

Mit Maisdirektsaat im Wechselgrünland Bodenkohlenstoff konservieren?

¹I.J. STRUCK, ¹C. KLUß, ¹T. REINSCH, ¹R. LOGES, ¹A. HERMANN UND ¹F. TAUBE

¹CAU - Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Kiel

istruck@gfo.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Die Anbaubedeutung von Silomais als Futtermittel oder Rohstoff für die Biogaserzeugung hat in Deutschland in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Der Anstieg der Anbauflächen, ging häufig einher mit einer Änderung der Flächennutzung zu Ungunsten von Dauer- und Wechselgrünlandflächen.

Der gesetzlich vorgeschriebene Erhalt von Dauergrünlandflächen dient der Einhaltung von EU-politisch vorgeschriebenen Umweltzielen. Die Umnutzung von Grünlandflächen zu annuellen Kulturen wie z.B. Silomais ist in diesem Zusammenhang kritisch zu betrachten. Zum einen existiert in den ersten Jahren nach der Umnutzung auch bei bedarfsgerechter Düngung ein erhöhtes N-Auswaschungspotential. Zum anderen stehen die als Folge des Extremfalls „Dauergrünlandumbruch“ auftretenden Treibhausgas(THG)-Emissionen in Form von CO₂ und N₂O im Widerspruch zu den EU-Klimaschutzvorgaben. Die durch den Umbruch induzierte Mineralisation von organischer Substanz und die daraus resultierende Freisetzung von CO₂ aus dem Boden führt in Kombination mit dem darauffolgenden Anbau von Silomais als humuszehrende Kulturart dazu, dass eine ausgeglichene Humusbilanz der Flächen nur schwer erreichbar ist. Der Erhalt von Bodenkohlenstoff in landwirtschaftlich genutzten Böden ist jedoch relevant für eine nachhaltige Nutzung der Böden, den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und eine Minderung des THG-Effekts durch CO₂-Speicherung. Im Gegensatz zum Silomais können Grünlandflächen bereits ab dem ersten Jahr der Nutzung einen Beitrag zur Speicherung von CO₂ und zum Grundwasserschutz durch ganzjährige Bodenbedeckung leisten.

Als umweltschonendere Alternative zur konventionellen Mais-Aussaat nach Pflugeinsatz wird in der vorgestellten Arbeit die Direktsaat in vorher mit Glyphosat behandelte Grünlandbestände betrachtet. Durch den Herbizideinsatz soll der Unkrautdruck für die auflaufenden Maispflanzen minimiert werden, gleichzeitig können die ausbleibende Bodenbearbeitung sowie die Bodenbedeckung der abwelkenden Pflanzen für reduzierte Emissions- und Nährstoffauswaschungsgefahr sorgen sowie das Erosionsrisiko verringern (ROSNER et al. 2014). Bisher führen diese und weitere Vorzüge des Direktsaatverfahrens, wie z.B. verbesserte Wasserverfügbarkeit, vor allem in ariden und semiariden Gebieten zur verbreiteten Anwendung dieses Aussaatverfahrens (TRIPLETT & DICK 2008). Die Leistungen und Umwelteffekte des Direktsaatverfahrens innerhalb Landnutzungsänderungs-Szenarien in gemäßigten Klimaten Nordwest Europas wurden bislang noch nicht ausführlich untersucht. Ziel der Arbeit war es daher den Effekt einer pfluglosen Grünlandumnutzung eines Direktsaatverfahrens im Vergleich zu einer Pflugsaat von Silomais unter Norddeutschen Klimabedingungen hinsichtlich der Ertragsleistung, den THG-Emissionen sowie der Bodenkohlenstoff-Vorratsänderung zu untersuchen.

Material und Methoden

Um die Pflanzenphysiologie sowie die Umwelteffekte eines Maisdirektsaatverfahrens nach der Vorfrucht Grünland zu quantifizieren, wurde ein zweijähriger Feldversuch (2015-2016) auf dem Versuchsgut „Hohenschulen“ im östlichen Hügelland von Schleswig-Holstein durchgeführt. Der dominierende Bodentyp ist als Parabraunerde und Pseudogley-Parabraunerde einzuordnen, gekennzeichnet durch eine sandig-lehmige Textur. Für den

Versuch wurden Teile einer 10 Jahre alten Grasnarbe nach Totalherbizideinsatz im März 2015 mit Mais bestellt und deren THG-Emissionen, Erträge, Futterqualitäten und Bodenparameter dem zur Kontrolle als 4-Schnitt Dauergrünland (GL) erhaltenen Teil gegenübergestellt. Die Mais-Aussaat erfolgte in zwei Varianten: mittels Direktsaat (no tillage - NT) und mit konventioneller Pflugsaat (conventional tillage - CT). Die drei Varianten existierten jeweils in zwei Dünge­stufen, ungedüngt (N0) und gedüngt (N1) mit 180 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ im Mais (N_{min} Sollwert, real gedüngt 90 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹) und 380 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ im Grünland. Für die Erfassung der Ertragsleistung wurde neben mittels maschineller Beerntung (oberirdisch) die Ingrowth Core Methode (unterirdisch) (STEINGROBE et al. 2000, 2001) angewandt, um während der Vegetationsperiode das Wurzelwachstum in 0-30 cm Tiefe zu quantifizieren. Darüber hinaus wurde mithilfe von dynamischen Messkammern nach DRÖSLER (2005) die Bodenrespiration der beiden Maissysteme erfasst. Über die Analyse der Kohlenstoffgehalte (C) im Boden während des Versuchszeitraumes konnte mittels der Lagerungsdichte die Veränderung des Kohlenstoffvorrats bestimmt werden.

Ergebnisse

Das oberirdische Ertragsniveau des Grünlands lag deutlich unterhalb des Silomais, jedoch wiesen die Erträge der beiden Maisvarianten innerhalb der Dünge­stufe N1 in beiden Perioden keine signifikanten Unterschiede zueinander auf (Abbildung 1). Ohne die Düngung reduzierte sich der oberirdische Ertrag der Direktsaat in Periode II jedoch signifikant um 33 % im Vergleich zum konventionellen Aussaatverfahren. Hinsichtlich der unterirdischen Biomassebildung zeigt die Grünland Kontrollvariante das deutlich höhere Potential zur Wurzelbildung im Vergleich zum Mais mit bis zu 3-fach höheren Wurzel­mengen. Der hohe Anteil der Wurzel­masse an der gesamten produzierten Biomasse (*fraction of belowground net primary production*, f_{BNPP}) im Grünland mit 20-50 % ist dem Anteil der annuellen Kultur Silomais (mit 5-10 %) deutlich überlegen. Die Ertragsleistung wurde in der gedüngten Variante nicht signifikant durch das Aussaatverfahren beeinflusst. Der höhere Wurzelanteil und die geringere oberirdische Ertragsleistung des Grünlands stellen typische Eigenschaften von perennierenden Grünlandbeständen dar. Aus dem höheren f_{BNPP} Anteil lässt sich ableiten, dass der Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden in der Grünlandvariante wesentlich höher ausfällt als die der Maisvariante. Dies zeigt sich auch in dem gemessenen potentiellen C-Eintrag über Wurzel­masse, der nach zwei Jahren im Grünland bei 3.8-5.7 t C ha⁻¹ und im Mais bei 1.1-1.7 t C ha⁻¹ liegt (Tabelle 1). Das Spross zu Wurzel Verhältnis und dadurch der C-Eintrag der Grünlandvegetation wird hauptsächlich durch die Düngung gesteuert.

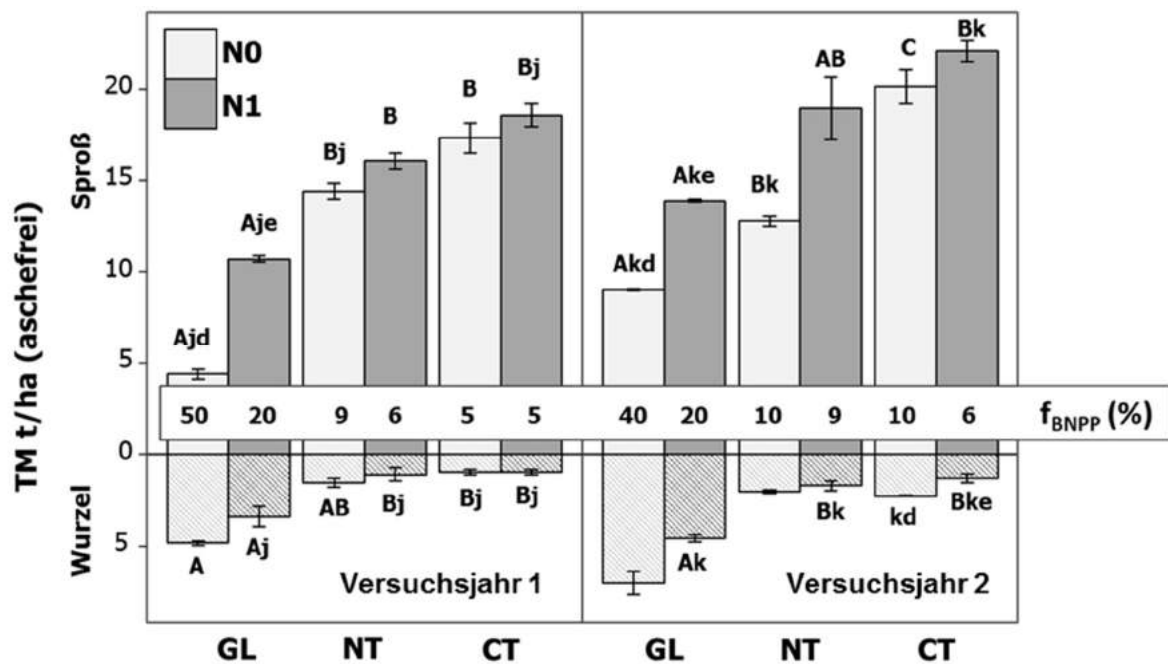


Abb. 1: Ober- und unterirdische Trockenmasse-Ertragsleistung (t/ha) der Varianten GL, NT und CT in den Düngestufen N0 und N1 in den beiden Versuchsperioden P_I (April 2015 – März 2016) und P_{II} (April 2016 – März 2017) inklusive der Angabe des Wurzelmasseanteils an der gesamten Biomasse (fraction of belowground net primary production, f_{BNPP} (%)).

Neben den ober- und unterirdischen Ertragskomponenten sind auch die Energiedichten und -erträge unbeeinflusst vom Aussaatverfahren der beiden Maisvarianten (Daten nicht gezeigt). Während in Periode I alle Varianten eine Energiedichte die Zielvorgabe von 6.5 MJ NEL kg TM⁻¹ (LKSH 2013) erreichen, liegen die Maisvarianten in Periode II mit 6.9 MJ NEL kg TM⁻¹ deutlich über der Zielvorgabe.

Tab. 1: C-Eintrag (t C ha⁻¹) über Wurzelmasse, gemessen mittels Ingrowth Core Methode in 0-30 cm Tiefe der Treatments GC, NT und CT. Zahlen in Klammern geben Standardfehler an (n = 3).

Periode	C-Eintrag	GC		NT		CT	
		N0	N1	N0	N1	N0	N1
I	Wurzel C (t ha ⁻¹)	2.31 (0.05)	1.64 (0.36)	0.70 (0.09)	0.54 (0.17)	0.48 (0.08)	0.48 (0.07)
II	Wurzel C (t ha ⁻¹)	3.41 (0.33)	2.19 (0.08)	1.02 (0.05)	0.86 (0.13)	1.14 (0.01)	0.66 (0.12)
Σ		5.72	3.84	1.72	1.39	1.61	1.14

Die Messung der Bodenrespiration zeigt deutlich, dass sich in den beiden Aussaatvarianten das Ausmaß der CO₂-bildenden Prozesse im Boden, stark unterscheidet. Die wendende Bodenbearbeitung zieht direkte und indirekte Effekte auf die CO₂-Freisetzung nach sich. Zum einen führt sie zu einem sofortigen Entweichen des im Porenraum gespeicherten CO₂ (WILLEMS et al. 2011). Dieser Prozess ist als kurzzeitiger, scharfer Peak in CT (Abbildung 2) zu erkennen. Zum anderen fördert sie mittelfristig die Mineralisierung und Abbau der organischen Bodensubstanz (OORTS et al. 2007). Als treibende Gründe sind hier vor allem in Periode I der Abbau von eingepflügter, leicht verfügbarer Biomasse sowie die Mineralisierung der organischen Bodensubstanz zu nennen. Während der Vegetationszeit sind diese Prozesse durch vor allem in Periode I deutlich erhöhte CO₂-Flussraten in der Variante CT zuerkennen, mit maximalen Werten bis 5.3 g CO₂ m⁻² h⁻¹. Diese beiden

beschriebenen Effekte werden in der Variante NT durch den Verzicht der Bodenbearbeitung weitestgehend vermieden, wie anhand der über das Jahr konstant niedrigen Flussraten mit max. $1 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ abzulesen ist.

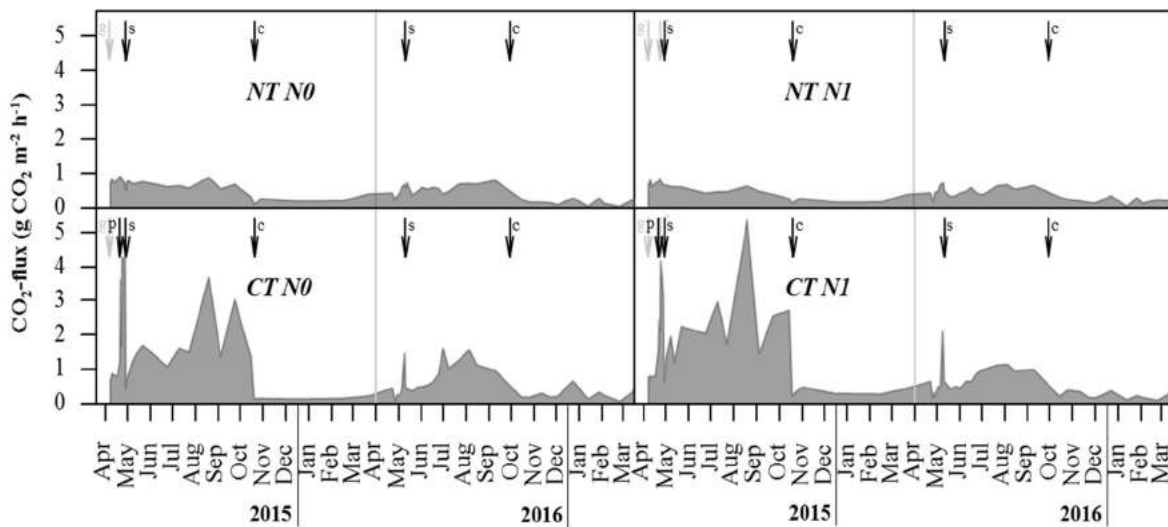


Abb. 2: Bodenrespiration (CO₂ Fluss, $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-2}$) in den Treatments NT und CT in beiden Düngestufen während des zweijährigen Versuchszeitraums (April 2015 – März 2017). Pfeile geben Termine für Herbizid Applikation (g), Pflügen (p), Aussaat (s) und Ernte (c) an.

Die gezeigten Unterschiede in Bezug auf die CO₂-Emissionen zwischen den beiden Aussaatvarianten werden auch durch die gemessenen Veränderungen der Boden-C Vorräte bestätigt. Der relative Verlauf der C-Vorräte im Vergleich zum Ausgangsniveau vor Versuchsbeginn zeigt eine signifikante Abnahme in der Pflugvariante von ca. 25 %, wohingegen die Abnahme der Direktsaat bei 7 % liegt. Der angrenzende langjährige Ackerstandort weist im Vergleich zum Grünland einen um 30 % niedrigeren Boden-C Vorrat auf.

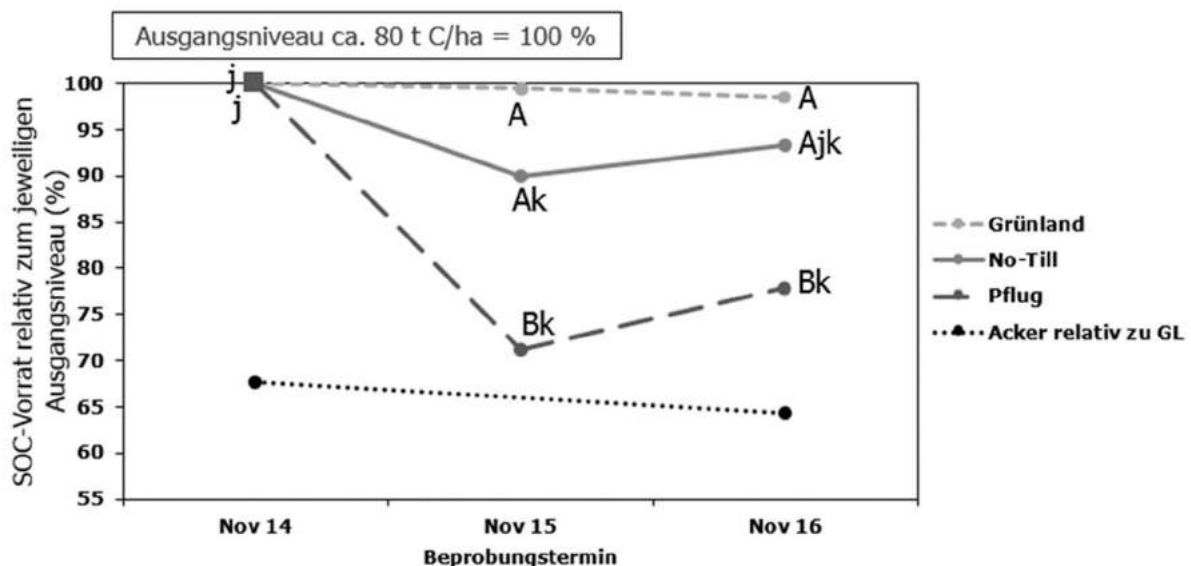


Abb. 3: Boden-C Veränderung während des Versuchszeitraums der Varianten CT, NT und GL relativ zum Ausgangsniveau sowie der Boden-C Vorrat eines angrenzenden Ackerstandortes im relativen Vergleich zur GL Variante. Unterschiedliche Großbuchstaben stellen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten dar.

Die Ergebnisse konnten zeigen, dass intensive Bodenbearbeitung mittels Pflug zu deutlich höheren CO₂-Emissionen führt. Die hohe Mineralisierung der organischen Bodensubstanz kombiniert mit geringeren Wurzel-C-Einträgen des Silomaises führt zu einer deutlich negativen Humusbilanz in der CT Variante. Eine Grünlandumnutzung mittels Direktsaat ist besser geeignet um die hohen Ausgangs-C-Vorräte zu erhalten. Da die C-Einträge vergleichbar sind, resultiert dies vor allem aus einer Reduktion von Mineralisierungsprozessen bzw. CO₂-Emissionen, da die Durchmischung von Boden und pflanzlichen Residuen fehlt. Bei einer Rotation von Mais mit Wechselgrünland kann während der Grünland-Phase die Bodenfruchtbarkeit und Struktur durch höhere Wurzel-C-Einträge und kontinuierlicher Bodenbedeckung wieder verbessert werden.

Schlussfolgerungen

Mittels Direktsaat können vergleichbare Ertragsleistungen wie unter dem konventionellen Aussaatverfahren erzielt werden. Die Betrachtung der THG-Emissionen sowie der gemessenen Boden-C-Vorratsänderungen demonstrieren bereits nach 2 Jahren hohe C-Verluste in der Pflugvariante und zeigen das Potential der Direktsaat auf CO₂ Emissionen sowie Boden-C-Abbau zu reduzieren.

Literatur

- DRÖSLER, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany. *Dissertation*, Technische Universität München.
- LKSH (2013): Beurteilung von Futterqualitätskenngrößen und deren Verbesserungsansätze, 11.
- OORTS, K., MERCKX, R., GRÉHAN, E., LABREUCHE, J. & NICOLARDOT, B. (2007): *DETERMINANTS of annual fluxes of CO₂ and N₂O in long-term no-tillage and conventional tillage systems in northern France*. Soil & Tillage Research, 95(1-2), 133-148.
- ROSNER, J., DEIX, W. & KLIK, A. (2014): *Moderne Bodenbearbeitungsverfahren - Erosionsschutz und Pflanzenschutz*. In: ALVA (Hrsg.) Tagungsband 2014, 63-65.
- STEINGROBE, B., SCHMID, H. & CLAASSEN, N. (2000): *The use of ingrowth core method for measuring root production of arable crops—influence of soil conditions inside the ingrowth core on root growth*. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 163:617-622.
- STEINGROBE, B., SCHMID, H. & CLAASSEN, N. (2001): *The use of the ingrowth core method for measuring root production of arable crops: influence of soil and root disturbance during installation of the bags on root ingrowth into the cores*. European Journal of Agronomy, 15:143-151.
- TRIPLETT, G.B. & DICK, W.A. (2008): *No-tillage crop production: a revolution in agriculture!* Agronomy Journal, 100:153-165.
- WILLEMS, A.B., AUGUSTENBORG, C.A., HEPP, S., LANIGAN, G., HOCHSTRASSER, T., KAMMANN, C. & MÜLLER, C. (2011): *Carbon dioxide emissions from spring ploughing of grassland in Ireland*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 144(1), 347-351.