

Tagungsbeitrag zu:
Jahrestagung der DBG
Kom. IV / K 4.2.6
Titel der Tagung:
Böden – divers & multifunktional

Veranstalter: DBG, September 2023,
Halle
Berichte der DBG (nicht begutachtete online
Publikation)
<http://www.dbges.de>

²⁾Soil Science Institute, Teodora Dragezerat 7, RS 1100 Belgrade, Serbia

³⁾Mitscherlich Academy for Soil Fertility, (MITAK) Prof.-Mitscherlich-Allee 1, 14641 Paulinenaue, Germany

⁴⁾Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz, 02826 Görlitz,

EINLEITUNG/ INTRODUCTION

Am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) wurden seit 2018 im Rahmen des Forschungsprojektes FINAL (Förderung von Insekten in Agrarlandschaften) auf einer Niedermoor-Grünlandfläche der Forschungsstation Paulinenaue Versuche zum Einfluss des Grundwassers und der Nährstoffversorgung durchgeführt. Zunächst wurden umfangreiche GIS- und datengestützten Analysen sowie Begehungen im Gelände durchgeführt, um die Maßnahmenwerkstatt optimal an die Bedingungen im Landschaftslabor Havelländisches Luch anzupassen. Als wesentliche Faktoren wurden dabei die hohe Wasserdynamik (ausgedehnte Niedermoorlandschaft) sowie die starke Verarmung der Grünlandvegetation in Kombination mit hohen Umweltauflagen (Grünland- und Moorbodenumbruchverbot) identifiziert. Als Resultat wurde ein Untersuchungsdesign entwickelt, welches den Vergleich verschiedener Einsaaten (zwei verschiedene Wildsameneinsaaten für unterschiedliche Feuchtestufen, drei verschiedene Leguminosentypen für unterschiedliche Nutzungen und Feuchtebedingungen), verschiedener Etablierungsmaßnahmen (Vergleich von Fräsen oder tiefem Mulchen zur Bodenvorbereitung der beiden Wildsamensmischungen) und verschiedene Nutzungsintensitäten (1-Schnitt und 2-Schnitt Nutzung) einschließt. Insgesamt wurden so 8 Varianten ausgewählt, die auf Grund der streifenförmigen Anlage unterschiedlich genutzt werden können. Als Versuchsfläche wurde eine ZALF-eigene Fläche auf einem Niedermoorstandort ausgewählt, die einen Höhengradienten aufweist und damit die unterschiedlichen Feuchtebedingungen im Landschaftslabor abbildet (siehe Abbildung 1).

Im Rahmen des Projektes wurde an 6 Punkten auf der Fläche wöchentlich der Grundwasserstand gemessen, eine Klimastation nahm Daten zu Niederschlag,

Einfluss von Stickstoffgehalt und Grenzflurabstand auf die Ertragsleistung von Niedermoorgrünland

Frank Eulenstein^{1,3}; Martin Wendt^{1,3}, Elмира Salnikov; ^{2,3} Matthias Thielicke^{1,3}, Julian Ahlborn^{1,3,4}; Philipp Scharschmidt^{1,3}, Axel Behrendt^{1,3}

ZUSAMMENFASSUNG/SUMMARY

Die Biomasseerträge der ersten Ernte im August 2020 zeigten keine starken Unterschiede zwischen den Varianten. Die erste Auswertung der Bodennährstoffe bestätigte die dominante Rolle des Reliefs für die Pflanzen auf dem Versuchsstandort (Abbildung 3). Der Anteil der organischen Substanz korrelierte ebenso wie der mineralische Stickstoff mit dem Relief. Je tiefer der Standort lag, desto höher war der Anteil der organischen Substanz und des Stickstoffs. Übereinstimmend mit Literaturbefunden bestätigte sich, dass die Berechnung nach Baserga deutlich höhere Biogas- und Methanausbeuten im Vergleich zu den Ergebnissen der Batchanalysen auswies. Die beste Übereinstimmung war nach der Berechnungsmethode von Weißbach festzustellen, gefolgt von der Methode nach Keymer und Schilcher

SCHLÜSSELWORTE/ KEYWORDS:

Grundwassertiefe, Grenzflurabstand, Stickstoffaustrag, Grundwasserbelastung, Grünlanddüngung

¹⁾Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) Müncheberg, Eberswalder Straße 84, D-15374 Müncheberg, Email: feulenstein@zalf.de

Temperatur, Strahlung und Bodenfeuchte auf, die Zusammensetzung und Historie der Grasnarbe ist bekannt und die Flächenpflege unterlag dem ZALF. Während der Vegetationsperiode wurde die Fläche monatlich mit einer Drohne überflogen, welche den Ertrag, Bodenfeuchte und Blühaspekte erfasste. Um über eine geeignete Anzahl an Probenpunkten pro Variante und Wasserstand zu verfügen, wurden 12 Wiederholungen pro Variante festgelegt. Durch den integrierenden Ansatz war es möglich, alle Varianten im Hinblick auf ihren Wert für Insekten (z.B. Blütenreichtum oder floristische Diversität) sowie im Hinblick auf ihre landwirtschaftliche Eignung (Ertrag, Biogaspotential) miteinander zu vergleichen (Abbildung 1).

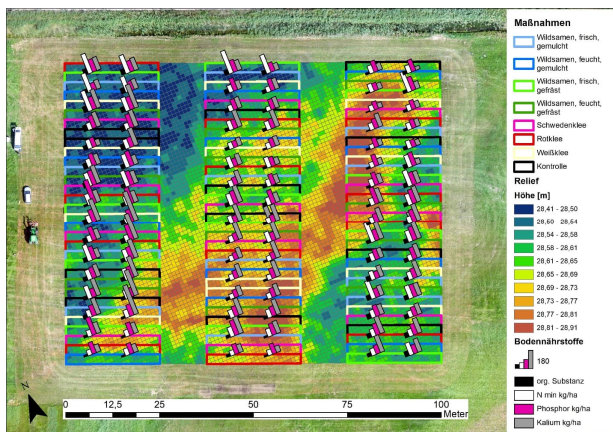


Abbildung 1: Maßnahmenwerkstatt "Blütenreiches Grünland" des ZALFs in Paulinenaue.

ERGEBNISSE/RESULTS

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen in der Maßnahmenwerkstatt Grünland zusammengefasst.

Grundwasserstand und Geländemodell

Wie die Landschaftsanalyse ergeben hat, ist eine entscheidende Einflussgröße im Landschaftslabor Havelländisches Luch der Grundwasserstand. Die Anlage der Maßnahmenwerkstatt Grünland erfolgte daher bewusst auf einer ZALF-eigenen Fläche mit vegetationsdifferenzierender Reliefierung, bei der der Grundwasserstand und -verlauf im Jahr bekannt war. Auf und an der Untersuchungsfläche befinden sich insgesamt 6 Pegel. Die

Auswertung der wöchentlich gemessenen Pegeldaten seit Frühjahr 2019 zeigen eine sehr starke Korrelation mit den Höhen aus dem digitalen Geländemodell (Abbildung 2). Die Höhen können also als Proxy für die Bodenfeuchte im Maßnahmenlabor Grünland verwendet werden.

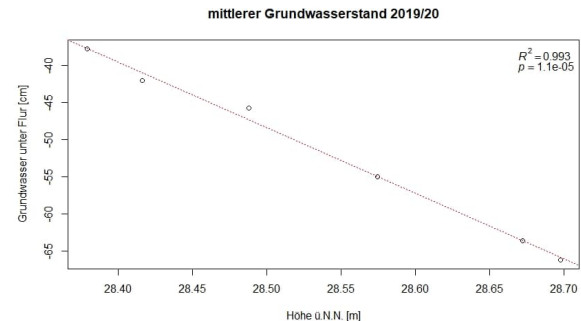


Abbildung 2: Verhältnis des Mittleren Grundwasserstandes und der Geländehöhen in der Maßnahmenwerkstatt Grünland. Die Daten stammen aus wöchentlich abgelesenen fest installierten Pegeln auf der Fläche und in unmittelbarer Nähe.

Quantifizierung der ertrags- und qualitätsbildenden Indikatoren Grünland (Futterertrag und -qualität, Methanausbeute)

Bodennährstoffe

Die erste Auswertung der Bodennährstoffe bestätigte die dominante Rolle des Reliefs für die Pflanzen auf dem Versuchsstandort (Abbildung 3). Der Anteil der organischen Substanz korrelierte ebenso wie der mineralische Stickstoff mit dem Relief. Je tiefer der Standort lag, desto höher war der Anteil der organischen Substanz und des Stickstoffs. Dies hängt vermutlich mit der Moormächtigkeit zusammen. Wo die Fläche höher liegt, hat sich der Moorkörper fast vollständig abgebaut und es mischt sich vermehrt Sand in den Oberboden. Dies entspricht auch den Bedingungen im Landschaftslabor, wo Standorte mit geringerer organischer Substanz für den Ackerbau genutzt werden. Außerdem zeigt sich in den Daten, dass eine Bodenbehandlung zu einem Anstieg der Mineralisierung führt. Wo geerntet wurde, ist der mineralische Stickstoff meist relativ hoch.

Dieser Effekt ist auf Moorgrünland unerwünscht, aber leider nicht zu vermeiden. Die Rolle von Phosphor und Kalium muss noch genauer untersucht werden, hängt aber vermutlich vor allem mit dem Pflanzenbestand zusammen.

Biomasse

Die Biomasseerträge der ersten Ernte im August 2020 zeigten keine starken Unterschiede zwischen den Varianten (Abbildung 3). Die frische Wildsamensmischung nach Fräsen bildete allerdings eine Ausnahme; sie lieferte die höchsten Biomasseerträge, die zudem im Vergleich mit den anderen Varianten auch auf den sonst ertragsschwachen höheren Bereichen vergleichsweise besser waren. Generell lieferten die tiefen und daher feuchteren Bereiche durchweg die besten Erträge. Dies lag sicher einerseits an der besseren Wasserversorgung und andererseits an der größeren Nährstoffverfügbarkeit durch darunterliegende, tiefgründige Moorkörper.

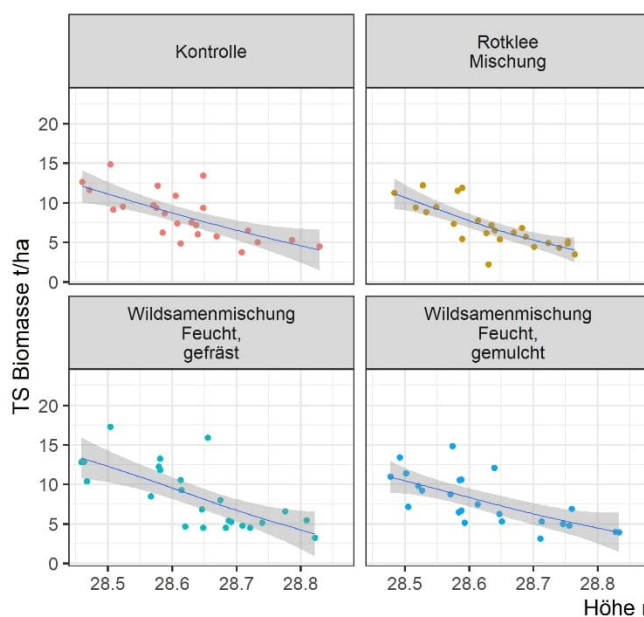


Abbildung 3: Biomasseerträge in t/ha Trockensubstanz des zweiten Schnitts im August 2020 in Abhängigkeit von der Wasserversorgung und der Variante. Die blaue Linie stellt ein gleitendes Mittel dar, der graue Bereich beschreibt das Konfidenzintervall (95%).

Biogas

Im Maßnahmenlabor Grünland des FInAL-Projektes wurden die neuartigen Grün-

landaufwüchse hinsichtlich ihrer Biogas- und Methanausbeute untersucht. Hierzu wurden am 20./21.08.2020 kurz vor der Spätmahd Proben von allen 96 Versuchsparzellen genommen. Die Proben wurden geteilt und wie folgt untersucht: a) nasschemisch nach Weender-Analyse beim Landeskontrollverband Berlin-Brandenburg e.V. und b) mittels des kostengünstigen NIRS-Verfahrens über VDLUFA. Zusätzlich wurden von den in Abb. 1 aufgeführten 8 Prüfvarianten Mischproben entnommen, in der Paulinenauer Forschungsstation gehäckselt und eingefroren, bis sie Anfang Januar vom ATP Potsdam zur Batch-Analyse angesetzt wurden (Test c, Abbildung 4.10). Ziel war es herauszufinden, welches indirekte Kalkulationsverfahren für Biogas- und Methanausbeute auf Basis von Test a) und b) den direkt im Batchversuch ermittelten Gaserträgen (Test c) am nächsten kommt. Diese Vorarbeiten waren erforderlich, weil bei neuartigen und überständigen Pflanzenbeständen, die wegen Blütenbildung und gewünschter Samenausbreitung nicht zu früh geschnitten werden dürfen, keine zuverlässigen Referenzwerte vorliegen.

In Absprache mit dem ATB berechneten wir die Gasausbeuten unter Verwendung von drei verschiedenen Formeln: 1. nach Weißbach, 2. nach Baserga, und 3. nach Keymer & Schilcher (Fachinformation - bif16 - Ausgabe 2020 Gasausbeute). Übereinstimmend mit Literaturbefunden bestätigte sich, dass die Berechnung nach Baserga deutlich höhere Biogas- und Methanausbeuten im Vergleich zu den Ergebnissen der Batchanalysen auswies. Die beste Übereinstimmung war nach der Berechnungsmethode von Weißbach festzustellen, gefolgt von der Methode nach Keymer und Schilcher. Die höhere Treffsicherheit von 2. gegenüber 3. kommt dadurch zustande, dass zusätzlich noch ein Verdauungsquotient, der auf Verdauungsversuchen mit verschiedenen Substraten bei Rindern beruht, Eingang in die Formel findet (Fachinformation - bif16 - Ausgabe 2020 Gasausbeute). In Absprache mit dem LKV kam der Verdauungsquotient für kräuter-, kleereiche Bestände mit später erster Nutzung zum Ansatz.

Bei der Kalkulationsmethode nach Weißbach wird zusätzlich die fermentierbare organische Trockensubstanz (FoTS) als Parameter verwendet. Wir verwendeten

die Formel für "Gras- alle Intensitätsstufen und Aufwüchse" nach F. Weißbach: Zur Bewertung des Gasbildungspotenzials von nachwachsenden Rohstoffen, Landtechnik 6/ 2008). Aus den folgenden Abbildungen geht hervor, dass diese Methode den anderen beiden in der Treffsicherheit überlegen war. Außerdem zeigte sich, dass die berechneten Biogas- und Methanwerte auf Basis von Parametern nach der Weender Analyse gegenüber denen aus der NIRS-Untersuchung deutlich besser mit den Referenzwerten der Batchanalyse übereinstimmten. Dies ist nicht verwunderlich, da die Güte der mit Infrarotspektroskopie ermittelten Werte entscheidend von dem verfügbaren Kalibrierungssubstrat abhängt und es daher bei neuartigen Pflanzenbeständen zu Verzerrungen der ermittelten Parameter kommen kann.

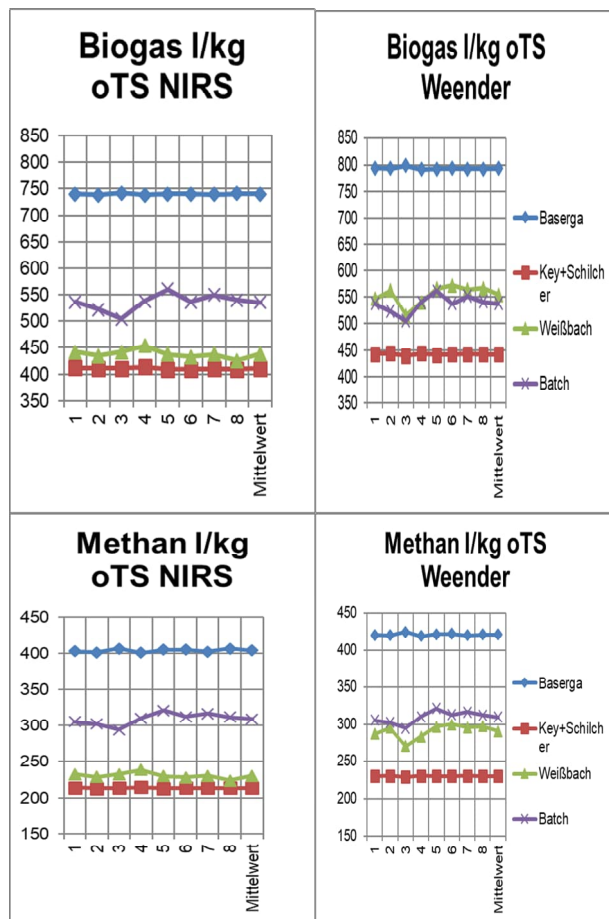


Abbildung 3: Quantifizierung der Biogas- und Methanausbeuten von 8 Pflanzengemischen mit Hilfe verschiedener Analyse- und Berechnungsverfahren. Zahlen auf der x-Achse entsprechen in der Reihenfolge von links nach rechts den Varianten im Kopf der Abb. 1.

Fazit: Die Berechnungsmethode nach Weißbach unter Verwendung nassche-

misch ermittelter Parameter (Weender Analyse) gestattete eine gute Abschätzung der Biogas- und Methanausbeute. Eine eigenständige Formel zur Berechnung des Biogaspotentials blütenreichen Grünlands auf Basis gängiger chemischer Parameter wurde in Wendt & Nandke et al. 2025 veröffentlicht.

Ausblick: Die nächste Analyse wird mit zeitiger geschnittenem Mähgut durchgeführt (Schnittzeitpunkte Mai-Juni 2021). Da Inhaltsstoffe und Fasergehalte sich mit dem Schnitttermin ändern, besteht die Notwendigkeit einer Überprüfung der Ergebnisse unter den veränderten Ausgangsbedingungen.

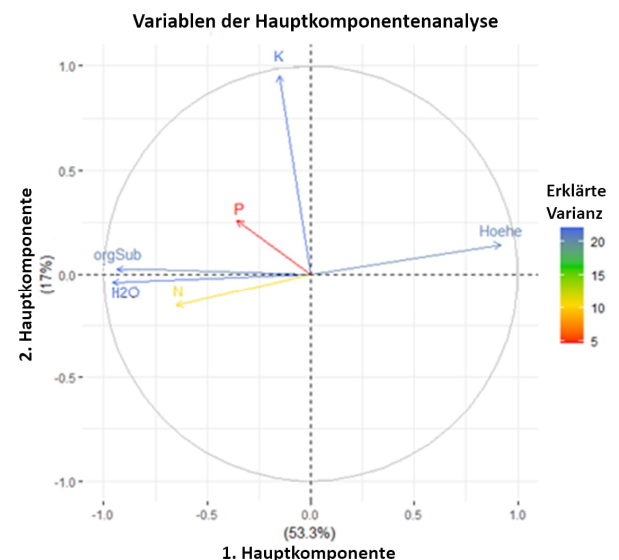


Abbildung 4: Korrelationsdiagramm der ersten und zweiten Hauptkomponenten. Die Farbe der Regressoren entspricht dem prozentualen Anteil erklärter Varianz

LITERATUR

- Behrendt, A.; Mundel, G.; Hölzel, D. (1994) Kohlenstoff und Stickstoffumsatz in Niedermoorböden und ihre Ermittlung über Lysimeterversuche. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung, 1994, 35, S. 200 - 208
- Benke M, Schnack G. (1995) Einfluß der Nutzungsart, Nutzungshäufigkeit, Bestandeszusammensetzung und Stickstoffdüngung auf den mineralischen Bodengehalt unter Grünland. Das Wirtschaftseigene Futter. 41(2):208–218
- Benke M (1992) Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzenmethode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der

- Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung, Kiel.
- Berntsen J, Grant R, Olesen JE, Kristensen IS, Vinther FP, Mølegaard JP, Petersen BM (2006) Nitrogen Cycling in organic farming systems with rotational grass-clover and arable crops. *Soil Use and Management* 22, 197-208
- Berthold, G. (2022) Zusammenhang zwischen Nmin-Werten und Nitrat Hot-Spots in Hessen- Konsequenzen für die Ziele der landwirtschaftlichen Beratung, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie 45. Sitzung des DWA FA GB 6 Bodennutzung und Stoffeinträge in Gewässer 27. Oktober 2022 Großenkneten
- Bioland (2022): Bioland-Richtlinien 2022. https://www.bioland.de/fileadmin/user_upload/Verband/Dokumente/Richtlinien_fuer_Erzeuger_und_Hersteller/Bioland-Richtlinien_2022_WEB_ES_01.pdf, Zugriff: 16.11.2022
- BLE (2020): Düngeverordnung (DüV 2020), Herausgeberin Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn, Internet: www.ble.de, Zugriff: 16.11.2022
- Chen S, Lin S, Loges R, Reinsch T, Hasler M, Taube F (2016) Independence of seasonal patterns of root functional traits and rooting strategy of a grass-clover sward from sward age and slurry application. *Grass and Forage Science*. 10.1111/gfs.12222
- Cong W, Dupont YL, Sørensen K, Eriksen J (2020) Optimizing yield and flower resources for pollinators in intensively managed multispecies grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 302, 107062.
- Berthold, G. (2022) Zusammenhang zwischen Nmin-Werten und Nitrat Hot-Spots in Hessen- Konsequenzen für die Ziele der landwirtschaftlichen Beratung, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie 45. Sitzung des DWA FA GB 6 Bodennutzung und Stoffeinträge in Gewässer 27. Oktober 2022 Großenkneten
- Bioland (2022): Bioland-Richtlinien 2022. https://www.bioland.de/fileadmin/user_upload/Verband/Dokumente/Richtlinien_fuer_Erzeuger_und_Hersteller/Bioland-Richtlinien_2022_WEB_ES_01.pdf, Zugriff: 16.11.2022
- BLE (2020): Düngeverordnung (DüV 2020), Herausgeberin Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn, Internet: www.ble.de, Zugriff: 16.11.2022
- Chen S, Lin S, Loges R, Reinsch T, Hasler M, Taube F (2016) Independence of seasonal patterns of root functional traits and rooting strategy of a grass-clover sward from sward age and slurry application. *Grass and Forage Science*. 10.1111/gfs.12222
- DLG (2018) Düngung von Wiesen, Weiden und Mähfutter. DLG Merkblatt 433. https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_433.pdf
- Dreymann, S. Loges, R., Taube, F. (2003) Einfluss der Klee gras-Nutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte. In: Kauter, D.; Kämpf, A.; Claupein, W. und Diepenbrock, W. (Hrsg.) *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, Verlag Günter Heimbach Stuttgart, 15, S. 83-86
- Destatis (2021) https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fische-rei/Publikationen/Bodennutzung/anbau-ackerland-vorbericht-2030312218004.pdf?__blob=publicationFile, Zugriff: 16.11.2022
- EU (2018): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0848&from=DE> Zugriff: 16.11.2022
- Kleen, J., Taube, F. and M. Gierus (2011): Agronomic performance and nutritive value of forage legumes in binary mixtures with perennial ryegrass under different defoliation systems. *Journal of Agricultural Science* 149, 73-84.
- Loges, R., (1998) Ertrag, Futterqualität, N₂-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotklee grasbeständen. Diss. Univ. Kiel. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung.
- Loges R., Kelm M., and Taube F. (2006) Nitrogen balances, nitrate leaching and energy efficiency of conventional and organic farming systems on fertile soils in Northern Germany. *Advances in GeoEcology* 38, 407-414.
- Loges, R Westphal, D, Taube, F (2009) Futterqualität, Vorfruchtleistung und Nitratauswaschung von über Winter beweideten Klee grasbeständen. Vortrag at: 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, 11.-13. Februar 2009.
- Loges, R., Loza, C., Voss, P., Kluß, C., Malisch, C., Taube, F. (2020) The potential of multispecies swards for eco-efficient dairy production in Northern Germany. *Grassland Science in Europe* 25, 312.
- Marschner, H (2012): *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition)* 2012, Academic Press, Pages 389-408
- Neuens F, Reheul D (2003) Permanent grassland and 3-year leys alternating with 3 years of arable land: 31 years of comparison. *European Journal of Agronomy* 19, 77-90.
- Nitratrichtlinie (1991) Europäische Union Richtlinien | RL 91/676/EWG, Richtlinie 91/676/EWG zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen
- Nyfelner D, Huguenin-Elie O, Suter M, Frossard E, Lüscher A (2011) Grass-legume mixtures

can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140, 155-163.

- Petersen, U., Wrage, N., Köhler, L., Leuschner, C., Isselstein, J., 2012. Manipulating the species composition of permanent grasslands ? A new approach to biodiversity experiments. *Basic and Applied Ecology* 13, 1-9.
- Schmeer, M. S. (2012). Der Einfluss von Bodenverdichtung sowie Grünlanderneuerung auf Stickstoffemissionen und Ertragsleistungen von Futterbausystemen. Dissertation Universität Kiel
- Schmeer M, Loges R, Dittert K, Senbayram M, Horn R, Taube F (2014). Legume-based forage production systems reduce nitrous oxide emissions. *Soil Tillage Res.* 10.1016/j.still.2014.05.001
- Tallowin JRB, Smith REN, Goodyear J, Vickery JA (2005) Spatial and structural conformity of lowland agricultural grassland in England: a context for low biodiversity. *Grass Forage Science* 60, 225-236.
- Trott, H., M. Wachendorf, B. Ingwersen, and F. Taube. (2004) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. *Grass and Forage Science* 59:41-55.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2004.00405.x>.
- Wendt, M., Nandke, S., Scharschmidt, P., Thielicke, M., Ahlborn, J., Heiermann, M., Eulenstein, F. (2025) Prediction of the methane yield from extensively managed, flower-rich fen grassland based on NIRS data. *Global Change Biology Bioenergy* 17, 7, e70046.
<https://doi.org/10.1111/gcbb.70046>