonkova et al. 2012; Mirck et al. 2016), welche den Flächenverlust teilweise oder vollständig kompensierten. Sind die betrieblichen Verwertungs- bzw. Absatzmöglichkeiten für Agrarholz hinreichend geklärt, so kann die agroforstliche Landnutzung folglich einen entscheidenden Beitrag zur ökologischen und ökonomischen Verbesserung der landwirtschaftlichen Flächennutzung und zur Bereitstellung eines nachwachsenden Rohstoffs für die energetische oder stoffliche Nutzung leisten.

## Literatur

- Balmer O., Pfiffner L., Schied J., Willareth M., Leimgruber A., Luka H., Traugott M. (2013): Noncrop flowering plants restore top-down herbivore control in agricultural fields. *Ecology and evolution* 3, (8), 2634–2646
- Bärwolff M., Jung L., Harzendorf D., Prüfer M., Mürter S., Arbeitsgruppe Artenschutz Thüringen e. V. (2016): Verbundprojekt: Nachhaltige Erzeugung von Energieholz in Agroforstsystemen – Teilvorhaben I: Ertragseffekte und Ökonomie. [http://www.tll.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/feste\\_bio/AB\\_22016611\\_AFEII\\_TP1.pdf](http://www.tll.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/feste_bio/AB_22016611_AFEII_TP1.pdf) (Letzter Zugriff 22.04.2020)
- Bärwolff M., Jung L., Vetter A. (2014): Begleitvegetation eines Energieholz Agroforstsystems Eine Bewertung hinsichtlich Biodiversität und Ertragsbeeinflussung – Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 26: 56–57 (2014), 56–57
- BFN (2011): Leitfaden Agroforstsysteme, Möglichkeiten zur naturschutzgerechten Etablierung von Agroforstsystemen, TU München und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft – Herausgegeben vom Bundesamt für Naturschutz. [https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/landwirtschaft/Dokumente/BfN\\_Agroforst\\_Skript.pdf](https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/landwirtschaft/Dokumente/BfN_Agroforst_Skript.pdf). (Letzter Zugriff am 22.04.2020)
- Böhm C. (2012a): erbundvorhaben: Ökonomische und ökologische Bewertung von Agroforstsystemen in der landwirtschaftlichen Praxis (AgroForstEnergie), Teilvorhaben 2: Rekultivierungsfläche in Brandenburg (Förderkennzeichen: 22009707), Abschlussbericht des Teilvorhabens 2
- Böhm, C. (2012b): Ökonomische und ökologische Bewertung von Agroforstsystemen in der landwirtschaftlichen Praxis. Verbundvorhaben AgroForstEnergie. Abschlussbericht Teilvorhaben 2: Rekultivierungsfläche in Brandenburg. <https://doi.org/10.2314/GBV:725754362>, 1–125
- Dauber J., Baum S., Masur D., Sevke-Masur K., Glemnitz M. (2018): Agrarholzanbau und Biodiversität. In: Veste, M., Böhm, C., Hrsg., Agrarholz - Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft: Biologie - Ökologie - Management, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 391–432
- DWD (2020): Deutscher Wetterdienst. Tageswerte der Station in Cottbus im Zeitraum von 1981 bis 2010. – [https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/observations\\_germany/climate/daily/more\\_precip/historical/tageswerte\\_RR\\_00880\\_18870101\\_20191231\\_hist.zip](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/daily/more_precip/historical/tageswerte_RR_00880_18870101_20191231_hist.zip). (Letzter Zugriff am 22.04.2020)
- Ellenberg H., Weber H., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, Erich Goltze KG, Göttingen. ISBN: 3884525182. 2. Aufl., 258 S.
- ETI (2013): Energieholz aus Kurzumtriebsplantagen. Leitfaden für Produzenten und Nutzer im Land Brandenburg. Eigenverlag, Potsdam – <https://www.lignovis.com/fileadmin/u->

ser\_upload/PDF/Ext/2013\_08\_Energieholz\_aus\_Kurzumtriebsplantagen\_ETI\_Brandenburg.pdf (letzter Zugriff am 22.04.2020). Brandenburgische Energietechnologie Initiative (Hrsg)

- Hoffmann G. (1991): Die Untersuchungen von Böden [Soil analysis]. VD-LUFA-Methodenhandbuch Bd. 1. 4 Aufl. – VDLUFA Verlag, Darmstadt
- ISIP (2020): Ökonomik des Maisanbaus. <https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/9184/9983f5e96397cd89512e6b2d24d6877b/oekonomik-data.pdf> (Letzter Zugriff am 20.04.2020)
- Kanzler M., Böhm C. (2016): Nachhaltige Erzeugung von Energieholz in Agroforstsystemen (AgroForstEnergie II) – Teilvorhaben 2: Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit, Wasserhaushalt und Mikroklima: BMEL Schlussbericht : Laufzeit: 01.04.2012 bis 30.09.2015
- Kronenbitter J., Oppermann R. (2013): Das große Einmaleins der Blühstreifen und Blühflächen. Broschüre. Syngenta Agro-GmbH (Hrsg.). <http://www.ifab-mannheim.de/Broschuere%20Einmaleins%20der%20Bluehflaechen.pdf> (Letzter Zugriff am 20.04.2020)
- KTBL (2019): KTBL Online Feldarbeitsrechner, URL: <https://daten.ktbl.de/feldarbeit/entry.html> (Letzter Zugriff am 30.07.2019)
- Landgraf D., Bärwolff M., Burger F., Pecenka R., Hering T., Schweier J. (2018): Produktivität, Management und Nutzung von Agrarholz. In: Veste, M., Böhm, C., Hrsg., Agrarholz - Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft: Biologie - Ökologie - Management, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 447–510
- Mirck J., Böhm C., Kanzler M., Freese D. (2015): Blattstreumengen in Gehölzstreifen und angrenzenden Ackerbereichen innerhalb eines Agroforstsystems. – In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften Band 27. Poster bei der 58. Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., 219
- 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, S 282–285 – [https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/17574/1/EUR-AFIIIConf\\_Mirck\\_J\\_et\\_all\\_page\\_282-285.pdf](https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/17574/1/EUR-AFIIIConf_Mirck_J_et_all_page_282-285.pdf) Zugegriffen: 12. Mai 2020
- Möndel A. (2009): Ertragsmessungen in Winterroggen – der Ertragseinfluss einer Windschutzanlage in der oberrheinischen Tiefebene. Ergebnisse des Verbundprojektes Agroforst – Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung, LAP Forchheim. – [http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/ertrag\\_winterroggen.pdf](http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/ertrag_winterroggen.pdf). Zugegriffen: 12. Mai 2020
- Morhart C., Sheppard J., Douglas G., Lunny R., Spiecker H., Nahm M. (2015): Wertholzproduktion in Agroforstsystemen – ein Leitfaden für die Praxis
- Piehl M. (2017): Die ökologischen Zusammenhänge zwischen Biodiversität und Schattenwurf in einem Agroforstsystem – Masterarbeit im Studiengang Landnutzung und Wasserbewirtschaftung an der Fakultät 2 im Fachgebiet Bodenschutz und Rekultivierung der BTU Cottbus-Senftenberg
- Rieken J. (2017): Effekte agroforstlicher Nutzung auf den Ertrag verschiedener Hafersorten in Südbrandenburg – Bachelorarbeit im Studiengang Landnutzung und Wasserbewirtschaftung an der Fakultät 2 im Fachgebiet Bodenschutz und Rekultivierung der BTU Cottbus-Senftenberg
- Schweizer S., Naef A., Höhn H. (2014): Driftreduzierende Massnahmen im Praxisversuch. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau 1/14, 12–15

- 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. *Agroforest Syst* 85, (1), 133–152
- von Witzke H., Noleppa S. (2011): Der gesamtgesellschaftliche Nutzen von Pflanzenschutz in Deutschland – Darstellung des Projektansatzes und von Ergebnissen zu Modul 1: Ermittlung von Markteffekten und gesamtwirtschaftlicher Bedeutung. [https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/dao/ihe/Veroeff/psm\\_markteffekte\\_final.pdf](https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/dao/ihe/Veroeff/psm_markteffekte_final.pdf) (Letzter Zugriff am 22.04.2020). Agripol, Berlin
- Wenneker M., Van De Zande J. (2008): Spray drift reducing effects of natural windbreaks in orchard spraying – In: International advances in pesticide application: Robinson College, Cambridge, UK, 9-11 January 2008 (Ed. Alexander, L. S.). Association of Applied Biologists, Wellesbourne, 25–32
- Winterling A., Jacob I., Wiesinger K., Borchert H. (2014): Agroforst - Holzenergie vom Acker. *Bioland* 08/2014, 13–14