

Wirkungen des Ökologischen Landbaus auf Bodenerosion – Beitrag 2: Einfluss des Leguminosenmanagements auf Merkmale der Bodenerodibilität

Müller, C.¹, Siebrecht, N.¹, Reents, H.-J.¹, Brandhuber, R.², Kainz, M.¹

Keywords: erosion, USLE, aggregate stability, crop rotation, legumes

Abstract

It is supposed that organic farming reduces soil water erosion due to a long soil coverage and soil aggregation by roots and organic manure. In a long term field trial which is focused on the effect of legume management in different crop rotations soil aggregation in the top layer of 0-5 cm was tested and correlated with some other soil properties and indicators of carbon balances. There are differences in aggregate stability between the crop rotations. The incorporated plant material (roots, stubble residues, green manure) has the best effect on the stability of soil aggregates.

Einleitung und Zielsetzung

Mögliche spezifische Wirkungen des Ökologischen Landbaus auf die Wassererosion der Ackerböden sind von Kainz et al. (2009) beschrieben. Ein wesentliches Kennzeichen der Fruchtfolgen sind größere Anteile von Leguminosen oder deren Mischungen (Klee-/Luzerne-Gras). Neben der längeren Bedeckungszeit ist vor allem durch die mechanische Stabilisierung des Bodens (Wurzelreste, Bodenaggregate), die über den eigentlichen Anbauzeitraum hinausgeht, von Bedeutung. Dies kann in der Folge zu weiteren Effekten auf den Oberflächenabfluss bzw. die Infiltrationskapazität führen. Wie Kainz et al. (2009) beschreiben, fehlen bisher Untersuchungen zur Wirkung von Klee gras bzw. verschiedener Mischungen völlig.

Im Fruchtfolgeversuch der Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), der unterschiedliche Strategien des Leguminosenmanagements abbildet, wurden die Effekte auf die Erosionsanfälligkeit der Böden untersucht. Dabei werden gemessene Parameter zur Strukturbildung und Humushaushalt mit Daten über den Eintrag von Kohlenstoff durch die Bewirtschaftung (organische Dünger, Ernte- und Wurzelrückstände...) verglichen, um letztendlich die Auswirkungen von Fruchtfolgen mit variierendem Leguminosenmanagement auf das Erosionsrisiko zu quantifizieren.

Methoden

Der Fruchtfolgeversuch der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft wurde auf der Versuchstation Viehhausen (im Oberbayrischem Tertiärhügelland ca. 30 km nordöstlich von München, 480 m N.N., Braunerde sandiger Lehm, Ackerzahl 55, Ø 797 mm, Ø 7,5 °C) im Jahr 1998 etabliert. Er ist darauf ausgerichtet, die Wirkungen verschiedener Fruchtfolgen und des damit verbundenen Leguminosenmanagements auf die Wirtschaftlichkeit des Ackerbaus sowie mögliche Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit zu erfassen (Pommer et al. 2003). Er ist als randomisierte

¹ Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Technische Universität München, Alte Akademie 12, 85350, Freising, Germany

² Inst. für Agrarökologie, Bay. Landesanstalt für Landwirtschaft

Blockanlage mit 6 Fruchtfolgen (FF1-FF6) in drei Wiederholungen (Tab. 1) mit einer Parzellengröße von 18x8m angelegt.

Tab. 1: Fruchtfolgen und Düngung im Versuch; RG: Rindergülle, S: Stroh, ST: Stallmist, KGA: Kleeerasaufwuchs, ZWF: Winterzwischenfrucht

FF 1					FF 2			FF 3			FF 4			FF 5			FF 6		
Klee gras- Jahr 1	Klee gras- Jahr 2	Kartoffel	Winterweizen*	Winterroggen	Klee gras	Kartoffel	Winterweizen*	Klee gras	Kartoffel	Winterweizen*	Klee gras (RB)	Kartoffel	Winterweizen*	Klee gras (RB)	Winterweizen*	Sommergerste	Futtererbse	Winterweizen*	Sommergerste
.	.	30 m ³ RG	20 m ³ RG, S	20 m ³ RG, S	.	30 m ³ RG	20 m ³ RG	.	200 dt ST	.	KGA	.	.	KGA	S	ZWF S	ZWF S	ZWF S	ZWF S

* Fruchtfolge-Feld für die Probenahme

Bodenanalysen und Probenahme

Für die Untersuchungen zur Aggregatstabilität wurden Mischproben (50 Einstiche pro Parzelle, 0-5cm) mit einem Grassodenprobennehmer im März 2008 entnommen. Die Ermittlung der Aggregatstabilität erfolgte im Naßsiebverfahren nach DIN 19683-16. Die Bestimmung der Gehalte an Gesamt-Stickstoff (N_t) und organischem Kohlenstoff (C_{org}) erfolgte mittels Verbrennungsverfahren nach Dumas (Tabatabai & Bremmer 1991). Als Maß für die Infiltrationsrate erfolgte die Bestimmung der gesättigten Wasserleitfähigkeit mittels Haubenpermeameter nach Hartge, für die im April 2008 250 cm³ große Stechzylindern (10 Wiederholungen/Parzelle) in einer Tiefe von 0 bis 6 cm gezogen wurden.

Um die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse zu gewährleisten und fruchtartspezifische Eigenschaften und Auswirkungen zu vermeiden, wurden innerhalb jeder Fruchtfolge die Parzellen mit Winterweizen beprobt.

Die stofflichen Inputs und der Humussaldo wurden mit Hilfe des landwirtschaftlichen Betriebsmanagementsystems REPRO (Hülsbergen 2003) berechnet, indem die Bewirtschaftungs- und Ertragsangaben (1998-2003) der Versuchsfruchtfolgen als unterschiedliche Fruchtfolgen eines Betriebes angenommen und analysiert wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Aggregatstabilität

Der Vergleich der Fruchtfolgen zeigte die höchste Aggregatstabilität bei gemulchtem Klee gras ohne die Hackfrucht Kartoffel in der Rotation (FF5) (Tab. 2). Die niedrigste Stabilität wurde in der FF6 mit Körnerleguminosen als Hauptfrucht mit den ergänzenden Zwischenfrüchten zwischen den 2 Getreidekulturen gemessen. Die Werte der anderen Fruchtfolgen ließen sich als Unterschiede nicht absichern. Auffällig war jedoch, dass die Aggregatstabilität in der FF 2, 3 und 6 eine geringe Streuung aufweist.

Wasserleitfähigkeit

Die gesättigte Wasserleitfähigkeit lag mit 2800 cm/d - 5000 cm/d (geom. Mittel) sehr hoch. Aufgrund der hohen Streuung, die wohl u.a. durch die flache Probenahme von

0-6cm bewirkt wurde, ergaben die Messungen keinen signifikanten Unterschied. Die im Vergleich zu Literaturdaten hohen Werte waren wohl durch die flache Probenahme bedingt.

C_{org} und N_t

Die Ergebnisse zu den Gehalten an organischen Kohlenstoff und Stickstoff ermöglichten eine Differenzierung der Fruchtfolgen. Jeweils die höchsten Werte wiesen die Fruchtfolge 5 (gemulchtes KG ohne Kart. 1,40 % C; 0,134 % N) auf, gefolgt von Fruchtfolge 3 (Stallmistdüngung 1,37 % C; 0,131 % N). Mit 1,13 % C_{org} und 0,108 % N_t liegt die Fruchtfolge 6 (Körnerleguminosen) an letzter Stelle. Das CN-Verhältnis war nahezu identisch bei 10,4.

Tab. 2: Aggregatstabilität, C_{org}, N_t, C/N und kf-Werte unter Winterweizen (0-5cm), sowie Kennzahlen der C-Versorgung in den Fruchtfolgen 1-6

	Aggstab %	C _{org} %	N _t %	C/N	kf geom m/d	bodenwirksamer Kohlenstoff kg C/ha					HE-Saldo
						Humusmehrer	Strohdüngung	Gründüngung	Σ C Pflanzenmaterial	Org. Dünger	
FF1	13,0ab	1,18a	0,111a	10,6	3,3	638	157	35	829	128	0,59
FF2	9,1ab	1,24ab	0,118ab	10,5	3,8	592		58	650	157	0,16
FF3	10,2ab	1,37bc	0,131b	10,4	3,9	603		58	661	191	0,45
FF4	13,0ab	1,25ab	0,123ab	10,2	2,8	447		220	667		0,15
FF5	17,2b	1,40c	0,134b	10,5	3,6	592	215	209	1015		0,99
FF6	6,2a	1,13a	0,108a	10,5	5,1	226	296	99	621		0,49

Fruchtfolge und C-Versorgung

Zur Analyse der Ursachen für Effekte der Fruchtfolgen auf die Aggregatstabilität und die Werte der organischen Substanz im Boden wurden die verschiedenen C-Inputs mit dem Programm REPRO berechnet. Aus der Zufuhr von Kohlenstoff durch Ernte- und Wurzelrückstände wurde der im Boden wirksame Anteil berechnet, der die unterschiedlichen Humusreproduktionskoeffizienten des pflanzlichen Materials berücksichtigt. Fruchtfolge 5 mit dem gemulchten Klee gras, den Zwischenfrüchten und der Rückführung des Stroh s erzielte die höchste rechnerische C-Anreicherung.

In den Humussalden (nach REPRO) ergaben sich in der betrachteten Periode von 1998-2003 große Differenzen von 0,15 HE/ha*a in FF4 bis zu 0,99 HE/ha*a in der FF5. Diese Werte gingen nicht parallel zu den Werten des bodenwirksamen C, da in die Berechnung des Saldos zusätzlich der Humusbedarf der Kulturen unter Berücksichtigung der Ertragsleistung mit eingeht.

Die Aggregatstabilität korreliert mit $r = 0,87(*)$ recht eng mit der Summe der bodenwirksamen C-Menge aus den Pflanzenresten und der Gründüngung. Die Gehalte an Kohlenstoff und Stickstoff im Boden korrelierten dagegen besser mit C-Input durch den organischen Dünger. Ganz offensichtlich wird die Aggregatstabilität während der Zersetzung des bodenwirksamen C erzeugt, während die Höhe des (inerten) Humus im Boden nicht positiv auf die Aggregatstabilität wirkt. Der kf-Wert stand in negativer Korrelation zur Aggregatstabilität und damit auch zum C-Eintrag durch die Pflanzenreste (außer Stroh). Eine Erklärung steht aus.

Tab. 3: Korrelationen (nach Pearson) der gemessenen Bodenwerte mit den berechneten C-Einträge und deren Signifikanz, *($p=0,05$), **($p=0,01$)

	bodenwirksamer Kohlenstoff kg C/ha nach REPRO								
	Corg%	Nt%	kf geom.	Humus-mehrer n=6	Stroh-düngung n=3	Grün-düngung n=6	Σ C Pflanzenmaterial n=6	Org. Dünger n=3	HE-Saldo n=6
Agg-stab %	0,637	0,619	-0,708	0,587	-0,684	0,561	0,872*	-0,655	0,564
	0,174	0,191	0,115	0,221	0,521	0,247	0,023	0,545	0,244
Corg %		,990**	-0,327	0,557	-0,252	0,382	0,516	0,986	0,429
		0,000	0,527	0,251	0,838	0,455	0,294	0,106	0,396
Nt %		1	-0,354	0,481	-0,179	0,473	0,449	0,994	0,348
			0,491	0,334	0,885	0,343	0,372	0,072	0,499
kf geom.			1	-0,633	0,966	-0,341	-0,325	0,914	0,146
				0,177	0,167	0,509	0,529	0,266	0,782

Die Aggregatstabilität als ein Maß für die Stabilität des Bodens gegen Erosion ist durch die Fruchtfolgen und insbesondere durch den Eintrag des Kohlenstoffs durch die Pflanzenreste (EWR und Gründüngung, außer Stroh) verbessert worden. Damit könnte die Menge des bodenwirksamen C als Maß dienen, das die Veränderung der Aggregatstabilität unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus abbildet. Sie könnte als Indikator in der ABAG Eingang finden. Der Humussaldo bildet diesen Aspekt der Bodenveränderung anscheinend weniger gut ab. Diese ersten Ergebnisse weisen darauf hin, wie und welche Richtung die Untersuchungen in Zukunft geführt werden sollten.

Literatur

- Kainz et al. (2009): Wirkungen des Ökologischen Landbaus auf Bodenerosion – Beitrag 1a: Das Projekt „Anpassung bestehender Methoden zur Abschätzung der Bodenerosion an die Bedingungen des Ökologischen Landbaus“. Beitrag in diesem Konferenzband.
- Hülsbergen, K. J., 2003: Entwicklung und Anwendung eines Bilanzmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. 257, Halle: Shaker.
- Pommer, G. & Fuchs, R. 2003: Versuchsergebnisse aus Bayern - Ökologischer Landbau Produktionstechnische Versuche zur Fruchtfolge. Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.).
- Tabatabai, M.A. & J.M. Bremner, 1991: Automated instruments for determination of total carbon, nitrogen, and sulfur in soils by combustion techniques." IN: Smith, K.A., cd., Soil Analysis Modern Instrumental Techniques Second Edition, Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 261-286.