

Einfluss des Leguminosen-Managements auf die Anfälligkeit des Bodens gegen Erosion

Hans-Jürgen Reents¹⁾, Christoph Müller¹⁾, Norman Siebrecht¹⁾, Max Kainz¹⁾,
Robert Brandhuber²⁾

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme
Technische Universität München¹⁾

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz²⁾

Zusammenfassung

In der Diskussion um die Umweltwirkungen des Ökologischen Landbaus wird davon ausgegangen, dass die Bodenerosion durch längere Bodenbedeckung sowie durch bessere Aggregation der Böden durch Wurzeln und organische Düngung verringert wird. In einem Dauerversuch, der auf die Wirkungen des Leguminosen-Managements in verschiedenen Fruchtfolgen ausgerichtet ist, wurde die Aggregatstabilität in der obersten Bodenschicht (0-5cm) untersucht und mit anderen Bodeneigenschaften sowie Indikatoren der Kohlenstoffbilanzierung korreliert. Es wurden deutliche Differenzen in der Aggregatstabilität zwischen den verschiedenen Fruchtfolgen gefunden. Der bodenwirksame Kohlenstoff aus dem frischen, eingearbeiteten Pflanzenmaterial (Wurzeln, Stoppelreste, Gründüngung) hatte die engste Korrelation zur Aggregatstabilität.

Summary

It is supposed that organic farming reduces soil water erosion due to 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 were differences in aggregate stability between the crop rotations. The incorporated plant material (roots, stubble residues, green manure) showed the best correlation to the stability of soil aggregates.

Einleitung und Zielsetzung

Hinweise, dass unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus der Verlust von Oberboden durch Erosion im Vergleich zum konventionellen Anbau geringer ist, sind von Reganold et al. (1987) schon vor einiger Zeit veröffentlicht worden. Bei der Abschätzung der Bodenerosion werden bisher die modifizierenden Effekte des Ökologischen Landbaus nicht berücksichtigt (Siebrecht & Kainz 2009).

Ein wesentliches Kennzeichen Ökologischer Fruchtfolgen sind größere Anteile von Leguminosen oder deren Mischungen (Klee-/Luzerne-Gras). Neben der längeren Bedeckungszeit ist vor allem die mechanische Stabilisierung des Bodens (Wurzelreste, Bodenaggregate), die über den eigentlichen Anbauzeitraum hinausgeht, von Bedeutung. Wie Kainz et al. (2009) beschreiben, fehlen bisher Untersuchungen zur Wirkung von Klee gras bzw. und vergleichbarer Gemenge (Pommer & Fuchs 2003) völlig.

Im Fruchtfolgeversuch der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft der unterschiedliche Strategien des Leguminosen-Managements abbildet, wurden die Effekte auf die Erosionsanfälligkeit der Böden untersucht. Dabei werden gemessene Parameter zur Struktur- bzw. Aggregatbildung und zum Humushaushalt mit Daten über den Eintrag von Kohlenstoff durch die Bewirtschaftung (organische Dünger, Ernte- und Wurzelrückstände) verglichen. Letztendlich werden so die Auswirkungen von Fruchtfolgen mit variierendem Leguminosen-Management auf das Erosionsrisiko quantifiziert.

Methoden

Der Fruchtfolgeversuch der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft ist auf der Versuchsstation Viehhausen (Oberbayerisches 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 worden und ist darauf ausgerichtet, die Wirkungen verschiedener Fruchtfolgen und des damit verbundenen Leguminosen-Managements auf die Wirtschaftlichkeit des Ackerbaus sowie mögliche Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit zu erfassen (Pommer & Fuchs 2003). Er ist als randomisierte Blockanlage mit 6 Fruchtfolgen (FF1-FF6) in drei Wiederholungen (Tab. 1) mit einer Parzellengröße von 18x8m angelegt.

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 (Nt) und organischem Kohlenstoff (Corg) 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.

Tab. 1 Fruchtfolgen und Düngung im Versuch; RG: Rindergülle, S: Stroh, ST: Stallmist, KGA (RB): Klee gras aufwuchs als Rotationsbrache, ZWF: Zwischenfrucht, (*Probenahme im Winterweizen*)

FF1			FF2			FF3			FF4			FF5			FF6		
Klee gras Jahr 1	Klee gras Jahr 2		Klee gras	Klee gras		Klee gras	Klee gras		Klee gras	Klee gras		Klee gras	Klee gras		Klee gras	Klee gras	
	Kartoffel		Kartoffel	Kartoffel		Kartoffel	Kartoffel		Kartoffel	Kartoffel		Kartoffel	Kartoffel		Kartoffel	Kartoffel	
	<i>Winterweizen</i>		<i>Winterweizen</i>	<i>Winterweizen</i>		<i>Winterweizen</i>	<i>Winterweizen</i>		<i>Winterweizen</i>	<i>Winterweizen</i>		<i>Winterweizen</i>	<i>Winterweizen</i>		<i>Winterweizen</i>	<i>Winterweizen</i>	
	Winterroggen		Winterroggen	Winterroggen		Winterroggen	Winterroggen		Winterroggen	Winterroggen		Winterroggen	Winterroggen		Winterroggen	Winterroggen	
-	-	30 m ³ RG	-	30 m ³ RG	-	200 dt SM	-	200 dt SM	-	KGA (RB)	-	-	KGA (RB)	S	ZWF S	ZWF S	ZWF S
		20 m ³ RG, S		20 m ³ RG											ZWF S	ZWF S	ZWF S
		20 m ³ RG, S		20 m ³ RG											ZWF S	ZWF S	ZWF S
															Sommergerste	Futtererbse	Sommergerste
															Futtererbse	Futtererbse	Futtererbse
															<i>Winterweizen</i>	<i>Winterweizen</i>	<i>Winterweizen</i>
															Sommergerste	Sommergerste	Sommergerste

Bodenanalysen und Probennahme

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 FF2, FF3 und FF6 eine geringe Streuung aufwies.

Wasserleitfähigkeit

Die gesättigte Wasserleitfähigkeit lag mit 2800 cm/d - 5000 cm/d (geom. Mittel) sehr hoch. Aufgrund der hohen Streuung, ergaben die Messungen keinen signifikanten Unterschied. Die im Vergleich zu Literaturdaten hohen Werte und die hohe Streuung waren wohl durch die flache Probenahme bedingt.

Corg und Nt

Die Ergebnisse der Gehalte an organischem Kohlenstoff und Stickstoff ermöglichten eine Differenzierung der Fruchtfolgen. Jeweils die höchsten Werte wiesen die Fruchtfolge FF5 (gemulchtes KG ohne Kart. 1,40 % C; 0,134 % N) auf, gefolgt von Fruchtfolge FF3 (Stallmistdüngung 1,37 % C; 0,131 % N). Mit 1,13 % Corg und 0,108 % Nt liegt die Fruchtfolge FF6 (Körnerleguminosen) an letzter Stelle. Das C/N-Verhältnis war über alle Fruchtfolgen nahezu identisch bei 10,4.

Tab.2. Aggregatstabilität, Corg, Nt, C/N und kf-Werte unter Winterweizen (0-6 cm), sowie Kennzahlen der C-Versorgung in den Fruchtfolgen FF1-FF6

	Aggstab %	Corg %	Nt %	C/N	kf geom m/d	bodenwirksamer Kohlenstoff kg C/ha nach REPRO					HE-Saldo
						Humusmehr	Strohdüngung	Gründüngung	Sum C Pflanzen	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 FF5 mit dem gemulchten Klee gras in der Rotationsbrache, den Zwischenfrüchten und der Rückführung des Strohs erzielte die höchste rechnerische C-Zufuhr.

Tab. 3: Korrelationen (nach Pearson) der gemessenen Bodenwerte mit den berechneten C-Einträge und deren Signifikanz

	Corg %	Nt %	kf geom.	bodenwirksamer Kohlenstoff kg C/ha nach REPRO					HE-Saldo
				Humusmehr n=6	Strohdüngung n=3	Gründüngung n=6	Sum C Pflanzen n=6	Org. Dünger n=3	
Aggstab %	0,637	0,619	-0,708	0,587	-0,684	0,561	0,872	-0,655	0,564
Signifikanz	0,17	0,19	0,12	0,22	0,52	0,25	0,02	0,55	0,24
Corg %		0,990	-0,327	0,557	-0,252	0,382	0,516	0,986	0,429
Signifikanz		0,00	0,53	0,25	0,84	0,45	0,29	0,11	0,40
Nt %			-0,354	0,481	-0,179	0,473	0,449	0,994	0,348
Signifikanz			0,49	0,33	0,89	0,34	0,37	0,07	0,50
kf geom.				-0,633	0,966	-0,341	-0,325	0,914	0,146
Signifikanz				0,18	0,17	0,51	0,53	0,27	0,78

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 korrelierte 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 in dieser Weise auf die Aggregatstabilität wirkt. Der kf-Wert als Maß für die Wasserleitfähigkeit und Infiltration stand in dieser Untersuchung in negativer Korrelation zur Aggregatstabilität und damit auch zum C-Eintrag durch die Pflanzenreste (außer Stroh). Eine Erklärung steht aus.

Schlussfolgerungen

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. Der Humussaldo bildet diesen Aspekt der Bodenveränderung anscheinend weniger gut ab. Diese ersten Ergebnisse weisen darauf hin, wie und in welche Richtung die Untersuchungen in Zukunft durchgeführt werden sollten.

Literaturverzeichnis

Kainz, M., Siebrecht, N., Reents, H.J. (2009): Wirkungen des Ökologischen Landbaus auf Bodenerosion – In: Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Köster, Berlin, 53-56.

Hülsbergen, K. J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Halle: Shaker; 257 S.

Pommer G. & Fuchs, R. (2003): Ökologischer Landbau. Produktionstechnische Versuche zur Fruchtfolge. In: Bayer. Landesanst. f. Landwirtschaft (Hrsg.): Versuchsergebnisse aus Bayern. Berichtsjahr 2003

<http://www.hortigate.de/scripts/WebObjects.dll/Hortigate.woa/vb/bericht?nr=29536>

Reganold J. P., Lloyd E. F., Unger Y. L. (1987): Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. Nature 330 (26): 370 - 372.

Siebrecht, N. & Kainz, M. (2009): Wirkungen des Ökologischen Landbaus auf Bodenerosion - Beitrag 3: Eignung bestehender Methoden, Defizite und Anpassungsbedarf. In: Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Köster, Berlin, 75-78.

Tabatabai, M.A. & Bremner, J.M. (1991): Automated instruments for determination of total carbon, nitrogen, and sulfur in soils by combustion techniques." In: Smith, K.A., (ed.), Soil Analysis Modern Instrumental Techniques Second Edition, Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 261-286.

Zitiervorschlag: Reents H-J, Müller C, Siebrecht N, Kainz M & Brandhuber R (2009):
Einfluss des Leguminosen-Managements auf die Anfälligkeit des Bodens gegen Erosion.
In: Wiesinger K & Cais K (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologi-
schen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2009, Tagungsband. –Schriftenreihe der LfL 7,
119-123