

Entwicklung der Humusgehalte und der Humusqualität in verschiedenen Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus

Urbatzka, P.¹ und Beck, R.¹

Keywords: Dauerfeldversuch, Kohlenstoff, Stickstoff, Viehbesatz, Fruchtfolge.

Abstract

A high turnover of Humus is one of the goals in organic farming. The effect of different crop rotations on the content and the quality of humus was examined in two long term field experiments in Bavaria, South Germany. The three and five years crop rotations differed in the utilization of grass clover swards (cutting or mulching), in the following crops (potatoes or barley) in the portion of grass clover swards (33 and 40 %) and in the legume art (grass clover or grain legume). The soil samples were taken in 1998 (beginning of the trials), in 2010 and in 2013 and were analyzed for C_{org} and N_i .

The development of the C_{org} - and N_i -contents was better in the crop rotations with grass clover swards (increasing) than in the crop rotation with grain legume (rising or unchanged.). With one exception, no differences were determined between the crop rotations with grass clover swards concerning the development of these contents.

Einleitung und Zielsetzung

Ein Ziel im ökologischen Landbau ist ein aktiver Boden mit einem relativ hohen Humusumsatz. Dies setzt eine ausreichende Nachlieferung von organischer Substanz voraus. Sollen Einbußen in der Bodenfruchtbarkeit vermieden werden, sollte auf Mineralböden langfristig ein höherer Umsatz - im Rahmen standorttypischer Gehalte - mit höheren Humusgehalten verbunden sein. Die tatsächliche Wirkung von Fruchtfolgen oder eine verschiedene Nutzung des Kleeegrases auf den Humusgehalt und die Humusqualität wurde bisher im deutschsprachigen Raum wenig untersucht (z. B. Schulz *et al.* 2008). In zwei Dauerfeldversuchen wurde daher diese Wirkung bzgl. unterschiedlich genutztem Kleeegras, verschiedener Nachfrüchte nach Kleeegras als auch verschiedener Leguminosenarten untersucht.

Methoden

Die beiden Dauerfeldversuche wurden 1998 an der Versuchsstation Viehhausen (Ldk. Freising) und an der Versuchsstation Puch (Ldk. Fürstenfeldbruck) je in Oberbayern angelegt. Tabelle 1 stellt die wichtigsten Kennzahlen beider Standorte dar. Der Versuch besteht aus sechs (Viehhausen), bzw. in Puch aus fünf Fruchtfolgen (FF) in einer Blockanlage (N = 3). Jedes Fruchtfolgefeld wird jedes Jahr angebaut.

Die Fruchtfolgen FF 1 bis FF 3 simulieren einen Betrieb mit Viehhaltung (Abfuhr des Kleeegrases und Rückführung über organische Düngung) (Tab. 1). Die Fruchtfolgen FF 4 bis FF 6 bilden einen viehlosen Betrieb ab, d.h. das Kleeegras wird gemulcht und es erfolgt keine Nährstoffzufuhr über organische Düngung. Da am Standort Puch kein Stallmist verfügbar ist, wurde FF 3 nur in Viehhausen angelegt.

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising, Deutschland, peer.urbatzka@lfl.bayern.de, <http://www.lfl.bayern.de>

Tabelle 1: Kennzahlen der Versuchsstandorte Puch und Viehhausen

	Puch (LfL)	Viehhausen (TUM)
Höhenlage	550 m NN	490 m NN
Mittlere Jahrestemperatur	8,5 °C	7,8 °C
Mittlerer Jahresniederschlag	877 mm	786 mm
Bodenart	Sandiger Lehm	Schluffiger Lehm
Ackerzahl	64	61

In den Jahren 1998, 2010 und 2013 wurden im zeitigen Frühjahr in der Tiefe 0-10 cm Bodenproben im Winterweizen gezogen (40 Einstiche pro Parzelle) und die C_{org} - und N_t -Gehalte mittels Elementaranalysator nach ISO 10694 und 13878 und gasvolumetrischem Carbonatnachweis nach ISO 10639 bestimmt. Die Beprobung in der FF 1 wurde aufgrund der fünfjährigen Rotation lediglich 1998 und 2013 durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgt mit SAS 9.2.

Tabelle 2: Fruchtfolgen der Dauerfeldversuche

	FF1	FF2	FF3*	FF4	FF5	FF6
Betriebssystem	viehhaltend			viehlos		
Düngerart	Gülle	Gülle	Stallmist			
1. Jahr	Kleegras (Abfuhr)	Kleegras (Abfuhr)	Kleegras (Abfuhr)	Kleegras (Mulch)	Kleegras (Mulch)	Körnerleguminose 1)
2. Jahr	Kleegras (Schnitt)	Kartoffeln + 30/252 m ²	Kartoffeln + 300 dt/ha3)	Kartoffeln	Winterweizen (ZF)	Winterweizen (ZF)
3. Jahr	Kartoffeln + 30/252 m ²	Winterweizen + 20 m ²	Winterweizen	Winterweizen	Sommergerste	Sommergerste (ZF)
4. Jahr	Winterweizen + 20 m ²	1) Erbse, Ackerbohne (1998-2003), Soja (ab 2004), 2) Viehhausen bzw. Puch, 3) bis incl. 2007 200 dt/ha/a, siehe Pommer et al. (2009)				
5. Jahr	Winterroggen + 20 m ²	* nur in Viehhausen, ZF = legume Zwischenfrucht; Details zu den Fruchtfolgen siehe Pommer et al. (2009), Schneider et al. (2012)				

Ergebnisse

Die C_{org} - und N_t -Gehalte entwickelten sich über die Fruchtfolgen und Standorte unterschiedlich. In Viehhausen stiegen die Gehalte in den Fruchtfolgen FF 2, FF 3, FF 4 und FF 5 (nur N_t) tendenziell oder signifikant nach zwölf und nach 15 Jahren an, während in der FF 6 mit Körnerleguminose die Gehalte gleich blieben oder abnahmen (Tab. 3). In Puch wurde nur für FF 5 bei beiden Parametern sowie in FF 2 und FF 4 teils für den N_t -Gehalt eine Steigerung, in FF 6 in 2010, aber nicht in 2013 eine Verringerung beobachtet. Das Verhältnis von C_{org} zu N_t lag nach 15 Jahren mit Ausnahme der FF 3 unter dem des Versuchsbeginns (Tab. 4). Für die FF 1 (nur Viehhausen) und FF 6 war diese Verringerung signifikant oder tendenziell vorhanden.

Bei der Veränderung zum Ausgangsgehalt unterschied sich mit zwei Ausnahmen FF 6 mit Körnerleguminosen signifikant von den anderen fünf Fruchtfolgen mit Kleegras im C_{org} - und im N_t -Gehalt (Tab. 5). Die Erhöhung beider Gehalte in den Fruchtfolgen mit ein- bzw. zweijähriges Kleegras (FF 1, FF 2), unterschiedlicher Nachfrüchte (FF 4, FF 5) und gemulchtem bzw. abgefahrenem Kleegras mit organischer Düngung (FF 2, FF 3, FF 4) konnten keine Unterschiede bestimmt werden. Bei der Veränderung des Verhältnisses der beiden Gehalte lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen vor (Tab. 5).

Tabelle 3: C_{org}- und N_t-Gehalte im Zeitverlauf in Abhängigkeit der Fruchtfolge und des Standortes

	C _{org} (mg C/g)						N _t (mg N/g)					
	Viehhausen			Puch			Viehhausen			Puch		
	1998	2010	2013	1998	2010	2013	1998	2010	2013	1998	2010	2013
FF1	11,2	-	11,8	11,8	-	12,5	1,21	-	1,32	1,30	-	1,37
FF2	11,6	12,7*	12,6 [#]	11,8	12,0	12,3	1,26	1,36*	1,38*	1,28	1,33 [#]	1,36
FF3	11,2	13,3**	13,4***	-	-	-	1,22	1,40**	1,44**	-	-	-
FF4	11,4	12,7**	12,5 [#]	11,9	12,2	12,5	1,25	1,38*	1,39***	1,29	1,35	1,38 [#]
FF5	11,5	12,4	12,7	12,1	12,5 [#]	13,0*	1,26	1,40*	1,42*	1,30	1,39*	1,45*
FF6	11,5	10,8 [#]	11,3	11,7	10,9*	11,0	1,25	1,22	1,27	1,25	1,22 [#]	1,25

signifikante Unterschiede zum Gehalt 1998 (t-Test, [#]=p<0,1, * =p<0,05, ** =p<0,01, *** =p<0,001)

Tabelle 4: Verhältnis von C_{org} zu N_t im Zeitverlauf in Abhängigkeit der Fruchtfolge und des Standortes

	Viehhausen			Puch		
	1998	2010	2013	1998	2010	2013
FF1	9,26	-	8,95 [#]	9,09	-	9,17
FF2	9,22	9,30	9,10	9,21	9,02 [#]	9,06
FF3	9,23	9,45 [#]	9,26	-	-	-
FF4	9,11	9,22	8,96	9,23	9,01*	9,03
FF5	9,18	8,86	8,93	9,32	9,00 [#]	8,94
FF6	9,15	8,82**	8,91 [#]	9,38	8,95*	8,80*

signifikante Unterschiede zum Ausgangsgehalt 1998 (t-Test, [#]=p<0,1, * =p<0,05, ** =p<0,01)

Tabelle 5: Veränderung des C_{org}-, N_t-Gehaltes und des Verhältnisses im Vergleich zum Ausgangsgehalt in Abhängigkeit der Fruchtfolge und des Standortes

	C _{org} (mg C/g)		N _t (mg N/g)		C _{org} /N _t	
	1998_2010	1998_2013	1998_2010	1998_2013	1998_2010	1998_2013
FF 1	-	+0,67 a	-	+0,09 ab	-	-0,12 ns
FF 2	+0,62 a	+0,73 a	+0,08 a	+0,10 ab	-0,06 ns	-0,14
FF 4	+0,79 a	+0,85 a	+0,10 a	+0,12 a	-0,06	-0,18
FF 5	+0,64 a	+1,02 a	+0,12 a	+0,16 a	-0,32	-0,31
FF 6	-0,73 b	-0,43 b	-0,03 b	+0,01 b	-0,38	-0,41
Vieh.	+0,91 A	+1,03 NS	+0,09 A	+0,11 NS	-0,12 A	-0,22 NS
Puch	+0,02 B	+0,32	+0,04 B	+0,08	-0,29 B	-0,25

Mittel der Standorte bzw. Fruchtfolgen; kleine bzw. große Buchstaben = signifikante Unterschiede bzgl. Fruchtfolge bzw. Standort (Tukey-Test, p < 0,05), ns = nicht signifikant; Viehh. = Viehhausen

Diskussion

Auf beiden Standorten konnte die z. B. in Humusbilanzen verwendete geringere Humusreproduktionsleistung (VDLUF 2014) von Körnerleguminosen im Vergleich zum Klee gras (FF 5) bestätigt werden. Jedoch wurden nur die C_{org}-Gehalte in der

Fruchtfolge mit Körnerleguminosen trotz eines Anbaus alle drei Jahre und intensiven Anbaus legumer Zwischenfrüchte wahrscheinlich aufgrund der Abfuhr eines Großteils der Biomasse und der geringeren Standzeit der Leguminosen vermindert.

Der erhöhte Humusreproduktionsbedarf von Kartoffeln im Vergleich zu Getreide (VDLUFA 2014) konnte in dieser Untersuchung beim Vergleich der FF 4 und FF 5 nicht bestätigt werden, obwohl in FF 5 ohne Kartoffeln zusätzlich eine legume Zwischenfrucht gesät wurde. Zudem wurde in FF 4 im Jahr nach den Kartoffeln und in FF 5 im Jahr nach dem Klee gras beprobt. Nach Brock *et al.* (2009) verringerten sich die Gehalte an C_{org} und N_t nach Kartoffeln und stiegen nach Klee gras an. Ggf. sind aber auch in unserer Untersuchung die Laufzeit mit 15 Jahren und/oder die Unterschiede zwischen den Varianten wegen der hohen Anteile an Leguminosen zu gering.

Beim Vergleich von geschnittenen und gemulchten Klee gras beobachteten Schulze *et al.* (2008) entgegen dieser Untersuchung verschiedene N_t , aber in Übereinstimmung keine Unterschiede bei den C_{org} -Gehalten. Allerdings verglichen Schulze *et al.* (2008) in einer sechsjährigen Rotation einen Anteil des Klee grasses von 33 und 17 %. Dieser Unterschied trifft auch für die FF 2, FF 3 und FF 4 in dieser Untersuchung mit Anteilen von 33 % bzw. bei FF 1 mit 40 % nicht zu.

Schlussfolgerungen

In Übereinstimmung zur aktuellen Humusbilanzierung konnte die im Vergleich zum Klee gras geringere Humusreproduktionsleistung von Körnerleguminosen in diesem Versuch bestätigt werden. Dies trifft allerdings nicht auf die geringere Humusreproduktionsleistung von Kartoffeln im Vergleich zu Getreide zu. Zwischen der Klee grasnutzung (Schneiden versus Mulchen) wurden keine Unterschiede bzgl. der Humusgehalte und der Humusqualität vorgefunden.

Dankagung

Wir möchten uns ganz herzlich bei Horst Laffert und Stefan Kimmelman, Versuchsstation Viehhausen und bei allen Kollegen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, die zu dem Forschungsvorhaben beigetragen haben, bedanken.

Literatur

- Brock, C., Leithold, G., Schulz, F. (2009): Entwicklung der Humusgehalte in Abhängigkeit von Fruchtart/Anbausystem in einem Dauerfeldversuch. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, URL: <http://orgprints.org/14564/>
- Pommer G., Salzeder G., Fuchs R., Capriel P., Beck R. (2009): Fruchtfolgen im ökologischen Landbau – Pflanzenbaulicher Systemvergleich Viehhausen. Zwischenbericht 1998-2004. Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft 4, URL: http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_34330.
- Schneider R., Heiles E., Salzeder G., Wiesinger K., Schmidt M., Urbatzka P. (2012): Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolgen im ökologischen Landbau auf den Ertrag und die Produktivität. Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft 4, 87-92, URL: http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_43814.pdf
- Schulz, F., Brock, C., Leithold, G. (2008): Effects of Farm Type and Different Intensities of Soil Tillage on Cash Crop Yields and Soil Organic Matter. Proceedings 2nd Isosfar Conference, Modena, Italy, URL: <http://orgprints.org/11990/>
- VDLUFA (Hrsg.) (2014): Standpunkt – Humusbilanzierung. URL: <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/11-Humusbilanzierung.pdf>