

Ausgewählte Parameter zur Bodenfruchtbarkeit: Ökologische und konventionelle Bewirtschaftung im Vergleich

Jung, R.¹ & Schmidtke, K.²

Keywords: soil fertility parameters, farming systems, earthworms

Abstract: Organic agriculture should sustain, enhance and protect the health and fertility of soils. However, for this aims the current state of research should be well-known in order to derive further recommendations. A systematic literature review compared data of conventional and organic farming systems with regard to five selected soil fertility parameters. Results for earthworm parameters indicated that these organisms are more abundant in organically managed soils. Moreover, soil pH values were higher in organic farming systems than in conventional farming systems. In contrast to this penetration resistance of soils were lower in organic farming systems.

Einleitung und Zielsetzung

Die natürlich gewachsenen Böden der Erde erfüllen wichtige grundständige Funktionen: Lebensraum für das Edaphon, Speicher und Puffer für Wasser und Nährstoffe, Produktionsmedium für die Erträge der Kulturpflanzen. Natürliche Faktoren (Niederschläge, Temperatur) und menschliche Aktivitäten (Bodenbearbeitung, Düngung) beeinflussen die Bodenfruchtbarkeit eines Standortes. Im einfachsten Fall wird zur Abschätzung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit der Grundertrag der angebauten Kulturpflanzen herangezogen, d.h. die Ertragsleistung bei unterlassener Düngung der Bestände. Quantitative Parameter der Bodenfruchtbarkeit wurden in Deutschland in der Vergangenheit u.a. auf der Grundlage von Dauerversuchen zu sogenannten Bodenfruchtbarkeitskennziffern (Kundler 1989) entwickelt. Viele Studien zeigen zudem, dass der ökologische Landbau im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung u.a. hinsichtlich der Bodenstruktur und beim Bodenleben Vorteile aufweisen kann (u.a. Williams et al. 2017, Mäder et al. 2002). Im Rahmen der vom BÖLN geförderten Studie „Leistungen der ökologischen Landwirtschaft für Umwelt und Gesellschaft“ wurden zum Thema „Bodenfruchtbarkeit“ Literaturanalysen durchgeführt. Ziel war die Sichtung und Erfassung der vorhandenen Studien mit Daten zu ausgewählten Indikatoren.

Methoden

Eine allgemeingültige Beschreibung zur Methodik im Rahmen der Studie „Leistungen der ökologischen Landwirtschaft für Umwelt und Gesellschaft“ ist im vorliegenden

¹ Georg-August-Universität Göttingen, DNPW, Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, rjung@uni-goettingen.de

² Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fachgebiet Ökologischer Landbau, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden,

Tagungsband bei Sanders et al. (2019) zu finden. Die systematische Literaturrecherche beschränkte sich auf die Klimazone „Feuchte Mittelbreiten“ (Schultz 2016) in Europa und Nordamerika. Ostasien wurde ausgenommen. Im Bedarfsfalls wurden Werte aus Grafiken mit dem Tool „WebPlotDigitizer“ ausgelesen. Für die Literaturanalyse im Leistungsbereich „Bodenfruchtbarkeit“ wurde ein Indikatorenset in Anlehnung an Kundler (1989) zusammengestellt. Diese Indikatoren wurden aus drei Teilbereichen ausgewählt: (1) Bodenbiologie: Regenwurm-Biomasse (g/m^2) und Regenwurm-Abundanz (Individuen/ m^2), (2) Bodenchemie: Bodenacidität (pH-Wert im Oberboden) sowie der Gehalt des Nährelements Phosphor ($\text{mg}/100 \text{ g TS}$ Oberboden), (3) Bodenphysik: der Parameter Eindringwiderstand (MPa) als Maß für Bodenverdichtung. Ein Auswahlkriterium für die Erhebung der Vergleichspaare (VGP) war die Verwendung von Studien mit randomisierten, ackerbaulichen Feldversuchen (Dauerversuche oder on-farm-Versuche), die jeweils ökologische und konventionelle Bewirtschaftung verglichen.

Die Literaturrecherche erbrachte im ersten Schritt ca. 1.200 Studien. Deren Verwendbarkeit wurde anhand der beschriebenen Auswahlkriterien geprüft. Schlussendlich verblieben für die ausgewählten fünf Indikatoren 56 Studien mit 307 Vergleichspaaren. Bei 22 der 56 Studien wurden mindestens zwei der ausgewählten Indikatoren abgedeckt.

Ergebnisse

Bei etwa zwei Drittel der ausgewerteten VGP wurde bei ökologischer Bewirtschaftung der Ackerflächen eine höhere Regenwurm-Abundanz (Median Individuen/ m^2 konventionell: 104,6; ökologisch: 191,9) bzw. Regenwurm-Biomasse (Median g/m^2 konventionell: 32,0; ökologisch 71,0) als bei konventioneller Bewirtschaftung festgestellt. Bei 13 von 64 VGP (Abundanz) bzw. 39 von 93 VGP (Biomasse) wurden die Ergebnisse zu „öko > kon“ als signifikant ausgewiesen.

Der Median des pH-Wertes über alle 71 VGP betrug bei konventioneller Bewirtschaftung 6,2 und bei ökologischer Bewirtschaftung 6,6. Bei 62 % der untersuchten VGP war eine ökologische Ackerbewirtschaftung mit einem höheren pH-Wert im Oberboden verbunden, bei 11 von 71 VGP wurde dies in den Studien als signifikant ausgewiesen. Bei nur 18 % der untersuchten VGP war der pH-Wert bei konventioneller Bewirtschaftung höher (nur ein VGP signifikant).

Im Gegensatz zu den Indikatoren Regenwürmer und Bodenacidität, waren die Ergebnisse für den Indikator Phosphor-Gehalt im Oberboden weniger eindeutig. Versuchsindividuelle Düngestrategien mit Phosphor haben wesentlich zu den dargestellten Resultaten (Tab. 1) beigetragen. Dies wurde deutlich, wenn die 11 europäischen und drei amerikanischen Studien getrennt betrachtet wurden. Bei alleiniger Betrachtung der europäischen Studien (24 VGP) unterschieden sich die beiden Bewirtschaftungssysteme kaum.

Die Bodenverdichtung an einem Standort kann durch wiederholte Messung von Eindringwiderständen abgeschätzt werden. Jedoch wurden nur 4 Studien ermittelt, die den systematischen Vergleich ökologisch versus konventionell vornahmen. Bei

48 % der Vergleichspaare wurde im Oberboden (Tiefenstufen 10 cm, 20 cm und 30 cm) ein geringerer mittlerer Eindringwiderstand bei ökologischer Bewirtschaftung nachgewiesen. In der Oberkrume schien dieser Effekt am stärksten, im Bereich der Pflugsohle (ca. 30 cm Tiefe) am geringsten ausgeprägt zu sein.

Tabelle 1: Vergleich von ökologischer und konventioneller Landbewirtschaftung hinsichtlich ausgewählter Bodenfruchtbarkeits-Indikatoren auf Basis der verfügbaren Vergleichspaare

Indikator	Anzahl Studien	Anzahl VGP	Anteil (%) der VGP, für die gilt:		
			öko > kon	öko = kon	öko < kon
Regenwurm-Abundanz	21	64	64 (41/13*)	27 (17)	9 (6/2*)
Regenwurm-Biomasse	17	93	63 (59/39*)	32 (30)	4 (4/1*)
Bodenacidität, pH-Wert	30	71	62 (44/11*)	20 (14)	18 (13/1*)
Phosphor-Gehalt	14	35	40 (14/7*)	40 (14)	20 (7/3*)
Eindringwiderstand	4	44	2 (1/0)	50 (22)	48 (21/0)

VGP = Vergleichspaare; Unterschiede (>/<) der VGP basieren auf mindestens $\pm 20\%$ iger Abweichung der ökologischen von der konventionellen Variante (Ausnahme: Indikator Bodenacidität mit $\pm 1\%$) oder beruhen auf den Signifikanzangaben in den Studien; Zahlen in Klammern: (Anzahl VGP/Anzahl signifikante VGP gemäß Studie*)

Für den unbearbeiteten Unterboden war die Datenlage schmal (nicht in Tab. 1 verarbeitet). Jedoch zeigte sich, dass zumindest bei den Tiefenstufen 40 cm und 50 cm (2 Studien, je 7 VGP) der Eindringwiderstand bei ökologischer Bewirtschaftung im Mittel niedriger war als bei konventioneller Bewirtschaftung.

Diskussion

Regenwürmer sind wichtige Bodenorganismen, die organisches Material im Boden einarbeiten sowie den Boden durchmischen (Moos et al. 2017). Bei der dargestellten Literaturanalyse (Tab. 1) beruhen die Ergebnisse für Regenwürmer (insgesamt 23 Studien mit Angaben zu Gesamt-Abundanzen und/oder Gesamt-Biomasse) stets auf Daten aus der Summe aller vorhandenen Regenwurm-Arten. Es ist festzustellen, dass die ökologische Bewirtschaftung im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung deutlich besser abscheidet. Offenbar finden Regenwürmer im ökologischen Landbau bessere Lebensbedingungen vor als unter konventioneller Bewirtschaftung. Es ist bekannt, dass eine Reduzierung der Bodenbearbeitung das Vorkommen der Regenwürmer fördert (Moos et al. 2017). Allerdings ist es wahrscheinlicher, dass eine Kombination mehrerer Faktoren entscheidend ist: keine oder weniger PSM, organische Düngung, höhere Corg-Gehalte im Boden, diversere Fruchtfolgen, längere Bodenbedeckung etc.

Etwas überraschend war der Befund, dass der pH-Wert im Oberboden (Median der 71 VGP) bei ökologischer Bewirtschaftung um 0,4 pH-Einheiten höher war als bei konventioneller Bewirtschaftung. Die Ursache kann derzeit nicht exakt benannt werden, da in einigen Studien ausführliche Angaben zu Düngungs- und Kalkungsmaßnahmen fehlten. Ein höherer pH-Wert im Oberboden führt zu einer besseren Gefügestabilität des Bodens sowie zu einer erhöhten bodenbiologischen Aktivität. Dies kann die Fruchtbarkeit des Bodens bei ökologischer Bewirtschaftung im Vergleich zu konventioneller Ackerbewirtschaftung fördern.

Hinsichtlich des Indikators Phosphor-Gehalt im Oberboden wurde die Vergleichbarkeit der Studien durch unterschiedliche P-Analysemethoden und diverse Managementmethoden erschwert.

Im Mittel war der Eindringwiderstand bei ökologischer Bewirtschaftung in den untersuchten Tiefenstufen geringer als bei konventioneller Bewirtschaftung. Dieses Ergebnis ist jedoch nicht repräsentativ, da nur vier verwertbare Studien vorlagen.

Schlussfolgerungen

Vielfach verweisen die gezeigten Ergebnisse auf positive Bodenfruchtbarkeitseffekte des Ökologischen Landbaus. Zu beachten sind jedoch mögliche Zielkonflikte, z.B. könnte reduzierte Bodenbearbeitung den Unkrautdruck erhöhen. Für den Parameter Eindringwiderstand im Boden wären zukünftig Studien nach dem Muster von Crittenden & de Goede (2016) wünschenswert.

Danksagung

Wir danken dem BÖLN für die finanzielle Förderung sowie dem gesamten Projektteam für die fachliche Unterstützung.

Literatur

- Crittenden SJ & de Goede RGM (2016) Integrating soil physical and biological properties in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. *European Journal of Soil Biology* 77: 26-33
- Kundler P (1989) Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Mäder P, Fließbach A, Dubois D, Gunst L, Padruot F & Niggli U (2002) Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1694–1697
- Moos JH, Schrader S & Paulsen HM (2017) Reduced tillage enhances earthworm abundance and biomass in organic farming: A meta-analysis. *Landbauforschung* 67: 123-128
- Schultz J (2016) Die Ökozonen der Erde. 5. Auflage, Ulmer, Stuttgart.
- Williams DM, Blanco-Canqui H, Francis CA & Galusha TD (2017) Organic Farming and Soil Physical Properties: An Assessment after 40 Years. *Agronomy Journal* 109: 600-609