

Entwicklung resilienter und nachhaltiger Pflanzenbausysteme

-

Agroforstforschung am Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe Universität Kassel



Rüdiger Graß und Michael Wachendorf

**Entwicklung resilienter und nachhaltiger Pflanzenbausysteme
Agroforstforschung am Fachgebiet Grünlandwissenschaft
und Nachwachsende Rohstoffe
Universität Kassel**

Rüdiger Graß und Michael Wachendorf

1. Auflage

27. November 2023

Impressum:

Universität Kassel

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe

Steinstraße 19

37213 Witzenhausen

www.uni-kassel.de/go/gnr

Kontakt: Dr. Rüdiger Graß, mail: rgrass@uni-kassel.de

Forschungsmotivation und -zielsetzung

Seit 2009 ist das Thema Agroforst Gegenstand der Forschungsaktivitäten am FG Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe (GNR) der Universität Kassel. Diese Anbausystematik passt insofern gut zur Ausrichtung des FG, als dass Biomasseerzeugung sich nicht im Anbau von intensiv geführten Monokulturen (z.B. Silomais für Biogasanlagen) mit den bekannten negativen Umweltauswirkungen erschöpfen darf, sondern vielmehr innovative Anbau- und Verwertungsverfahren entwickelt und untersucht werden sollten, um Pflanzen als Futter, zur Energiegewinnung (z.B. Brennstoff, Biogas) oder für eine stoffliche Verwertung (z.B. Bio- und Aktivkohle) zu nutzen.

Die Entwicklung von leistungsfähigen und ertragsstabilen Anbausystemen bei gleichzeitig systemimmanenter Optimierung der Umweltverträglichkeit (u.a. Biodiversität, Bodenschutz, Nährstoffkonservierung) bildet bis heute einen Schwerpunkt am Fachgebiet. Dabei werden innovative Pflanzenbausysteme auch vor dem Hintergrund des voranschreitenden Klimawandels als Anpassungsoption an die damit verbundenen Probleme (z. B. Trockenheit, Starkregen) untersucht.

Dieses Forschungsinteresse mündete ab 2010 in verschiedene Forschungsprojekte zum Thema Agroforst am FG GNR.

Projekt BEST: Bioenergieregionen stärken (2010-2014)

Im Jahr 2010 begann unter Beteiligung des FG GNR das Forschungsprojekt BEST „Bioenergieregionen stärken“, ein Verbundvorhaben unter Koordination des Forschungszentrums Waldökosysteme der Universität Göttingen, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wurde. Dabei wurde im März 2011 unter Leitung des FG GNR in Kooperation mit der Universität Göttingen ein Agroforstsystem (AFS) mit Weiden als schnell wachsenden Gehölzen im Kurzumtrieb und Grünland zur energetischen Nutzung der Biomasseaufwüchse angelegt. Dies erfolgte als silvopastorales Alley-cropping-System am Standort Reiffenhausen im Landkreis Göttingen.



Abb. 1: Anlage des AFS Reiffenhausen im März 2011 – links: Ansaat Grünland, Mitte: Pflanzung Weiden, rechts: erfolgreiche Etablierung im Sommer 2013.

Dieses AFS zeichnete sich dadurch aus, dass es gezielt zu Forschungszwecken angelegt wurde und drei echte Wiederholungen der Varianten aufwies, was in der AFS-Forschung äußerst selten ist und die wissenschaftliche bzw. statistische Auswertung erhobener Daten erschwert. Unter Koordination des FG GNR führten zahlreiche wissenschaftliche Kooperationspartner Untersuchungen zu verschiedenen Themenkomplexen durch: Klimagasmessungen, Biodiversität, bodenkundliche Untersuchungen, Regenwurmorkommen, u.a.m..

Zu diesem Zeitpunkt gab es unter den klimatischen Bedingungen der gemäßigten Breiten kaum Agroforstforschung, so dass hier ein sehr innovativer Forschungsbereich entwickelt

wurde. Der Fokus lag dabei auf der Entwicklungsdynamik der oberirdischen Biomasse der Weidenbäume und des Grünlands. Dabei wurde u.a. auch mit künstlichen Schattierungsexperimenten die Konkurrenzsituation zwischen den AFS-Pflanzen simuliert, um diese wissenschaftlich unter definierten Bedingungen genauer zu untersuchen.



Abb. 2: Schattierungsexperiment am Standort Reiffenhausen (2012-2013).

Dabei wurde deutlich, dass mit zunehmender Schattierung die Bestandeszusammensetzung verändert und der Weißkleeanteil im Grünland abnimmt. Solche Aspekte sind bedeutende Informationen für die praktische Landwirtschaft, z.B. hinsichtlich der Futterqualität von Grünlandbeständen.

Aus diesem Projekt heraus entstanden am FG GNR drei wissenschaftliche Publikationen:

- Ehret, M., Bühle, L., Graß, R., Lamersdorf, N., Wachendorf, M., 2015. Bioenergy provision by an alley cropping system of grassland and shrub willow hybrids: biomass, fuel characteristics and net energy yields. *Agroforestry Systems* 89, 365–381. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9773-7>
- Ehret, M., Graß, R., Wachendorf, M., 2015. The effect of shade and shade material on white clover/perennial ryegrass mixtures for temperate agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 89, 557–570. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9791-0>
- Ehret, M., Graß, R., Wachendorf, M., 2016. Productivity at the tree-crop interface of a young willow-grassland alley cropping system. *Agroforestry Systems* 92, 71–83. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-0015-z>

Ferner wurden die Ergebnisse auf verschiedenen wissenschaftlichen und praxisorientierten Tagungen präsentiert.

Projekt SIGNAL (Phase1): Nachhaltige Intensivierung von Landwirtschaft durch Agroforst (2015-2018)

Nach Beendigung des BEST-Projektes in 2014 schloss sich ab Mitte 2015 das Forschungsprojekt SIGNAL an: „Sustainable Intensification of Agriculture through Agroforestry“, das als Verbundprojekt von der Fakultät für Forstwissenschaft und Waldökologie der Universität Göttingen koordiniert wurde. Dieses Projekt wurde im Rahmen der BONARES-Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung durch das BMBF gefördert. Das AFS am Standort Reiffenhausen diente dabei als eines von deutschlandweit fünf Agroforstsystemen verschiedenen Projektpartnern zur Erforschung unterschiedlicher Forschungsaspekte: Klimatische Messungen, Grünlandbiomasse, Biodiversität, bodenkundliche Untersuchungen, Regenwurmvorkommen, u.a.m..

Das FG GNR intensivierte die Untersuchung zur Entwicklung der Grünlandbiomassen anhand von detaillierten Transektmessungen, die sowohl die Biomasseerträge als auch die

Bestandeszusammensetzung beinhaltetete. Ferner wurden Potenziale zur energetischen Verwertung der geernteten Biomassen erhoben. Folgende wissenschaftliche Publikationen wurden dabei erstellt:

- Graß, R., Malec, S.S., Wachendorf, M., 2020. Biomass Performance and Competition Effects in an Established Temperate Agroforestry System of Willow and Grassland - Results of the 2nd Rotation. *Agronomy* 10, 1819. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111819>
- Dzene, I., Hensgen, F., Graß, R., Wachendorf, M., 2021. Net energy balance and fuel quality of an alley cropping system combining grassland and willow: results of the 2nd rotation. *Agronomy* 11, 1272. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071272>

Projekt SIGNAL (Phase 2): Nachhaltige Intensivierung von Landwirtschaft durch Agroforst (2018-2021)

Im Jahr 2018 wurde das Projekt SIGNAL in der zweiten Phase fortgesetzt, die bis August 2021 dauerte. Dabei wurde die Entwicklung des Agroforstsystems am Standort Reiffenhausen in der dritten Rotation der Bäume weiterhin untersucht.



Abb. 3: Agroforstsystem Reiffenhausen im Sommer 2020.

Unter Nutzung fernerkundlicher Methoden wurden darüber hinaus in mehreren silvo-arablen AFS die Erfassung der Dynamik der Bestandesentwicklung und der Erträge von Gerste in Agroforstsystemen geprüft. Diese Ergebnisse wurden in folgender Publikation veröffentlicht:

- Wengert, M., Piepho, H.-P., Astor, T., Graß, R., Wijesingha, J., Wachendorf, M., 2021. Assessing spatial variability of barley whole crop biomass yield and leaf area index in silvoarable agroforestry systems using UAV-borne remote sensing. *Remote Sensing* 13, 2751. <https://doi.org/10.3390/rs13142751>

Im Rahmen des Wissenstransfers in die landwirtschaftliche Praxis wurden neben Vorträgen auf Praktiker- und Beratertagungen folgende Beiträge in landwirtschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht:

- Graß, R., 2021: Grünland und Gehölz in Partnerschaft. Land und Forst, 16, S. 36-37.
- Graß, R. und M. Wachendorf, 2021: Agroforstsysteme erprobt – ein Zukunftsmodell? Grünland und Gehölz in Partnerschaft. Bauernblatt, Juni 2021, S. 6-8.

Im Laufe des Projektes SIGNAL 2 wurde deutlich, dass sich aufgrund seiner kleinen Skalierung die Möglichkeiten des AFS am Standort Reiffenhausen für die Grünlandforschung mit zunehmendem Alter deutlich verringerten. Die Faktoren der Konkurrenz zwischen den AFS-Partnern überlagerten sich und beeinflussten die Grünlanddynamik negativ. Hinzu kam, dass durch biotische und abiotische Einflussfaktoren in Form von Mäuseverbiss und großflächigem Trockenheitsschäden bzw. Absterben von Grünlandpflanzen in den Trockenjahren 2018 und 2019 in manchen Wiederholungen nur sehr heterogene Grünlandbestände verblieben.

Daher wurde entschieden, die Forschung am AFS-System in Reiffenhausen aus Grünland und Weiden nach der Projektphase 2 von SIGNAL im Jahr 2021 zu beenden.

Zugleich wurde aus der landwirtschaftlichen Praxis verstärkt die Frage an das FG GNR herangetragen, wie sich ein AFS verhält, wenn nach mehrjähriger Bodenruhe durch z.B. mehrjährige Fedlfutterbau Grünlandnutzung der Boden wieder bearbeitet und eine ackerbauliche Nutzung erfolgt. U.a. war von Interesse, ob dadurch die Wurzelkonkurrenz der Bäume im Oberboden reduziert werden könnte. Zugleich wurde das Interesse an der Wurzelverteilung im AFS deutlich, insbesondere, wie die Weidenwurzeln in die Grünlandstreifen hineingewachsen sind und dort eventuelle Konkurrenzen bewirkten. Es liegt in der Natur dieser Fragestellungen, dass sie methodisch bedingt massiv in das Anbausystem hineinwirken und insofern nur in der Endphase solcher Systeme erfolgen können.

Projekt Nachhaltige Landnutzungssysteme – Agroforst (2021-2025)

Dazu begann im Jahr 2021 ein neues Forschungsprojekt, das zum einen die Umwandlung des AFS in Reiffenhausen in ein silvo-arables Agroforstsystem durch Umbruch der Grünlandstreifen beinhaltete. Zum anderen wurde im Jahr 2022 am universitären Forschungsstandort Hessische Staatsdomäne Frankenhausen in Grebenstein ein neues Agroforstsystem etabliert (s.u.). Dieses Projekt wird seit 2021 vom Land Hessen im Rahmen des Öko-Aktionsplans Hessen vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz bis 2025 gefördert. Das Projekt wird vom FG GNR koordiniert und gemeinsam mit dem FG Ökologischer Land- und Pflanzenbau der Universität Kassel durchgeführt. Kooperierend sind das FG Bodenkunde der Universität Kassel und das Planungs- und Beratungsbüro Triebwerk eingebunden.

Am Standort Reiffenhausen wurden im Herbst 2021 die erwähnten Wurzeluntersuchungen durchgeführt und anschließend die Grünlandstreifen umgebrochen.

Dabei wurden zwei Varianten umgesetzt: Tiefer Umbruch mit Pflugeinsatz und flacher Umbruch mittels Fräse. Im Frühjahr 2022 wurde Sommerweizen und im Herbst 2023 Winterroggen ausgesät. Ferner wurden Vorkommen von Regenwürmern als Indikator für Biodiversität bestimmt. Erste Ergebnisse dazu wurden in 2023 auf wissenschaftlichen Tagungen veröffentlicht (https://www.gpw.uni-kiel.de/de/gpw-tagung/tagungsbaende/tagungsband_2023.pdf):

- Voßkuhl, L., J. Bartsch, M. Müller, W. Burzik, R. Graß, M. Athmann, 2023: Agroforst: Wurzelwachstum und Regenwurmaktivität in einem Alley-Cropping-System aus Weiden im Kurzumtrieb und Grünland. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 33: 64. Jahrestagung Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, S. 41-42.

- Voßkuhl, L., M. Müller, M. Athmann, R. Graß, 2023: Agroforst: Kornertrag und Bestandesentwicklung von Sommerweizen in einem Agroforst-System mit Weiden im Kurzumtrieb. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 33: 64. Jahrestagung Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, S. 371-372.



Abb. 4: Wurzelgrube und Wurzelbeprobung am Standort Reiffenhausen.

Am Standort Frankenhausen wurde Ende November 2022 ein neues silvoarables AFS aus Walnussbäumen, Haselnussbäumen, Johannisbeersträuchern und Ackerland angelegt. Dazu wurden auf 17 ha verteilt auf zwei Ackerschlägen mehrere Varianten von Baum-/Strauchkombinationen und Ackerland angelegt. Dieses Konzept wurde ebenfalls auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 2023 vorgestellt:

- Voßkuhl, L., M. Müller, Burzik, W., R. Graß, M. Athmann: Neuanlage eines Agroforst-experiments - Alley-Cropping mit Walnuss, Haselnuss und Johannisbeere. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 33: 64. Jahrestagung Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, S. 373-374.



Abb. 5: Pflanzung AFS am Standort Frankenhausen, November 2022 (links); AFS am Standort Frankenhausen, Mai 2023 (rechts).

Mit dieser Neuanlage ist die Grundlage für eine langjährige, systematisch wissenschaftliche Erforschung eines multifunktionalen AFS geschaffen worden. Dabei sollen in interdisziplinären Ansätzen zahlreiche Forschungsfragen zur Produktivitätsentwicklung, zu Konkurrenz- und Synergiewirkungen von Baum- und Ackerkulturen, zur Auswirkung auf Bodenparameter, zu

naturschutzfachlichen Auswirkungen u.v.m. bearbeitet werden. Durch entsprechenden Wissenstransfer sollen diese Erkenntnisse direkt in die landwirtschaftliche Beratung und Praxis einfließen und dazu beitragen, Agroforstsysteme als zukunftsweisende Anbausystematik weiterzuentwickeln.

Übersicht der durchgeführten und aktuellen Agroforst-Projekte

1. **BEST - Bioenergieregionen Stärken: Teilprojekt „Energetische Nutzung von Grünlandbiomasse im Rahmen eines Agroforstsystems von schnell wachsenden Baumarten und Grünland“.**
Laufzeit: 2010-2014, Förderkennzeichen: 033L033G, Förderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
2. **SIGNAL 1 - Sustainable Intensification of agriculture through agroforestry: Teilprojekt „Bewirtschaftungseffekte eines Agroforstsystems aus Grünland und Weiden auf die oberirdische Biomasseentwicklung“.**
Laufzeit: 2015-2018, Förderkennzeichen: 031A562B, Förderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
3. **SIGNAL 2 - Sustainable Intensification of agriculture through agroforestry: Teilprojekt „Bewirtschaftungseffekte eines Agroforstsystems aus Grünland und Weiden auf die oberirdische Biomasseentwicklung; Bestimmung der Biomasse mittels fernerkundlicher Methoden“.**
Laufzeit: 2018-2021, Förderkennzeichen: 031B0510B, Förderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
4. **Nachhaltige Landnutzungssysteme – Agroforstsysteme Kassel**
Laufzeit: 2021-2025, Förderkennzeichen: 8950736215118003, Förderer: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMWK).

Publikationsliste Agroforst:

1. Ehret, M., Bühle, L., Graß, R., Lamersdorf, N., Wachendorf, M., 2015. Bioenergy provision by an alley cropping system of grassland and shrub willow hybrids: biomass, fuel characteristics and net energy yields. *Agroforestry Systems* 89, 365–381. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9773-7>
2. Ehret, M., Graß, R., Wachendorf, M., 2015. The effect of shade and shade material on white clover/perennial ryegrass mixtures for temperate agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 89, 557–570. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9791-0>
3. Ehret, M., Graß, R., Wachendorf, M., 2016. Productivity at the tree-crop interface of a young willow-grassland alley cropping system. *Agroforestry Systems* 92, 71–83. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-0015-z>
4. Graß, R., Malec, S.S., Wachendorf, M., 2020. Biomass Performance and Competition Effects in an Established Temperate Agroforestry System of Willow and Grassland - Results of the 2nd Rotation. *Agronomy* 10, 1819. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111819>
5. Dzene, I., Hensgen, F., Graß, R., Wachendorf, M., 2021. Net energy balance and fuel quality of an alley cropping system combining grassland and willow: results of the 2nd rotation. *Agronomy* 11, 1272. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071272>
6. Wengert, M., Piepho, H.-P., Astor, T., Graß, R., Wijesingha, J., Wachendorf, M., 2021. Assessing spatial variability of barley whole crop biomass yield and leaf area index in silvoarable agroforestry systems using UAV-borne remote sensing. *Remote Sensing* 13, 2751. <https://doi.org/10.3390/rs13142751>
7. Graß, R., 2021: Grünland und Gehölz in Partnerschaft. *Land und Forst*, 16, S. 36-37.
8. Graß, R. und M. Wachendorf, 2021: Agroforstsysteme erprobt – ein Zukunftsmodell? Grünland und Gehölz in Partnerschaft. *Bauernblatt*, Juni 2021, S. 6-8.
9. Voßkuhl, L., J. Bartsch, M. Müller, W. Burzik, R. Graß, M. Athmann: Agroforst: Wurzelwachstum und Regenwurmaktivität in einem Alley-Cropping-System aus Weiden im Kurzumtrieb und Grünland. *Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, Band 33: 64. Jahrestagung Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, S. 41-42.
10. Voßkuhl, L., M. Müller, M. Athmann, R. Graß: Agroforst: Kornertrag und Bestandesentwicklung von Sommerweizen in einem Agroforst-System mit Weiden im Kurzumtrieb. *Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, Band 33: 64. Jahrestagung Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, S. 371-372.
11. Voßkuhl, L., M. Müller, M. Athmann, R. Graß: Agroforst: Kornertrag und Bestandesentwicklung von Sommerweizen in einem Agroforst-System mit Weiden im Kurzumtrieb. *Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, Band 33: 64. Jahrestagung Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, S. 371-372.
12. Voßkuhl, L., M. Müller, Burzik, W., R. Graß, M. Athmann: Neuanlage eines Agroforst-experiments - Alley-Cropping mit Walnuss, Haselnuss und Johannisbeere. *Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, Band 33: 64. Jahrestagung Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, S. 373-374.