

Tagungsbeitrag zu:

Kommission IV, Landnutzung und Kohlenstoffhaushalt

Titel der Tagung:

Horizonte des Bodens. Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft

Veranstalter:

DBG, September 2017, Göttingen
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation), <http://www.dbges.de>

Einfluss einer 20-jährigen Miscanthusnutzung und folgendem Umbruch auf Humusgehalt und –qualität einer Parabraunerde

Reiner Ruser^{1*}, Anne Hanemann¹, Lisa Idler¹, Sebastian Weisenburger², Torsten Müller¹

Zusammenfassung

Auf einer Parabraunerde wurden nach 20-jähriger Miscanthusnutzung die C_{org} -Gehalte räumlich hoch aufgelöst untersucht und mit denen einer angrenzenden Ackerfläche verglichen. Mit $75,6 \text{ t C ha}^{-1}$ wurden auf der Miscanthusfläche $20,3 \text{ t}$ höhere C_{org} -Gehalte gemessen als auf der benachbarten Ackerfläche. Dies entspricht somit einer jährlichen Zunahme der C_{org} -Gehalte von $1 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ auf der Miscanthusfläche. Die größte C-Zunahme wurde dabei in den obersten 10 Zentimetern des Bodens ermittelt.

In einem Brutversuch mit Oberboden der beiden Versuchsfelder (25°C , 34 Tage) wurden bei Miscanthus 4,3% des organi-

schen C als CO_2 freigesetzt. Im Ackerboden waren dies lediglich 2,3%.

Das deutet auf einen höheren Anteil an labilem C bei Miscanthus hin. ^{13}C -Messungen ergaben zudem, dass das im Brutversuch freigesetzte CO_2 nahezu vollständig Miscanthus-bürtig war.

Der Miscanthusumbruch 2015 und die anschließende ackerbauliche Nutzung führten bis 2017 nicht zu einer signifikanten Abnahme der C_{org} -Gehalte. Allerdings konnte eine C_{org} -Umverteilung entsprechend der eingesetzten Bodenbearbeitungsgeräte beobachtet werden.

Schlüsselworte:

Miscanthus giganteus, Umbruch, C-Speicherung, C_{org} -Verteilung, labiler C, Bodenbearbeitung

Hintergrund

Miscanthus x giganteus ist ein China-Schilfhybrid und gehört zu den C4-Pflanzen. Aufgrund der effizienten C-Fixierung hat Miscanthus vergleichsweise hohe Biomasseerträge ($4\text{-}30 \text{ t TM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) die derzeit überwiegend als Festbrennstoff genutzt werden (Lewandowski et al., 2000). Aufgrund des geringen Nährstoffbedarfs zählt Miscanthus zu den low-Input Pflanzen (Beale & Long, 1997; Zub & Brancourt-Hulmel, 2010). Die Erträge sind nach ca. 20 bis 25 Jahren rückläufig, sodass die Miscanthusflächen dann umgebrochen und in ackerbauliche Nutzung rückgeführt werden.

Agostini et al. (2015) berichteten Zunahmen des organischen C zwischen $0,6$ und $3,2 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Bislang ist unklar, was mit dem zusätzlich gespeicherten C nach der Umwandlung von Miscanthus- in Ackernutzung geschieht.

¹ Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, FG. Düngung und Bodenstoffhaushalt, Universität Hohenheim (340i), Fruwirthstraße 20, 70599 Stuttgart, Email: reiner.ruser@uni-hohenheim.de

² Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Karlsruhe

Mit Hilfe von Untersuchungen auf einem Parzellenversuch, einer angrenzenden Vergleichsfläche, sowie einer Laborinkubation sollten deshalb die folgenden Fragestellungen bearbeitet werden:

- (1) Wieviel C_{org} hat sich nach 20-jähriger Miscanthusnutzung angereichert?
- (2) Wie stabil ist dieser zusätzliche C_{org} ?
- (3) Wie verändern sich die C_{org} -Gehalte nach Überführung in eine ackerbauliche Fruchtfolge?

Material und Methoden

Versuchsstandort

Der Feldversuch wurde auf einer strak Schluff-betonten Parabraunerde in Müllheim durchgeführt (Abb. 1).

Auf dem **Parzellenversuch** wurde 1995 *Miscanthus x giganteus* angepflanzt, der Bestand wurde einheitlich bewirtschaftet. Vor der Pflanzung wurde diese Fläche ackerbaulich genutzt, ein Anbau einer C4-Pflanze fand vor dem Miscanthus nicht statt. Der durchschnittliche Ertrag über den Anbauzeitraum von 20 Jahren lag bei $16,1 \text{ t TM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. 2015 wurde auf dieser Fläche ein Parzellenversuch angelegt. Dabei wurden jeweils eine Kontrollvariante (auf der weiterhin Miscanthus steht) sowie eine Umbruchvariante in vierfacher Wiederholung angelegt (Abb. 1). Die Umbruchvariante wurde wie folgt bewirtschaftet: Miscanthusernte (April 2015), zweimaliges Grubbern (Juli und August 2015), Ansaat von Klee gras (Herbst 2015), Umbruch Klee gras (Herbst 2016) und Aussaat von Winterweizen.

Als **Vergleichsfläche** wurde ein Praxis-schlag des ökologischen Landbaus gewählt. Dieser Schlag lag in unmittelbarer Nähe zum Parzellenversuch (Abb. 1). Auf dieser Fläche wurde seit mindestens 30 Jahren keine C4-Pflanze angebaut. Die Bodenart

war identisch mit der des Parzellenversuchs (Ut3).

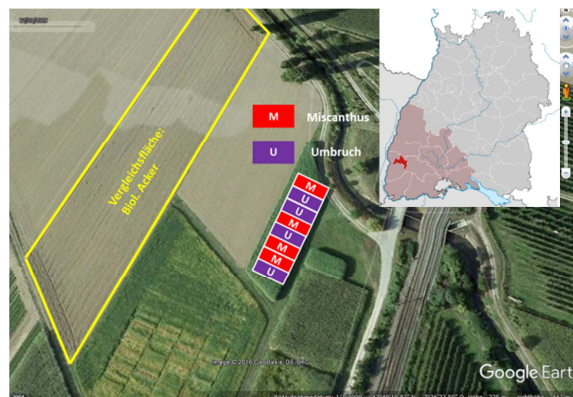


Abb. 1: Versuchsstandort Miscanthus und Acker (Vergleichsfläche), sowie Randomisation der beiden Versuchsbehandlungen des Parzellenversuchs. (Bildquelle: Google Earth)

Methoden

Der Parzellenversuch wurde 2015, 2016 und 2017 jeweils im Mai, die Vergleichsfläche nur im Juli 2015 beprobt. Dabei wurden ungestörte Bodenmonolithe in 0-60 cm Tiefe mit einem Bohrstock mit Plexiglas-Inlay ($\varnothing 5\text{cm}$) entnommen. In jeder Parzelle wurden vier Monolithe gesammelt. Die Inlays wurden mit einer Sägevorrichtung längs geöffnet und die ungestörten Bodensäulen in jeweils 5 cm hohe Inkremente aufgeteilt. Mit Hilfe dieser Inkremente wurden der gravimetrische Wassergehalt, die Lagerungsdichte sowie an getrockneten und gemörsterten Aliquoten die C_T - (= C_{org} -) und N_T -Gehalte mit einem CN-Analysator (VarioMax, Elementar Analysensysteme, Hanau) ermittelt. Lediglich in den obersten 5 cm konnte Carbonat, vermutlich als Folge einer Kalkung, nachgewiesen werden, sodass für diese Proben die C_{anorg} -Gehalte nach Vermuffeln bei $550 \text{ }^\circ\text{C}$ ermittelt und zur Berechnung der C_{org} -Gehalte berücksichtigt wurden.

Zur Bestimmung der Quelle des organischen C wurden zudem ^{13}C -Analysen durchgeführt. Die Messung der ^{13}C -Häufigkeiten erfolgte an einem Isotopenverhältnis Massenspektrometer (Elementaranalyser

Typ Eurovector, HEKAtech, Wegberg gekoppelt mit Massenspektrometer Typ delta Advantage, Thermo, Bremen).

Laborinkubationsversuch

Aus dem Parzellenversuch (vor Anlage der Parzellen) und aus der Vergleichsfläche wurde im Mai 2015 Oberbodenmaterial (0-10 cm) entnommen, <2 mm gesiebt und luftgetrocknet. Der Boden wurde in Weckgläser eingewogen, rückverdichtet ($\rho = 1,2 \text{ g cm}^{-3}$), auf einen Wassergehalt von 70% der max. Wasserhaltekapazität eingestellt und über einen Zeitraum von 34 Tagen bei 12°C bzw. 25°C inkubiert. Das während dieser Zeit emittierte CO₂ wurde mit einer Laugenfalle getrappt und mittels Titration quantifiziert.

An Tag 10 und 34 wurde das getrappte CO₂ eines Aliquots mit Bariumchlorid gefällt und die ¹³C-Signatur des gefällten Carbonat-C massenspektrometrisch ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Humusanreicherung

2015 wies die Miscanthusfläche mittlere C_{org}-Gehalte von 75,6 t C ha⁻¹ in 0-60 cm Tiefe auf. Der entsprechende C_{org}-Gehalt des Vergleichsackers war mit 55,3 t C ha⁻¹ um 20,3 t C ha⁻¹ geringer. Unter der Annahme vergleichbarer C_{org}-Gehalte vor der Miscanthusetablierung ergab sich somit eine C-Anreicherung von 1,0 t C ha⁻¹ a⁻¹.

Neben der Differenzmethode wurde die Menge an C-Zuwachs aus dem Miscanthusanbau mit Hilfe der ¹³C-Isotopenverhältnisse der Miscanthusfläche 2015 berechnet. Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Ackers (C3-Pflanzen-signatur) lagen zwischen -25,3 und -25,8 ‰ über die gesamte Profiltiefe, der Miscanthusboden wies eine Signatur zwischen -15,4 ‰ im Oberboden und -24,0 ‰ in 55-60

cm Tiefe auf. Mit Hilfe einer einfachen Mischungsrechnung wurde der Miscanthusbürtige C berechnet, dieser betrug 18,0 t C ha⁻¹. Somit ergab sich ein C-Zuwachs von 0,9 t C ha⁻¹ a⁻¹ welcher in einer vergleichbaren Größenordnung lag, wie der über die Differenzmethode ermittelte Zuwachs.

Humusanreicherung zwischen 0,7 und 2,2 t C ha⁻¹ a⁻¹ wurden übereinstimmend auf *Miscanthus x giganteus* Flächen in Großbritannien von McCalmont et al. (2017) berichtet.

Humusverteilung

Die höchsten C-Mengen befanden sich mit 12 t C ha⁻¹ in 0-5 cm Tiefe (Abb. 2). Nahezu ¾ des C in dieser Tiefe stammten aus Miscanthus. Mit zunehmender Tiefe nahm auch der Anteil des Miscanthus-bürtigen C ab. Hohe Anteile des Miscanthus an den Gesamtgehalten fanden sich mit bis zu 20% noch bis zu einer Tiefe von 15-20 cm. Unterhalb von 25 cm Tiefe war der Anteil des Miscanthus-C an den Gesamtgehalten gering (<5%).

Ähnliche C_{org}-Tiefenverteilungen auf Miscanthusflächen wurden von Clifton-Brown et al. (2007) sowie von Neukirchen et al. (1999) berichtet.

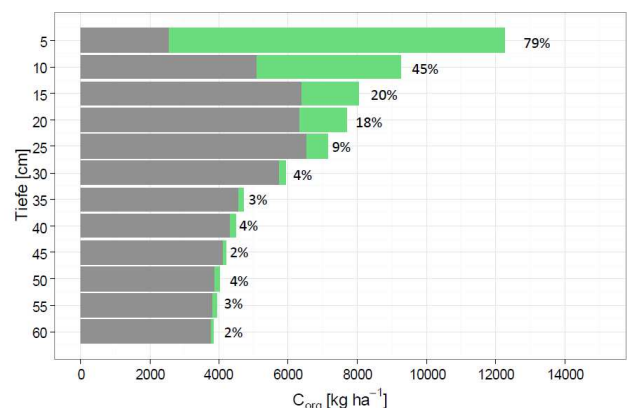


Abb. 2: Mittlere C_{org}-Gehalte und C-Quellen (n=8) der Miscanthusfläche bei Versuchsbeginn 2015. Die Prozentangaben geben den Miscanthusbürtigen (C4-Pflanzen, grün) bzw. den C3-Pflanzen-bürtigen (grau) Anteil am C_{org} wieder.

Humusstabilität

Die kumulative CO₂-Freisetzung des Bodens aus der ökologisch bewirtschafteten Fläche war bei 25°C am Versuchsende dreimal höher als bei der 12°C (Abb. 3).

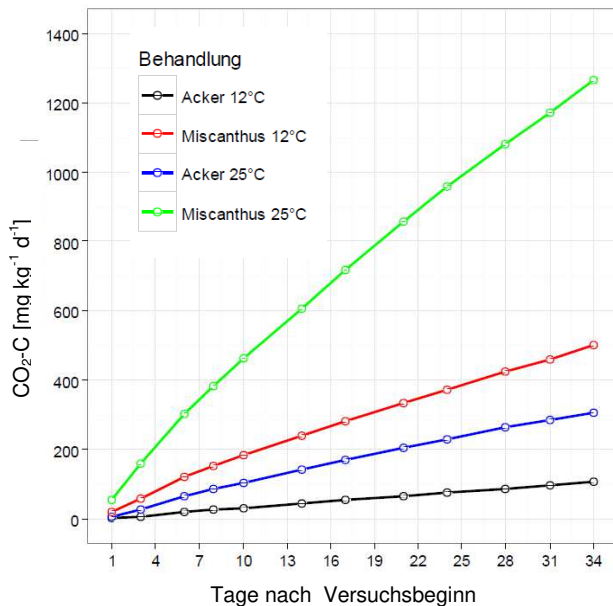


Abb. 3: Mittlere CO₂-Emission in Abhängigkeit von Versuchstemperatur und Nutzung.

Entsprechend war die CO₂-Freisetzung des Miscanthusbodens bei 25°C Variante 2,5-mal höher als bei 12°C. Die CO₂-Freisetzung war bei Miscanthus selbst bei 12°C höher als bei dem Oberboden aus der Ökofläche bei 25°C. Statistisch konnte hier sowohl ein signifikanter Effekt des Bodens als auch der Temperatur ($p < 0,001$) festgestellt werden.

Tab. 1: $\delta^{13}\text{C}$ -Werte [‰] des emittierten CO₂-C (Mittelwerte aus zwei Messterminen) in Abhängigkeit von Bewirtschaftung und Inkubationstemperatur.

Versuchstemperatur	Miscanthus	Acker
12°C	-10,53	-25,95
25°C	-11,47	-26,42

Bezogen auf den gesamten C im Versuchsboden wurden bei Miscanthus 4,3 bzw. 1,7% als CO₂ (bei 25°C bzw. bei 12°C) freigesetzt. Die entsprechenden Anteile

beim ökologisch bewirtschafteten Acker lagen bei 2,3% (25°C) und bei 0,8% (12°C).

Während die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des emittierten CO₂-C aus dem ökologisch bewirtschafteten Ackerbodens nahezu identisch mit denen der festen Bodenphase waren, lagen diese beim Miscanthusboden mit -10,53‰ und -11,47‰ (Tab. 1) noch höher als die feste Phase (-14,4‰) sowie Streu und Rhizome (-11,3‰ bis -12,8‰). Ein möglicher Grund dafür könnte der Kalk (0,01% C_{anorg}) gewesen sein. Er lag mit einem $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -5‰ deutlich höher als der der organischen Bodensubstanz und des Miscanthusbürtigen Pflanzenmaterials. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass während der Inkubation ein Teil des Kalks zu CO₂ umgesetzt wurde und sich der $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des CO₂-C dadurch erhöhte.

Da die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des CO₂ der Miscanthusvariante nahe denen des Pflanzenmaterials lagen ist davon auszugehen, dass die hierbei umgesetzte organische Substanz nahezu vollständig aus dem Pflanzenmaterial des Miscanthus stammte, und alter, C₃-Pflanzen-bürtiger C im Boden kaum umgesetzt wurde. Somit war der C aus dem Miscanthus deutlich labiler als der C der aus der Vornutzung.

Die in Tabelle 1 ebenfalls dargestellte Anreicherung des ¹³C bei niedrigerer Temperatur war vermutlich auf die von Andrews et al (2000) berichtete unterschiedliche Zusammensetzung der C-heterotrophen mikrobiellen Biomasse bei unterschiedlichen Temperaturen zurückzuführen.

Humusumverteilung nach Umbruch

Die C_{org}-Vorräte schwankten innerhalb der drei Versuchsjahre zwischen 75,1 und 81,6 t C ha⁻¹ a⁻¹ (nicht dargestellt). Tendenziell waren sie in der Umbruchvariante 2017 am geringsten, diese Unterschiede konnten aber nicht statistisch abgesichert werden.

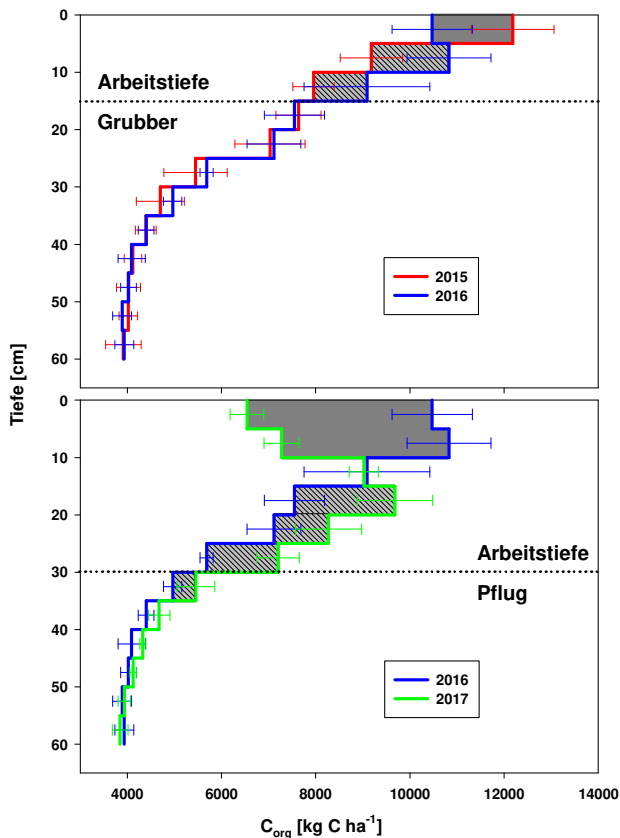


Abb. 4: Humusumverteilung (Mittelwerte $n = 16 \pm$ Standardabweichung) nach Grubbereinsatz im Sommer 2015 (oben) sowie nach Pflugeinsatz im Herbst 2016 (unten). Grau hinterlegte Flächen stellen eine Abnahme, schraffierte Flächen eine Zunahme des C_{org} in der jeweiligen Tiefe dar.

C_{org} wurde entsprechend der Bodenbearbeitung umverteilt (Abb. 4). So wurden beispielsweise die C_{org} -Gehalte in 0-5 cm Tiefe durch das Grubbern 2015 verringert wohingegen sich die Gehalte in 5-15 cm Tiefe erhöhten.

Die wendende Wirkung des Pflugs im Herbst 2016 führte dazu, dass sich die C_{org} -Gehalte vor allem in 0-10 cm Tiefe stark reduzierten und in 15-30 cm Tiefe in nahezu gleichem Maße erhöhten.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Anbau von *Miscanthus* auf dem schluffigen Standort ein hohes Potential zur Humusbildung aufweist ($1 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Dieser „junge“ Humus ist allerdings äußerst labil. Deshalb sind weitere Untersuchungen

notwendig, um Strategien für die Praxis abzuleiten, wie eine Rückführung von *Miscanthus*beständen (bei rückgängigen Erträgen) in ackerbauliche Nutzung möglichst Humus-schonend realisiert werden kann.

Literatur

- Agostini, F., Gregory, A.S., Richter, G.M. 2015. Carbon sequestration by perennial energy crops: Is the jury still out? *Bioenerg. Res.* 8, 1057-1080.
- Andrews, A., Matamala, R., Westover, K.M., Schlesinger, W.H. 2000. Temperature effects on the diversity of soil heterotrophs and the $\delta^{13}\text{C}$ of soil-respired CO_2 . *Soil Biol. Biochem.* 32, 699–706.
- Beale, C.V., Long, S.P. 1997. Seasonal dynamics of nutrient accumulation and partitioning in the perennial C_4 -grasses *Miscanthus x giganteus* and *Spartina cynosuroides*. *Biomass Bioenergy* 12, 419-428.
- Clifton-Brown, J.C., Breuer, J., Jones, M.B. 2007. Carbon mitigation by the energy crop , *Miscanthus*. *Glob. Change Biol.*, 13, 2296–2307.
- Lewandowski, I., Clifton-Brown, J.C., Scurlock, J.M.O., Huisman, W. 2000. *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop. *Biomass Bioenergy* 19, 209–277.
- McCalmont, J.P., Hastings, A., McNamara, N.P., Richter, G.M., Robson, P., Donnison, I.S., Clifton-Brown, J. 2017: Environmental costs and benefits of growing *Miscanthus* for bioenergy in the UK, *Glob. Change Biol.*, *Bioenergy* 9, 489-507.
- Neukirchen, D., Himken, M., Lammel, J., Olf, H. 1999. Spatial and temporal distribution of the root system and root nutrient content of an established *Miscanthus* crop, *Europ. J. Agron.* 11, 301–309.
- Zub, H.E., Brancourt-Hulmel, M. 2010. Agronomic and physiological performances of different species of *Miscanthus*, a major energy crop. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 201–214