

Lysimeteruntersuchungen zum Einfluss des Zwischenfruchtanbaus mit Leguminosen auf den Nitrataustrag

Gundula Klämt^{1*}, Joachim Bischoff², Juliane Seeger³, Ralph Meißner³ und Peter Leinweber⁴

Zusammenfassung

Anhand erster Ergebnisse eines Lysimeterversuchs mit zwei Maisfruchtfolgen bei nichtwendender und wendender Bodenbearbeitung nach abgefrorenen und vor dem Winter umgebrochenen Lupine-Zwischenfruchtvarianten wurden NO_3^- -Austräge unter sandigem Lehm bei in der Altmark vorherrschenden Klimabedingungen ausgewertet. Als Vergleichsvarianten dienten eine neu angelegte Schwarzbrache, angesätes mehrjähriges Luzernegras und eine Fruchtfolge Winterroggen vor Winterraps. Unter den Maisvarianten betrug die NO_3^- -Auswaschungen in der ersten Hälfte des zweiten Lysimeterjahres insgesamt weniger als 35 kg ha^{-1} . Damit waren die Lupine-Mais-Fruchtfolgen im Sinne der EU-WRRL langfristig erheblich grundwasserschonender als die Schwarzbrache und auch als die Winterroggen-Winterraps-Fruchtfolge.

Schlagwörter: Fruchtfolge, Direktsaat, konservierende Bodenbearbeitung, Lupinen, Mais

Summary

Based on initial results of a lysimeter test with two silage corn crop rotations in communicating no till and tillage with plow after frozen and before winter wrapped lupine-cover-crop-varieties NO_3^- -leaching were evaluated under sandy loam in the Altmark prevailing climatic conditions. A newly created fallow, a perennial lucerne grass seeded and a crop rotation of winter rye before winter oilseed rape served as comparisons. In the maize varieties the NO_3^- -leaching were total of less than 35 kg ha^{-1} in the first half of the second lysimeteryear. So long-term the lupine-corn-rotations were formidable more groundwaterfriendly in the sense of the European Water Framework Directive as the fallow and as the crop rotation winter rye before winter oilseed rape.

Einleitung

Sachsen-Anhalt liegt zu 97 Prozent im Flussgebiet der Elbe und hat einen Anteil an 77 Grundwasserkörpern, wovon sich circa die Hälfte in noch keinem guten chemischen Zustand gemäß Europäischer Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) befindet (REFERAT WASSER, LVWA ST 2008). Speziell in den mit dem Grundwasser verbundenen Fließgewässern liegen die diffusen Nährstoffbelastungen aus der Landwirtschaft, insbesondere mit Nitrat (NO_3^-) noch über den Anforderungen der WRRL, so auch in der Altmark (LHW ST 2005 i. V. m. REFERAT WASSER, LVWA ST 2008), in der Tieflandsböden mit Pseudogley-Braunerde aus lehmigem Geschiebedecksand über Geschiebelehm häufig vorkommen (LAGB ST 2006). Diese Böden werden zum großen Teil pflanzenbaulich genutzt. Mais ist in der von Milchviehhaltung und Biogasanlagen geprägten Agrarregion eine bedeutende Hauptanbaukultur neben Wintergetreide und -raps (MLU ST 2008). Die Zahl der Landwirte, die konservierende Bodenbearbeitungsverfahren wie die Direktsaat zum Schutz vor Bodenerosion und zur Verbesserung der Infiltration sowie Wasserspeicherfähigkeit des Bodens durch

organische Bodensubstanz nutzen, erfährt stetigen Zuwachs. Zwischenfrüchte können enge Maisfruchtfolgen auflockern, dienen zur Gründüngung, dem Erosionsschutz, der biologischen Unkrautregulierung und können als Futter oder zur Biogasgewinnung verwendet werden. Tiefwurzelnde Arten werden zudem zur Sanierung von Bodenschadverdichtungen und Unterbodenlockerung eingesetzt. Darüber, wie sich der Zwischenfruchtanbau mit proteinreichen Körnerleguminosen (*Lupinus angustifolius*) vor *Zea mays* bei unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensität auf die NO_3^- -Auswaschung mit dem Sickerwasser auswirkt, liegen unter den aktuellen klimatischen Bedingungen in der Altmark bislang noch keine Auswertungen vor.

Material und Methoden

Zehn mit sandigem Lehm gefüllte nicht wägbare Lysimeter der Helmholtz-Station in Falkenberg (Altmark) wurden für einen Versuch zur Nährstoffeffizienz in Maisfruchtfolgen verwendet. Der Versuch erfolgte in Kooperation zwischen dem UFZ, der LLFG ST und der Universität Rostock. Im Rahmen einer Masterarbeit wurden die bis dato vorliegenden

¹ Bearbeiterin der Auswertungen als Masterarbeit an der Universität Rostock in Kooperation mit dem Helmholtz-UFZ und der LLFG ST

² Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt - LLFG ST, Dezernent für Fruchtfolge und Bodenkultur, Strenzfelder Allee 22, D-06406 BERNBURG

³ Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, Department Soil Physics, Lysimeter Station Falkenberg, Dorfstraße 55, D-39615 FALKENBERG

⁴ Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Justus-von-Liebig-Weg 6, D-18051 ROSTOCK

* Ansprechpartner: DI Gundula Klämt, gundula.klaemt@uni-rostock.de

Tabelle 1: Versuchsbauplan „Nährstoffeffizienz in Maisfruchtfolgen mit und ohne Zwischenfruchtanbau im Vergleich zu mehrjährigem Luzernegrasanbau“ 2009/10/11

Lysimeter-Nr.	2009 vor Versuchsbeginn	Variante (Nr.)	2009/10	Anbau 2010	2010/11
20, 107	Wintergerste	1		Schwarzbrache	
23, 27	Sommergerste	2	Lupine*, Umbruch vor dem Winter	Silomais nach Pflugfurche	Winterroggen
24, 28	Sommergerste	3	Lupine*, abfrierend	Direktsaat Silomais	Winterroggen
18, 98	Winterweizen	4		mehrfähriges Luzernegras	
99, 103	Sommergerste	5		Winterroggen	Winterraps

* Zwischenfruchtanbau mit Leguminosen

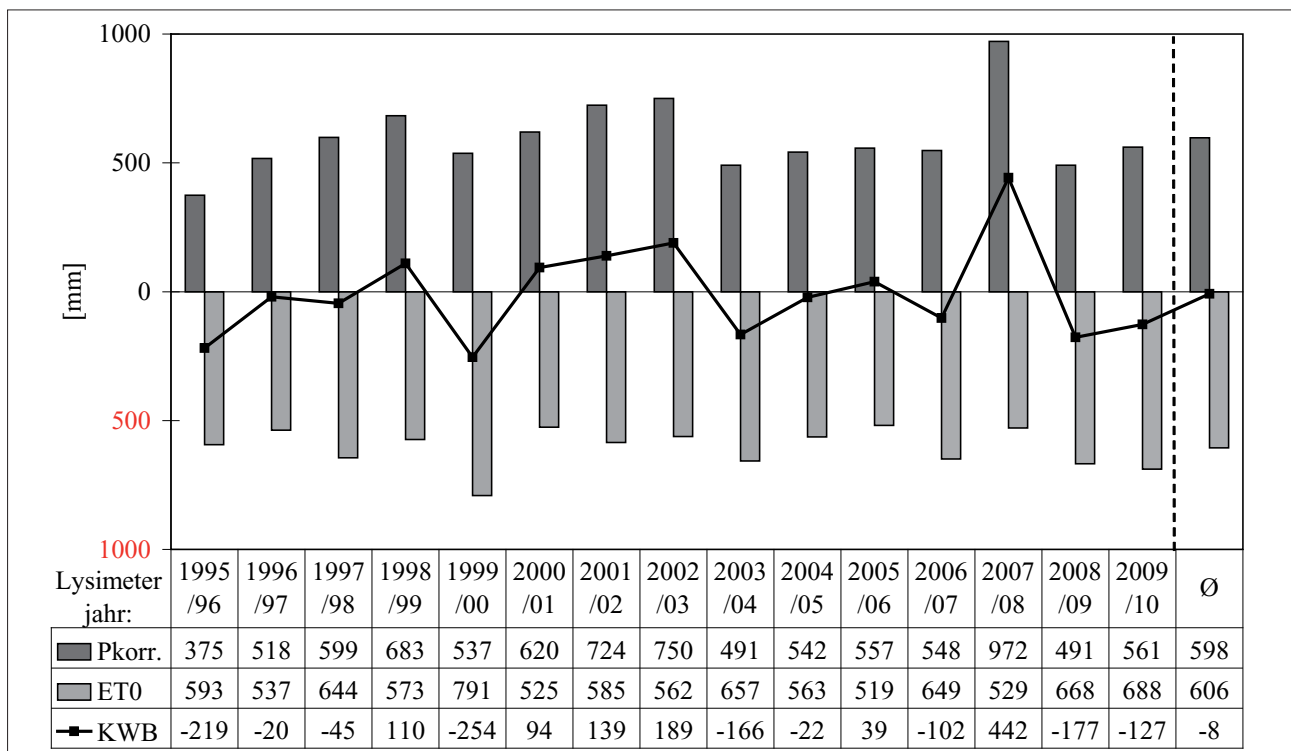


Abbildung 1: Klimatische Wasserbilanz aus der Differenz von korrigierten Jahresniederschlägen und Jahresgrasreferenzverdunstungen 1995/96 bis 2009/10

Lysimeterdaten der ersten neunzehn Monate ausgewertet. Unter diesen Lysimeterdaten befanden sich die monatlichen Sickerwassermengen, deren NO_3^- -Gehalte und die ersten Erträge der Ernte 2010. Der Fokus lag auf den N-Verlusten unter Leguminosen im Vergleich zu Fruchtfolgen ohne Leguminosen und der Schwarzbrache. Die Sickerwässer wurden außer auf NO_3^- auch auf NH_4^+ und NO_2^- untersucht, enthielten aber keine wesentlichen Mengen dieser N-Verbindungen, so dass der gesamte N-Gehalt (N_t) dem NO_3^- -N-Gehalt entsprach. Der 2009 begonnene Versuch wurde bisher wie in *Tabelle 1* ersichtlich angelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Wie sich anhand Klimadaten der Lysimeterstation in Falkenberg belegen ließ, hat sich der Klimawandel in den letzten siebzehn Jahren auch in der Altmark bemerkbar gemacht. Gegenüber lokalen Werten der Referenzperiode 1961 bis

1990 des DWD für den sechs Kilometer entfernt gelegenen Ort Seehausen hat sich die Jahresmitteltemperatur von 8,5 auf 9,2 °C erwärmt und die Jahresniederschlagsmenge ist um durchschnittlich sechzehn Prozent von 542 auf 631 mm angestiegen. Die Niederschlagsverteilung wurde zunehmend unregelmäßiger sowohl in den Winter- und Sommerhalbjahren als auch zwischen den einzelnen Jahren. Trotz den Wechsels zwischen Trocken-, Nass- und Normalperioden ist die klimatische Wasserbilanz in der nordöstlichen Altmark im fünfzehnjährigen Mittel 1995/96 bis 2009/10 bei einem geringfügigen Wasserdefizit von -8 mm relativ ausgeglichen (*Abbildung 1*).

Die Sommerniederschläge von Mai bis September 2010 des Lysimeterjahres 2010/11 waren bereits ohne den Monat April 2011 mit 447 mm mehr als doppelt so hoch wie im Vorjahr. In der Zeitspanne Mai bis November 2010 kam es mit 262 kg ha⁻¹ zu massiven NO_3^- -N-Auswaschungen

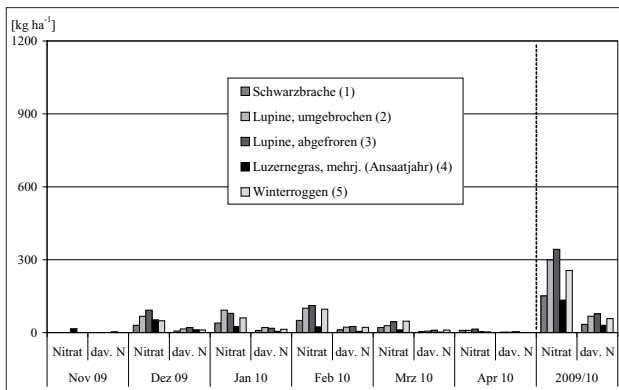


Abbildung 2: Ausgewaschene Nitrat-Frachten und Anteile Reinstickstoff (NO_3^- -N) im ersten Lysimeterversuchsjahr 2009/2010 (Anmerkung: von Mai bis Okt. 09 kein Sickerwasseranfall)

unter der Schwarzbrache, deren Vorfrüchte Kartoffel und Wintergerste gewesen waren. Nicht nur die Sickerwassermenge hatte sich in den sieben Monaten des Lysimeterjahres 2010/11 gegenüber 2009/10 mit 225 mm bereits fast verdoppelt, auch die mittlere NO_3^- -Konzentration hatte sich auf 515 mg l^{-1} mehr als vervierfacht und betrug so über die 19 Monate 377 mg l^{-1} . Organische Bodensubstanz (OBS) wurde abgebaut und mineralisiert, aber konnte aufgrund eines fehlenden Pflanzenbestandes nicht entzogen werden. Sich verringernde OBS-Gehalte mindern gleichzeitig die Wasserspeicherkapazität eines Bodens (LEINWEBER et al. 2007). Der Vergleich von mehrjährigem Luzernegras im Ansaatjahr sowie bei geschlossener Grasnarbe mit der Schwarzbrache bestätigte, je rascher, dichter und dauerhafter der Bodenbedeckungsgrad durch Pflanzenbestände und Ernterückstände ist, umso geringer sind die N-Austräge infolge kleinerer Sickerwassermengen und höherer N_{min} -Pflanzenentzüge (Abbildungen 2 und 3).

Ganz anders reagierten die zwei Fruchtfolgen mit den beiden Varianten des Maisanbaus in Direktsaat nach abgefrorener Lupine-Zwischenfrucht sowie in Pflugfurche nach der im Dezember 2009 umgebrochenen Lupine-Zwischenfrucht und jeweils folgendem Winterroggen. Bei einer deutlich geringeren mittleren NO_3^- -Konzentration unter Direktsaatmais / Winterroggen (112 mg l^{-1}) als unter Pflugmais / Winterroggen (159 mg l^{-1}) bewirkte eine um 22 mm höhere Sickerwassermenge unter der erstgenannten Maisfruchtfolge den nur relativ kleinen Abstand von 5 kg ha^{-1} zwischen den N-Frachten unter den beiden Varianten. Ursache für die kleinere Sickerwassermenge unter dem Pflugmais nach umgebrochenen Lupinen kann der höhere OBS-Gehalt des Bodens aufgrund besserer Vermischung mit den Pflanzenresten als nach Direktsaatmais mit an der Bodenoberfläche abgefrorenen Lupinen sein. Ein optimaler OBS-Gehalt verbessert die Aggregation und Porosität des Bodens, der dadurch mehr Haftwasser gegen die Schwerkraft halten kann (LEINWEBER et al. 2007). Ein Vorteil des Abfrierens der Lupine-Zwischenfrucht zur Mais-Direktsaat im Frühjahr trotz insgesamt 6 kg ha^{-1} höherer N-Auswaschung dieser Fruchtfolge von Mai 2009 bis November 2010 ($\Sigma 19$ Monate) war der danach um $+19 \text{ dt ha}^{-1}$ bessere TS-Ertrag des Direktsaat-Silomaises im Vergleich zur Variante Lupine / Pflugmais. Die abgefrorenen Lupinen

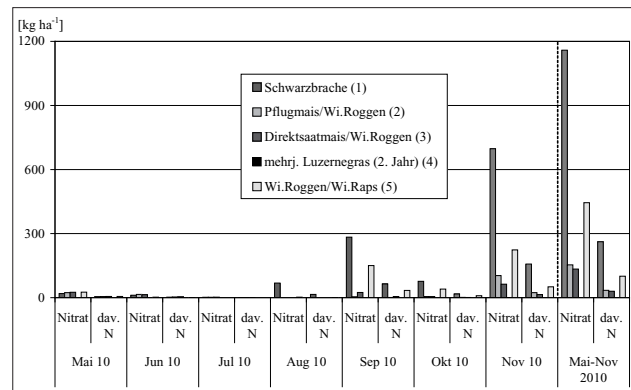


Abbildung 3: Ausgewaschene Nitrat-Frachten und Anteile Reinstickstoff (NO_3^- -N) von Mai bis November des zweiten Lysimeterversuchsjahres 2010/11

lieferten dem Direktsaatmais durch Mineralisierung von abgestorbenen Pflanzenresten im Frühjahr/Sommer 2010 offensichtlich mehr N zu Bedarfszeitpunkten als die vor dem Winter 2009/10 umgebrochenen Lupinen dem Mais nach Pflugfurche. Die N-Entzüge lagen bei diesen Auswertungen jedoch noch nicht vor. Langjährige Vergleiche der Bodenbearbeitungsvarianten Pflug-, Mulch- und Direktsaat, die BISCHOFF (LLFG ST, 2008) i. V. m. BISCHOFF und HOFMAN (2009) anstellten, ergaben langfristig hohe und vor allem stabile Erträge nach konservierender Bodenbearbeitung durch permanente Bodenbedeckung und verminderte unproduktive Verdunstung der Evaporation sowie der Wildkräuter und -gräser. Gleichzeitig können Schadverdichtungen und Gefügeschäden in sandigen Böden abnehmen, wenn die wenigeren Überfahrten mit schweren Maschinen und Geräten mit höheren Anteilen krumentiefer biologischer Bodenlockerung in den Fruchtfolgen, z. B. über Zwischenfruchtanbau mit Lupinen oder Kruziferen (z. B. Ölrettich) mit tief in den Boden eindringenden Pfahlwurzeln kombiniert werden. Nach mechanischer Krumenbasislockerung bestehender Verdichtungen stabilisieren die Zwischenfrüchte die Bodenstruktur.

Forschungsbedarf besteht weiterhin darin, wie sich der Klimawandel mit seinen Wetterextremen lokal, regional und global auf die Menge der diffusen unterirdischen Nährstoffverluste aus landwirtschaftlichen Nutzflächen auswirkt. Über den Pfad Boden-Grundwasser-Oberflächenwasser-Landschaft kann N in Wechselwirkung mit Phosphor (P) zu mehr oder minder starker Eutrophierung mit Algenmassenblühen, Verlandungsprozessen und Artenverarmung führen.

Literatur

- BISCHOFF, J., 2008: Bodenbearbeitung und N-Düngung bzw. Stickstoffdynamik in der Fruchtfolge. Bernburg: LLFG ST (Hrsg.), Versuchsbericht. - URL: <http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=28053> (Stand: 21.11.2010).
- BISCHOFF, J. und B. HOFMAN, 2009: Sandboden reagiert anders als Löß. Bodenbearbeitung auf Löß- und Sandstandorten. In: LANDWIRTSCHAFT OHNE PFLUG. Berlin: Verlag Emminger & Partner GmbH, Nr. 02/2009, S. 27 ff.
- LANDESAMT FÜR GEOLOGIE UND BERGWESSEN SACHSEN-ANHALT (Hrsg., 2006): Bodenbericht 2006 Böden und Bodeninformationen in Sachsen-Anhalt. Halle, 34.

- LANDESBETRIEB FÜR HOCHWASSERSCHUTZ UND WASSERWIRTSCHAFT SACHSEN-ANHALT, 2005: Digitale Karte: Chemische Güteklassifikation der Fließgewässer in Sachsen-Anhalt, Kenngröße: NO_3^- . URL: <http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=36369> (Stand 30.10.2009).
- LEINWEBER, P., P. MENNING und P. KAHLE, 2007: Allgemeine Bodenkunde. Universität Rostock, Zentrum für Qualitätssicherung in Studium und Weiterbildung (Hrsg.): Lehrbrief, Fernstudium Umweltschutz.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT SACHSEN-ANHALT (Hrsg., o. J.): Land-, Ernährungs- und Forstwirtschaft und Tierschutzbericht des Landes Sachsen-Anhalt 2008. Magdeburg, 17, 78.
- REFERAT WASSER, LANDESV ERWALTUNGSAMT SACHSEN-ANHALT, 2008: Gewässerrahmenkonzept für das Land Sachsen-Anhalt. Halle (Saale): LVwA (Hrsg.). Broschüre mit CD-ROM.