

## Produktivität und Qualität von Grünland in einem Agroforstsystem mit Weiden

A. Schmiedgen<sup>1</sup>, M. Komainda<sup>1</sup>, B. Tonn<sup>1,2</sup>, M. Kayser<sup>1,3</sup>, J. Isselstein<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften  
Abteilung Graslandwissenschaft, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,  
andrea.schmiedgen@agr.uni-goettingen.de

<sup>2</sup>Zentrum f. Biodiversität u. Nachhaltige Landnutzung, Büsgenweg 1, 37077 Göttingen

<sup>3</sup>Universität Vechta, Fakultät II, Driverstr. 22, 49377 Vechta

### Einleitung und Problemstellung

Agroforstsysteme (AFS) werden als Landnutzungssysteme angesehen, die zur nachhaltigen Steigerung der Nahrungsmittel-, Holz- und Biomasseproduktion beitragen können (Graves et al., 2010). Gegenüber konventionellen landwirtschaftlichen Systemen weisen AFS oftmals eine bessere räumliche und zeitliche Ausnutzung von Ressourcen, eine erhöhte Kohlenstoff-Sequestrierung sowie eine gesteigerte Biodiversität auf (Jose et al., 2009). Um von diesen positiven Effekten zu profitieren und eine möglichst hohe Produktivität zu erreichen, müssen negative Interaktionen wie Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe minimiert werden. Durch Anbaudesign und Management der AFS sind diese Interaktionen beeinflussbar (Jose et al., 2009). Alley cropping Systeme als eine Form der AFS sind aus Baum- und Grünland/Feldfrucht-Streifen aufgebaut, wobei das Grünland bzw. die Feldfrüchte durch die weiter voneinander entfernt liegenden Baumbestände heterogenen räumlichen und zeitlichen Einflüssen von Licht-, Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit unterliegen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Effekte von Bäumen in AFS auf das Wachstum der Grasnarbe und damit verbundener Akkumulation von anteilig toter Biomasse zu untersuchen. Dabei wird die Hypothese getestet, dass Bäume einen starken Effekt auf die Produktivität des Grünlandes ausüben und eine erhöhte proportionale tote Biomasse durch ansteigende Konkurrenz mit den Bäumen auftritt. Zudem wird vermutet, dass die botanische Zusammensetzung der Grasnarbe sowie die Schnitthäufigkeit das Ausmaß des Baumeffekts auf die Grünlandproduktivität und die Ansammlung anteiliger toter Biomasse beeinflussen.

### Material und Methoden

Die Studie wurde in zwei Alley Cropping Systemen in Niedersachsen über einen Zeitraum von zwei aufeinanderfolgenden Vegetationsperioden (April – Oktober 2016 und 2017) durchgeführt. Der Standort Reiffenhausen (RH) im Landkreis Göttingen wurde 2011 und der Standort Mariensee (MS), nord-westlich von Hannover, 2008 angelegt und beide werden als Kurzumtriebsplantagen genutzt. Das AFS in RH ist 80 m lang und besteht aus jeweils drei Reihen 9 m breiten Grünland- und 7,5 m breiten Weidestreifen (*Salix schwerinii* x *S. viminalis*) x *S. viminalis*). Das 48 m lange AFS in MS ist aus einem 48 m breiten Grünlandstreifen mit beidseitig angrenzenden 11 m breiten Weidestreifen (*S. schwerinii* x *S. viminalis*) aufgebaut. Die Exposition der Baumreihen in RH liegt in nord-west (NW) zu süd-östlicher (SO) Richtung. Am Standort MS wurden die Baumreihen in nord (N) zu südlicher (S) Richtung angelegt. Ein zwei- bzw. dreifaktorielles randomisiertes Split-Plot-Design wurde in RH bzw. MS angewendet (Tab. 1). Die überprüften Faktoren in RH waren Pflanzenbestand, Abstand und Orientierung zur Baumreihe sowie Schnitthäufigkeit. In MS wurde der Faktor Pflanzenbestand nicht überprüft. Beprobungen fanden zu den Ernteterminen des jeweiligen 2- bzw. 3-4-Schnittsystems entlang eines von Baum- zu Baumreihe führenden Grünlandtransektes auf

jeweils drei Transektpunkten statt, davon je zwei in den baumnahen Randbereichen des Grünlandes sowie an baumfernen Punkten in der Mitte zwischen zwei Baumreihen (M). Die baumnahen Punkte in RH waren entsprechend in süd-westlich (SW) bzw. nord-östlich (NO) der Baumreihen gelegener Orientierung gelegt. In MS waren die baumnahen Punkte in westlicher (W) bzw. östlicher (O) Orientierung zu Baumreihen gewählt. Zu den Ernteterminen wurde die stehende Biomasse auf Stoppelhöhe (3 cm) geschnitten, manuell nach lebendem und abgestorbenem Material (tote Biomasse) in der Frischmasse separiert, anschließend getrocknet (60 °C, 24 h) und danach der gesamte Trockenmasseertrag (TM-Ertrag) sowie die proportionale tote Biomasse ermittelt. Die Grünlandbestände wurden nicht gedüngt. Vor Versuchsbeginn wurden die Baumreihen letztmalig Anfang 2015 in RH und Anfang 2016 in MS geerntet.

Tab. 1: Experimentelles Design am Standort Reiffenhausen (RH) und Mariensee (MS) mit drei Faktoren in RH und zwei Faktoren in MS.

	Faktor 1: Pflanzenbestand	Faktor 2: Management Schnitthäufigkeit	Faktor 3: – Baum – Abstand/Orientierung
RH	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klee-Gras (KG)</li> <li>• diverse Mischung (32 Arten)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Schnitte/Jahr</li> <li>• 3 - 4 Schnitte/Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,5 m, 4,5 m, 0,5m</li> </ul>
MS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• grasreiche Grünlandnarbe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Schnitte/Jahr</li> <li>• 4 Schnitte/Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 m, 25 m, 6 m</li> </ul>

Die statistische Analyse wurde in R 3.5.2 (R Core Team 2018) durchgeführt. Gemischte Lineare Modelle (lme) mit Zufallseffekt wurden mit dem Package nlme angewendet, um den Effekt der Baumreihe (Abstand und Ausrichtung), des Pflanzenbestands und der Schnitthäufigkeit auf den TM-Ertrag und die tote Biomasse zu untersuchen. Automatische Modelselektion mit dem sowie Varianzanalysen (ANOVA) und Multiple Kontraste wurden angeschlossen. Normalverteilung wurde durch Log-Transformation bzw. Gewichtung hergestellt. Statistische Annahmen wurden grafisch getestet und das Signifikanzlevel auf  $P < 0,05$  gesetzt.

## Ergebnisse und Diskussion

In RH und MS wies der TM-Ertrag mit  $8,1 \text{ t ha}^{-1}$  bzw.  $9,1 \text{ t ha}^{-1}$  im Jahr 2016 einen 37,6 % bzw. 51,5 % höheren Ertrag als im Jahr 2017 auf. Am Standort RH wurde der TM-Ertrag signifikant von der Interaktion zwischen Baumreihenabstand  $\times$  Jahr ( $P < 0,01$ ) sowie vom Pflanzenbestand ( $P < 0,01$ ) beeinflusst. In beiden Jahren nahm der TM-Ertrag von der baumfernen/mittleren Position zu der baumnahen Position ab (Abb. 1). Die geringsten Erträge im Vergleich zur Mitte ergaben sich in der SW Position. Im Jahr 2017 zeigte die NO Position um 40,3% und die SW Position um 57% signifikant niedrigere TM-Erträge als die baumferne mittlere Position ( $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ ). Gleichzeitig lag der TM-Ertrag in der SW ausgerichteten Position 28% unterhalb der NO ( $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) Position. Dagegen wurde der TM-Ertrag in MS durch variierende Muster bezüglich der Entfernung und Ausrichtung zu den Baumreihen geprägt. In MS zeigte die Baumreihe in Interaktion mit Jahr ( $P < 0,05$ ) und Schnittsystem ( $P < 0,01$ ) signifikante Effekte auf den TM-Ertrag (Abb. 1). Die Ergebnisse entsprechen vorherigen Studien, die eine durch Bäume induzierte Lichtlimitierung und verringerte TM-Bildung von Grünlandbeständen in AFS in der Nähe zur Baumreihe zeigen (Jose et al. 2009; Pezzopane, 2017). Dies ist auf eingeschränkte photosynthetische Aktivität zurückzuführen, welche zusätzlich durch die durch Beschattung hervorgerufene Reduktion der Umgebungs- und Bodentemperatur negativ beeinflusst wird. In MS waren die Beschattungseffekte durch die Ernte der

Bäume nur wenige Wochen vor der Vegetationsperiode 2016 für das Versuchsjahr 2016 weitestgehend eliminiert. Aufgrund der wachsenden Baumkronen der Weiden von 2016 zu 2017 und der dadurch bedingt höheren Lichtlimitierung nahe der Bäume, konnten stärkere Effekte der Position relativ zur Baumreihe auf den TM-Ertrag im Jahr 2017 in MS gefunden werden. Dies entspricht anderen Untersuchungen (Ehret et al., 2016). Auch die Ausrichtung der Bäume hat einen entscheidenden Effekt auf die Lichtlimitierung in AFS. Mit einer Nord-Süd Ausrichtung der Baumreihen, wie sie in MS zu finden ist, kann durch eine homogenere Lichtverteilung die Ertragsreduktion im Grünland eingedämmt werden. Die in RH vorherrschende NW-SO Ausrichtung führt zu höheren Beschattungsintensitäten beidseitig der Bäume, jedoch, bedingt durch den Sonnenstand im Tagesverlauf, höheren Lichtlimitierungen auf der SW ausgerichteten als auf der NO ausgerichteten Seite, was sich im Biomasseertrag widerspiegelt.

In RH zeigte der TM-Ertrag des Klee-Gras-Pflanzenbestands mit  $9,2 \text{ t ha}^{-1}$  im Jahr 2016 und  $5,9 \text{ t ha}^{-1}$  2017 um 23,7 % und 28,8 % signifikant höhere Erträge als der diverse Pflanzenbestand.

In RH gab es keinen signifikanten Einfluss des Schnittsystems auf den TM-Ertrag des Grünlands, wohingegen in MS eine signifikante Interaktion von Schnittsystem  $\times$  Jahr festgestellt wurde. In MS wies das 2-Schnitt System im Jahr 2016 mit  $9,2 \text{ t ha}^{-1}$  einen ähnlichen TM-Ertrag wie das 4-Schnitt System ( $8,9 \text{ t ha}^{-1}$ ) auf, wohingegen es mit  $3,7 \text{ t ha}^{-1}$  in 2017 30 % geringere Erträge zeigte (Abb. 1).

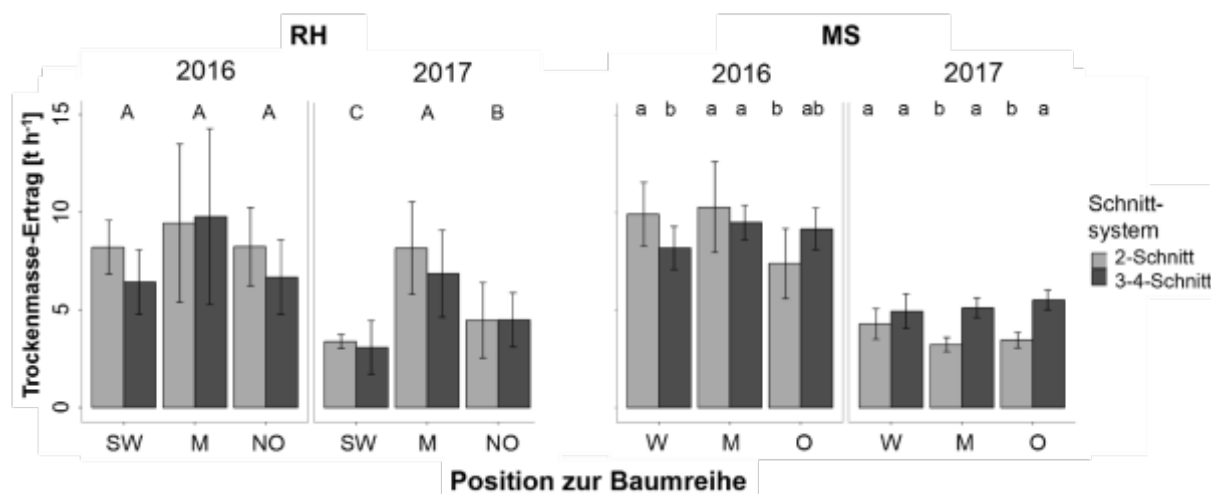


Abb. 1: Trockenmasseertrag [ $\text{t ha}^{-1}$ ] des 2-Schnitt und des 3-4-Schnitt-Systems in den verschiedenen Positionen (Distanzen bzw. Orientierungen) zu den Baumreihen im Jahr 2016 und 2017 in Reiffenhausen (RH) und Mariensee (MS). Verschiedene Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Positionen innerhalb der Interaktion Jahr und Standort. Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Positionen innerhalb der Interaktion von Standort, Jahr und Schnittsystem ( $P < 0.05$ ).

Die proportionale tote Biomasse an der Gesamtbiomasse der Grünlandnarbe in RH wurde signifikant vom Abstand zur Baumreihe ( $P < 0,01$ ) bestimmt, was in MS nicht zu beobachten war. In den Randbereichen in RH wurden im Mittel über beide Jahre 16,7 und 10,8 % höhere Anteile in den SW und NO Positionen im Vergleich zur baumfernen Position (13,4%) gefunden. Dies entspricht Brouwer et al. (2012), der eine durch starke Beschattung hervorgerufene Blattseneszenz zeigte. Auch verringerte Bodentemperaturen im Schattenbereich führen zu verringerten Umsetzungsraten (Castro et al., 2018). Weiterhin wurde die proportionale tote Biomasse an beiden Standorten signifikant durch die Interaktion von Schnittsystem  $\times$  Jahr (RH  $P < 0,05$ ; MS  $P < 0,01$ ) beeinflusst sowie zusätzlich in RH durch die Interaktion von Pflanzenbestand  $\times$  Jahr ( $P < 0,01$ ). Es zeigten sich in beiden Jahren an beiden Standorten hö-

here Anteile an toter Biomasse im 2-Schnitt System gegenüber dem 4-Schnitt System, wobei 2016 signifikant erhöhte Werte im Vergleich zu 2017 auftraten. Im Jahr 2016 war der Anteil toter Biomasse im 2-Schnitt System in RH mit 26,6 % und in MS mit 44,4 % um respektive 37,9 % und 64 % höher als im 4-Schnitt System. Die proportionale tote Biomasse im Klee-gras in RH im Jahr 2016 zeigte mit 23,3 % signifikant höhere Werte (+15,4 %) als die diverse Mischung, was im Jahr 2017 jedoch nicht gefunden wurde. Die verschiedenen Arten der beiden Pflanzenbestände besitzen artspezifisch unterschiedliche Wachstumsraten und Blattlebensdauern, was sich in der Bildung toter Biomasse niederschlägt.

### **Schlussfolgerung**

Der Grünlandertrag sowie die proportionale tote Biomasse werden wesentlich durch Baumeffekte in AFS beeinflusst. Entscheidend scheint der Abstand zu den Bäumen sowie die Höhe der Bäume zu sein. Zwar erzielte das 2-Schnitt System einen höheren TM-Ertrag als das 3-4-Schnitt System, produzierte aber mehr tote Biomasse. Durch zeitlich, entsprechend der Zielgrößen, angepasste Schnitthäufigkeiten, regelmäßiger Ernte der Bäume sowie angepasster Orientierung der Baumreihe kann ein möglichst hoher Ertrag mit relativ geringem Anteil toter Biomasse im Grünland erzielt werden.

### **Danksagung**

Wir danken dem Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe der Universität Kassel/Witzenhausen für die zur Verfügung gestellte Untersuchungsfläche in Reifenhagen sowie dem Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde des Julius-Kühn-Institutes für die Fläche in Mariensee.

### **Literatur**

- Castro, N. O., Moretto, A., Selzer, J. (2018): Effects of alternative silvicultural systems on litter decomposition and nutrients dynamics in sub-Antarctic forests. *Agroforestry Syst.*, 1-15.
- Ehret, M., Graß, R., & Wachendorf, M. (2018): Productivity at the tree-crop interface of a young willow-grassland alley cropping system. *Agroforestry Systems*, 92(1), 71-83.
- Kay, S., Roces-Díaz, J., Crous-Duran, J., Giannitsopoulos, M., Graves, A., Herder, M.D., ... & Szerencsits, E. (2018): Agroforestry can mitigate environmental problems in European agricultural deficit areas., 101-103.
- Jose S., Holzmueller E.J., Garrett H.E., Gillespie A.R. (2009): Tree-crop interactions in temperate agroforestry. In: Garrett H.E. (ed): *North American agroforestry: an integrated science and practice*, 2nd edn. American Society for Agronomy, Madison, 57-73.
- Pezzopane, J.R.M., Bernardi, A.C.C., Bosi, C., Oliveira, P.P.A., Marconato, M.H., de Faria Pedroso, A., & Esteves, S.N. (2017). Forage productivity and nutritive value during pasture renovation in integrated systems. *Agroforestry Systems*, 1-11.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.