



„Vieharme Landwirtschaft“  
Brauchen wir Tiere für eine nachhaltige  
Bodenfruchtbarkeit?

*Meike Oltmanns*

**Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise e.V**

Forschungsring Materialien Nr. 27

2013



## Vorwort

In der Biologisch-Dynamischen Landwirtschaft besitzt das Nutztier, insbesondere das Rind, einen erheblichen Stellenwert. Dies geht auch auf die hervorragende Erwähnung der Kuh im Landwirtschaftlichen Kurs von Rudolf Steiner zurück.

Die deutschen Demeter-Richtlinien verlangen von landwirtschaftlichen Betrieben einen Viehbesatz mit Wiederkäuern von mindestens 0,2 Großvieheinheiten je Hektar.

Spezialisierung der Betriebe und eine geringe Rentabilität der Rinderhaltung führen im Ökologischen Landbau zunehmend zu einer Reduzierung oder Aufgabe der Tierhaltung. Davon ist auch die biologisch-dynamisch Landwirtschaft betroffen.

Neben den ökonomischen Zwängen stellen sich Fragen über die Rolle anderer Tierarten und neuerdings über die Effekte viehloser Bewirtschaftung.

Für den Demeter e.V. ist Klarheit in diesem Bereich von erheblicher Bedeutung. Im Jahr 2011 gab es deswegen die Anregung, das Thema „vieharme Landwirtschaft“ wissenschaftlich zu reflektieren. Dadurch sollte auch die Zeitgemäßheit der Demeter-Richtlinie geprüft werden.

Das Thema „vieharme Landwirtschaft“ war und ist derart facettenreich, dass unsere begrenzten Möglichkeiten nur zwei Vorstudien zuließen. Beide wurden im Herbst 2012 durchgeführt.

Meike Oltmanns vom Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise e.V. stellt in ihrer Auswertung der aktuellen Literatur zusammen, welchen Einfluss Tierart, Tierbesatz und pflanzliche Düngung auf Bodenfruchtbarkeitsparameter haben (Forschungsring Material Nr. 27).

Jenifer Wohlers betrachtet anhand einzelner konkreter Fallbeispiele die seelisch-lebendige Wirkung von verschiedenen Nutztierarten auf den Hof und die Landschaft. Der Tierbesatz, die Wirkung der Beweidung sowie weitere Faktoren werden berücksichtigt (Forschungsring Material Nr. 28).

Von beiden Vorstudien werden keine abschließenden Antworten erwartet. Die hier zusammengetragenen Beobachtungen können jedoch als Hinweise zur eigenen Urteilsbildung sehr hilfreich sein, so dass wir sie über diese Veröffentlichungen einem größeren Personenkreis erschließen wollen.

Ich wünsche eine anregende Lektüre.

Dr. Uwe Geier



1	Einleitung .....	5
2	Bodenfruchtbarkeit.....	5
3	Einfluss des Systems auf den C <sub>org</sub> -Gehalt .....	6
4	Einfluss der Betriebsform auf den C <sub>org</sub> -Gehalt im ökologischen Landbau.....	7
5	Zwischenfazit .....	9
6	Wirkung von Stallmist auf den Humusgehalt im Boden, Vergleich mit anderen organischen Düngern.....	9
7	Wirkungen von Stallmist und Klee gras auf den Humusgehalt .....	11
8	Wie viele Tiere braucht ein Betrieb für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit? .....	11
9	Welche Tierart ist am besten für eine nachhaltige Bodenfruchtbarkeit? .....	12
10	Exkurs Bodenbearbeitung.....	13
11	Zusammenfassung und Ausblick .....	14
12	Literatur.....	15



## **1 Einleitung**

Das Idealbild eines geschlossenen Betriebsorganismus kennen wir alle: Die Düngung geschieht über eigene Wirtschaftsdünger aus der Rinderhaltung, weiterhin werden Zwischenfrüchte zur Gründüngung angebaut. Alle biodynamischen Präparate werden angewendet. Die Fruchtfolge und die Bodenbearbeitung wird nicht nur mit dem Ziel der Ertragsmaximierung durchgeführt, sondern mit wachsenden Augen auf die Bodenfruchtbarkeit. Patentrezepte gibt es z.B. wegen der Verschiedenartigkeit der Böden nicht.

In ökologischen Betrieben mit Viehhaltung ist der Stallmist die tragende Säule der Düngung. Seine positiven Wirkungen auf Merkmale der Bodenfruchtbarkeit sind in Feldversuchen vielfach belegt worden (z.B. Bachinger, 1996; Fließbach & Mäder, 2000; Mäder & Raupp, 1995; Pettersson et al., 1992), auch außerhalb des ökologischen Landbaus (z.B. Asmus et al., 1990; Diez & Bachthaler, 1978; Jenkinson et al., 1994; Rauhe, 1990).

Für ökologische Betriebe ohne Vieh oder mit nur geringem Tierbestand stellt sich das Problem eine Düngungsalternative für Stallmist zu finden.

Im vorliegenden Bericht werden zum größten Teil Ergebnisse aus Metastudien dargestellt im Hinblick auf die Wirkung von unterschiedlichen Düngungsstrategien und deren Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit.

Da der organische Kohlenstoffgehalt der meist genannte Indikator für die Bodenfruchtbarkeit ist, werden hauptsächlich Ergebnisse zum Gehalt des organischen Kohlenstoffes ( $C_{org}$ ) dargestellt, jedoch mit dem Wissen, dass nicht nur die Humusmenge, sondern auch die Humusqualität und die Diversität der Mikroorganismen sowie ihre Aktivität im Boden entscheidend für die Bodenfruchtbarkeit ist.

## **2 Bodenfruchtbarkeit**

Boden wird als Organ des Betriebes verstanden und so liegt das Augenmerk eines Landwirts oder Gärtners auf der Erhaltung und Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit.

Was versteht man unter Bodenfruchtbarkeit? Es gibt viele Definitionen, schon allein dadurch bedingt, dass es sich beim Boden um einen Organismus handelt. Es laufen physikalische, chemische und biologische Prozesse ab, die komplexe Stoffkreisläufe in Gang setzen, welche von vielfältigen Wechselwirkungen abhängen. Das macht deutlich, dass die Bodenfruchtbarkeit nicht kausal erklärt werden und nicht an einem Parameter festgemacht werden kann, so wie man den Menschen nicht verstehen kann, wenn man nur ein Körperteil / einzelnes Organ untersucht.

Man unterscheidet prinzipiell zwischen der statischen Bodenfruchtbarkeit, die durch Ausgangsgestein, Relief und klimatische Verhältnisse vorgegeben ist und der erworbenen Bodenfruchtbarkeit, die durch die Bewirtschaftung entsteht. Da eine Wechselbeziehung zwischen Bodenfruchtbarkeit, organischer Substanz und Bodenaktivität besteht, bedeutet dies, dass die organische Substanz im Boden nicht nur durch ihre molekularen Substanzeigenschaften erhalten oder erhöht wird, sondern eine Leistung der Ökosystem-Eigenschaften darstellt.

Die tote organische Substanz im Boden, der Humus, wird als organischer Kohlenstoff ( $C_{org}$ )-Gehalt bestimmt. Der  $C_{org}$ -Gehalt ist der meistgenannte Indikator für die Bodenfruchtbarkeit. Zudem hat er Einfluss auf andere Indikatoren wie Aggregatstabilität, Nährstoffretention und -verfügbarkeit sowie den Nährstoffkreislauf. Oft dauert es je nach Bodentyp mehrere Jahre oder Dekaden bis der  $C_{org}$ -Gehalt des Bodens auf geänderte Bewirtschaftungsmaßnahmen wie z. B. Düngung, Bodenbearbeitung, Präparateanwendung und Fruchtfolge reagiert. Daher werden noch weitere Parameter benötigt, die kurzfristiger auf Managementänderungen reagieren.

Die Biomasse und die Aktivität der Mikroorganismen im Boden sind schneller reagierende Kenngrößen der Bodenfruchtbarkeit (Joergensen und Emmerling, 2006). Die mikrobielle Biomasse im Boden macht nur ca. 1 bis 5 % der organischen Substanz aus. "Die mikrobielle Biomasse ist das Nadelöhr, das alles natürliche, organische Material, das in den Boden eintritt, passieren muss" (Jenkinson, 1977). Durch den ständigen Aufbau, Umbau und Abbau der Streu- und Huminstoffe produzieren die Bodentiere und Mikroorganismen immer neue Verbindungen. Sie zersetzen organische Schadstoffe und durch Mineralisation setzen sie Pflanzennährstoffe frei.

### **3 Einfluss des Systems auf den $C_{org}$ -Gehalt**

Zahlreiche Versuche belegen, dass im Ökolandbau der Kohlenstoffgehalt im Boden höher ist als in der konventionellen Landwirtschaft. Jedoch gibt es auch Versuche, die keine Unterschiede gefunden haben.

Die Soil Association (Azeez, 2009) hat in einer nicht begutachteten Zusammenfassung von 39 weltweiten Versuchen mit 100 Vergleichen eine durchschnittliche Differenz im Kohlenstoffgehalt des Oberbodens von 20 % zwischen organischer und konventioneller Landwirtschaft gefunden. Der Unterschied zwischen biologisch-dynamischer und konventioneller Landwirtschaft im Kohlenstoffgehalt des Oberbodens betrug 25 %.

Leifeld und Fuhrer (2010) gingen der Frage nach, ob Ökolandbau im Vergleich zum konventionellen Landbau die Bodenfruchtbarkeit durch höhere Gehalte an organischem Kohlenstoff steigert. Es wurden 68 Datensätze aus 32 begutachteten Studien verglichen. Die Analyse ergab, dass nach der Umstellung auf Ökolandbau im Durchschnitt jährlich 2,2 %  $C_{org}$  mehr gespeichert werden, im konventionellen Anbau gab es keine Änderungen. Die Autoren führen an, dass in den wenigen Studien, in denen die Fruchtfolge und die organische Düngung in beiden Systemen vergleichbar waren, es keine Unterschiede im  $C_{org}$ -Gehalt gab. Die höheren  $C_{org}$ -Gehalte kamen nur Zustände durch die höheren und oft unverhältnismäßig hohen Anwendungen von organischem Dünger im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung.

Eine weitere Studie kommt zu einem anderen Bild. Gattinger et al. (2012) führten eine Metaanalyse durch um die unterschiedlichen Ergebnisse zum  $C_{org}$ -Gehalt von ökologisch oder konventionell genutzten Böden genauer zu betrachten. Eine Metaanalyse fasst Ergebnisse mehrerer Studien mit Hilfe von statistischen Modellen zusammen. Es wurden 74 Studien aus Nord-, Mittel- und Südamerika, Europa, Asien und Australien ausgewertet, die jeweils ökologischen und konventionellen Landbau



miteinander verglichen. Im Oberboden, bis zu einer Tiefe von 20 cm, waren durchschnittlich nach ca. 14 Versuchsjahren in den ökologisch bewirtschafteten Böden die Gehalte des  $C_{org}$  um  $3,50 \pm 1,08 \text{ Mg C ha}^{-1}$  höher als in den konventionell bewirtschafteten Böden. Anders als bei Leifeld und Fuhrer (2010), fanden die Autoren auch signifikante Unterschiede zwischen den Systemen, wenn kein organischer Dünger in die ökologischen Systeme importiert wurde. Die Autoren vermuten, dass die Unterschiede durch Elemente des Gemischtbetriebes zu erklären sind, wie z.B. Stallmistdüngung und die Integration von Futterleguminosen in die Fruchtfolge.

Ein ähnliches Ergebnis haben wir in unserem Langzeitversuch des Instituts für biologisch-dynamische Forschung e. V. gefunden. Seit 1980 wurden Stallmistvarianten mit und ohne Anwendung biologisch-dynamischer Präparate und Mineraldüngung miteinander verglichen. Es hat sich gezeigt, dass die Humusgehalte im Oberboden heute mit Rottemist und biologisch-dynamischen Präparaten am höchsten sind. Bei Rottemist ohne Präparate und noch stärker bei Mineraldüngung sind die Humusgehalte dagegen gesunken. Keine der Düngungsarten hat eine Anhebung der Humusmenge erreicht, aber die Rottemistdüngung mit Präparaten konnte die Werte immerhin auf gleichem Niveau halten und somit einen Humusabbau verhindern (Raupp und Oltmanns 2006).

#### **4 Einfluss der Betriebsform auf den $C_{org}$ -Gehalt im ökologischen Landbau**

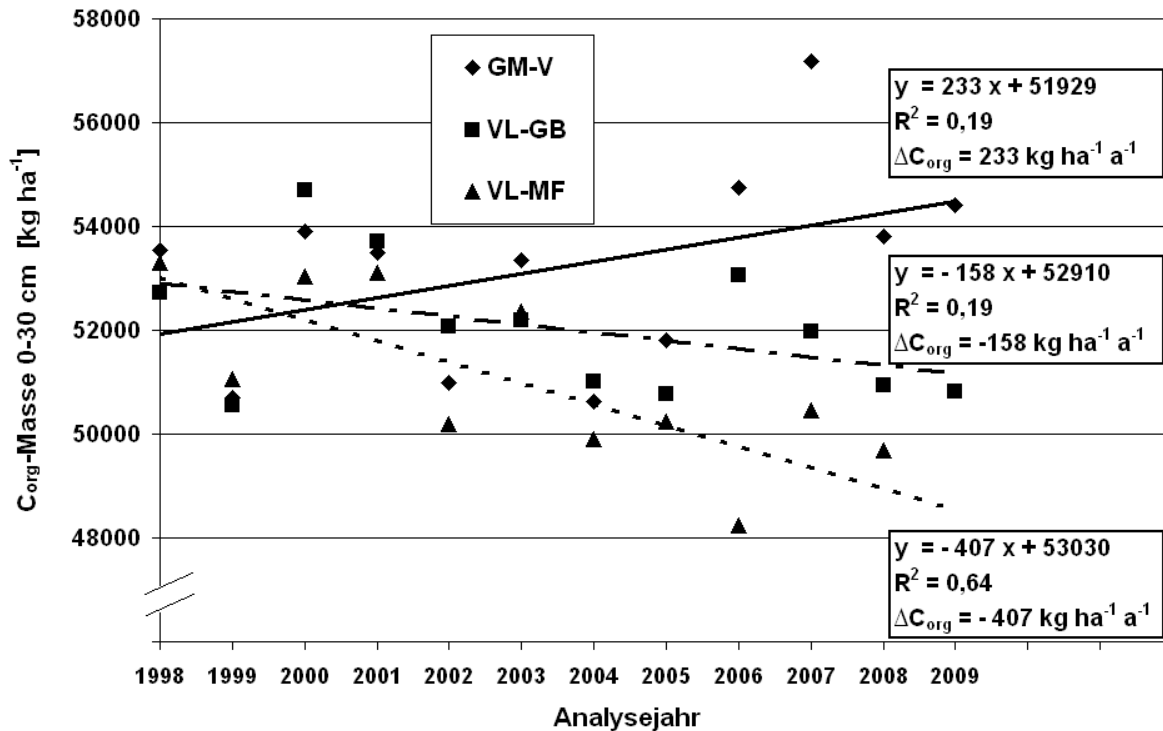
Im Projekt *Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme* welches im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft gefördert wurde, sind auf Pilotbetrieben Humusbilanzen berechnet worden. Die Ergebnisse sind Potenzialabschätzungen und beruhen nicht auf Messungen. Es zeigte sich, dass ökologische Milchvieh-/Gemischtbetriebe Potenziale zur Humusanreicherung besitzen, während im Mittel der ökologischen Marktfruchtbetriebe von gleichbleibenden Humusgehalten auszugehen ist (Abb. 1). Allerdings zeigen die Streuungen der Betriebe auch, dass in jedem System, ob Marktfrucht- oder Gemischtbetrieb, positive wie auch negative Humusbilanzen zu Stande kommen. Das bedeutet, dass die Betriebsform nicht allein ein Garant für nachhaltige Bodenfruchtbarkeit ist und es einzelbetriebliche Optimierungsaufgaben gibt.

Kennzahl	Marktfruchtbau (n = 12)			Milchvieh (n = 16)		
	Mittel	min	max	Mittel	min	max
Tierbesatz (GV ha <sup>-1</sup> )	0	0	0	0,9	0,3	1,6
Luzerne-Klee gras	19	0	35	38	0	80
Humusbedarf (kg C ha <sup>-1</sup> )	-533	-734	-355	-382	-808	0
Stroh-/Gründüngung (kg C ha <sup>-1</sup> )	218	43	317	46	0	201
Stalldung, Gülle (kg C ha <sup>-1</sup> )	73	0	285	238	0	736
Humussaldo (kg C ha <sup>-1</sup> )	-9	-340	216	227	-143	925

**Abbildung 1:** Humusbilanzen ökologischer Pilotbetriebe (Hülsbergen und Schmid, 2013)

Auch die Untersuchungen von Schulz (2012) bestätigen, dass ökologische Bewirtschaftung nicht per se eine Förderung der Humusvorräte bedeutet.

Er untersuchte Langzeitwirkungen einer viehlosen ökologischen Wirtschaftsweise mit oder ohne Grünbrache im Vergleich zu einer Produktion mit Rinderhaltung und Stallmistanwendung. In seinen Untersuchungen schnitt der ökologisch wirtschaftende Gemischtbetrieb (mit 1 GV ha<sup>-1</sup>) nach zwei Fruchtfolgeperioden (6 Fruchtfolgeglieder) im Hinblick auf die Stickstoff-Ausnutzung und den Humusgehalt am besten ab. In der Abbildung 2 sind die Veränderungen der Humusmenge in der Ackerkrume als Menge an organisch gebundenem Kohlenstoff (C<sub>org</sub>) im Boden seit Versuchsbeginn dargestellt. Nur in der Variante Gemischtbetrieb mit Viehhaltung stieg der Humusgehalt des Bodens an. Bei den zwei viehlosen Betrieben gab es einen Humusabbau. Bei der viehlosen Bewirtschaftung ohne Grünbrache wurden im Verlauf der 11 Versuchsjahre 8 % des zu Versuchsbeginn vorhandenen Humusvorrates abgebaut, das entspricht einem jährlichen Humusverlust von 0,7 t ha<sup>-1</sup>. Demnach wird die Bodenfruchtbarkeit der viehlosen Betriebe sinken und es besteht Handlungsbedarf die Bodenfruchtbarkeit wieder anzuheben. Dies könnte z.B. durch die Integration einer Grünbrache in die Fruchtfolge geschehen. Wie die Abbildung zeigt, kommt es aber auch bei dieser Variante zum Humusabbau, die Verluste lagen bei 0,27 t ha<sup>-1</sup>. Ökologische Bewirtschaftung bedeutet nicht per se eine Förderung der Humusvorräte



**Abbildung 2:** Variation der Massen an organisch gebundenem Kohlenstoff [kg C<sub>org</sub> ha<sup>-1</sup>] im Verlauf der Jahre in der Bodenschicht 0-30 cm in Abhängigkeit vom Betriebssystem. (Schulz, 2012)

GM-V = Gemischtbetrieb mit Viehhaltung (obere Linie)

VL-GB = Viehloser Betrieb mit Rotationsbrache (mittlere Linie)

VL-MF = Viehloser Betrieb ohne Rotationsbrache (untere Linie)

## 5 Zwischenfazit

- Ökolandbau speichert mehr Humus als konventioneller Landbau
- Bei ökologischer Wirtschaftsweise schneidet der Gemischtbetrieb besser ab als der Marktfruchtbetrieb
- Optimierungsbedarf besteht allerdings auch bei den ökologischen Gemischtbetrieben

## 6 Wirkung von Stallmist auf den Humusgehalt im Boden, Vergleich mit anderen organischen Düngern

In einem Versuch in der südöstlichen Poebene (Italien) wird seit 1966 untersucht wie sich organische Düngung und mineralische Stickstoffdüngung auf die Dynamik des Kohlenstoff- und Stickstoffhaushaltes in einer Fruchtfolge Mais-Weizen auswirkt. Jährlich werden je nach Variante Rindermist, Gülle, Pflanzenreste (Weizenstroh und Maisstängel) auf Basis der gleichen Trockenmasse untergepflügt (40 cm). Bei Weizen sind dies 6 t TM ha<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup> und bei Mais 7,5 t TM ha<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup>. Als weiterer Faktor wird noch eine Stickstoffdüngung zu jeder organischen Düngung ergänzend gedüngt: 0-100-200-300 kg N ha<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup>. Zu Versuchsbeginn lag der C<sub>org</sub>-Gehalt bei 7,72 g kg<sup>-1</sup>, nach 34 Jahren war der Gehalt (Mittelwert von allen Parzellen) in den ersten 0-40 cm des Bodens um 12 % gesunken (Abb. 3). Der C<sub>org</sub>-Gehalt war bei der

Mistdüngung nach 34 Jahren 16 % höher als bei Gölledüngung und 27 % höher als bei der Düngung mit Pflanzenresten (Triberti et al., 2008).

Düngung	C <sub>org</sub> (g kg <sup>-1</sup> ) *	N <sub>t</sub> (g kg <sup>-1</sup> )
Kontrolle	5,43 c	0,77 d
Stallmist	8,17 a	1,09 a
Gülle	7,04 b	0,96 b
Strohdüngung	6,44 b	0,88 c
N0 (0)	6,66	0,91
N3 (300)	6,87	0,95

\* Anfangsgehalt (1966): 7,72 g kg<sup>-1</sup>

**Abbildung 3:** C<sub>org</sub>- und N<sub>t</sub>-Gehalte im Oberboden (0-40 cm) nach 34 Jahren mit organischen Düngern (auf gleicher Trockensubstanz-Basis) und mit Mineraldüngung (kg ha<sup>-1</sup> N); Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (p<0,05), (Triberti et al., 2008).

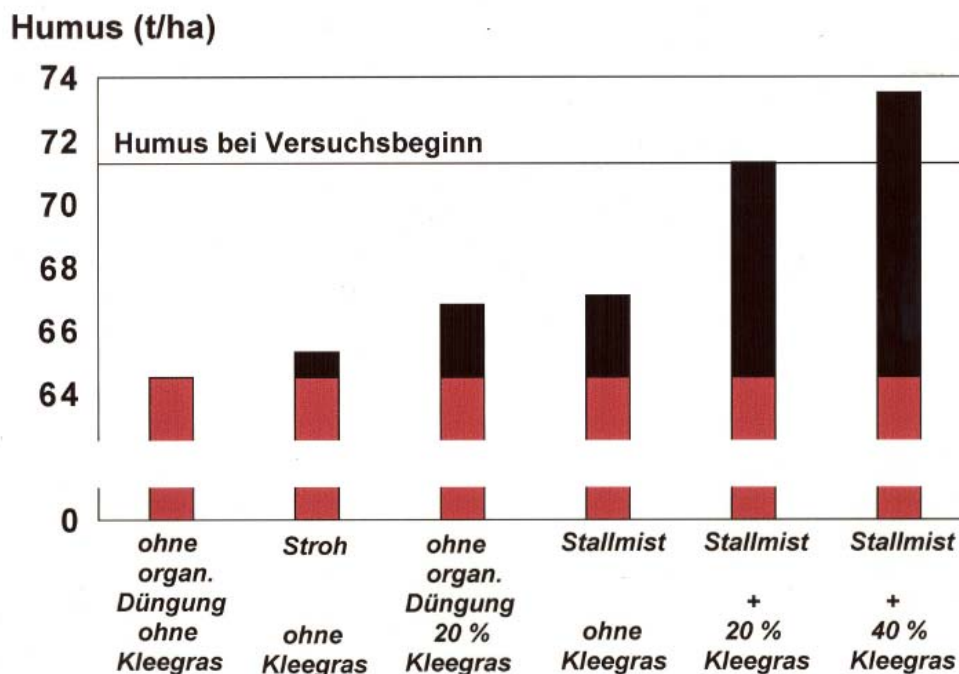
Raupp und Oltmanns (2006) haben in einem Langzeitversuch, der seit 1996 durchgeführt wird, ähnliche Ergebnisse herausgefunden. Es wurden in einem Feldversuch pflanzliche organische Dünger (Ackerbohnschrot), Stallmist mit und ohne Präparateanwendung und Mineraldünger in einer viergliedrigen Fruchtfolge verglichen (Varianten siehe Tabelle 1). Nach 10 Jahren Versuchsdauer konnte nur die Rottemistdüngung den C<sub>org</sub>-Gehalt des Bodens konstant halten. Das Ausgangsniveau lag 1996 bei 0,78 % C<sub>org</sub>. Die pflanzliche organische Düngung hat zu niedrigeren C<sub>org</sub>-Gehalten geführt als Rottemist (sowohl mit als auch ohne Präparateanwendung). Der niedrigste Humusgehalt zeigte sich bei Mineraldüngung, mit 0,72 % C<sub>org</sub>. Dieses Niveau unterscheidet sich nicht signifikant von den Gehalten bei pflanzlicher organischer Düngung (0,74 bzw. 0,75 % C<sub>org</sub> im gleichen Zeitraum). Die Steigerung der Rottemistmenge erreichte die höchsten Humusgehalte (0,86 bzw. 0,83 % C<sub>org</sub>), wobei die Anwendung der Präparate niedrigere C<sub>org</sub>-Gehalte zur Folge hatte. Der C<sub>org</sub>-Gehalt als wichtige Kenngröße der Bodenfruchtbarkeit weist damit auf einen Mangel in der langjährigen pflanzlichen Düngung hin.

**Tabelle 1:** Organischer Kohlenstoffgehalt (%) im Oberboden nach 10 Jahren unterschiedlicher Düngung; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (p<0,05).

Variante	% C <sub>org</sub>
Rottemist, 100 kg ha <sup>-1</sup> N	0,79 b
Rottemist und biol.-dyn. Präparate, 100 kg ha <sup>-1</sup> N	0,78 b
Ackerbohnschrot, 100 kg ha <sup>-1</sup> N	0,75 ab
Ackerbohnschrot und biol.-dyn. Präparate, 100 kg ha <sup>-1</sup> N	0,74 a
Rottemist, 170 kg ha <sup>-1</sup> N	0,86 c
Rottemist und biol.-dyn. Präparate, 170 kg ha <sup>-1</sup> N	0,83 c
Mineraldünger, 100 kg ha <sup>-1</sup> N	0,72 a

## 7 Wirkungen von Stallmist und Klee gras auf den Humusgehalt

Rauhe (1965) berichtet nach 5-jähriger Versuchsdauer auf einem sandigen Lehmboden in Seehausen bei Leipzig, dass die Humuswirkung von Klee gras in etwa die der Stallmistdüngung entspricht (siehe Abb. 4, Balken 3 und 4). Weder die Stallmistdüngung noch der Klee grasanbau (20 % in der Fruchtfolge) allein, konnten den Anfangshumusgehalt erhalten. Erst die kombinierte Anwendung von Stallmist und Klee grasanbau hielt den Humusgehalt auf dem Ausgangsniveau. Durch 40 % Klee grasanbau in der Fruchtfolge (mehrjähriger Klee grasanbau) und Stallmistdüngung konnte der Humusgehalt gesteigert werden. Dies ist auf die Bodenruhe während des Anbaus und in der Zufuhr hoher Mengen an Ernte- und Wurzelrückständen zurückzuführen. Zudem ist der Anbau von Klee gras die einzige Importquelle von Stickstoff, der neben dem organischen Kohlenstoff genauso wichtig ist für den Humusaufbau.



**Abbildung 4:** Änderung des Humusgehaltes auf sLehm, 5 Jahre nach Versuchsanlage, Dauerversuch Seehausen (Rauhe, 1965).

## 8 Wie viele Tiere braucht ein Betrieb für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit?

Im wissenschaftlichen Vergleich konventioneller Landwirtschaft mit Mineraldüngung, organisch biologischer und biologisch-dynamischer Landwirtschaft zeigte sich im DOK-Versuch, dass der Humusgehalt nur auf dem Ausgangsniveau gehalten werden konnte, wenn die Düngung auf  $1,4 \text{ GV ha}^{-1}$  basierte. Das Düngungsniveau von  $0,7 \text{ GV}^{-1}$  reichte in der Fruchtfolge (3. Periode) mit den Kulturen Kartoffeln, Winterweizen (Zwischenfrucht), Rote Bete, Winterweizen, 3-jähriges Klee gras nicht aus, um den organischen Kohlenstoffgehalt zu erhalten.

**Tabelle 2:** Veränderungen des  $C_{org}$ -Gehaltes im Mittel der 3. Fruchtfolgeperiode (1992-1998) zum Anfangsgehalt von 1977 des DOK-Versuches;. D = Biodyn; O = Organisch; K + Mist = konv. + Mist; K + Min = konv. + Mineraldünger; N = ungedüngt; Unterschiedliche Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Tukey's HSD test),  $p < 0.05$ . (Fließbach et al. 2007)

System	GV / ha	Veränderung (%) der $C_{org}$ -Gehalte	
D	0,7	-14	bc
O	0,7	-16	bc
K + Mist	0,7	-16	bc
K + Min	0	-15	bc
N	0	-22	c
D	1,4	1	a
O	1,4	-9	b
K + Mist	1,4	-7	ab

### **Einfluss der Erhöhung der Düngung von 0,7 GV / ha auf 1,4 GV / ha**

Wie bereits erwähnt spielt nicht nur der organische Kohlenstoffgehalt sondern auch die Mikroorganismen eine Rolle in der Fruchtbarkeit der Böden. Im DOK-Versuch konnte durch die Erhöhung der Düngung die Zahl der Mikroorganismen und ihre Aktivität gesteigert werden (Fließbach et al. 2007):

- + 13 % Mikrobieller Biomasse-Kohlenstoff ( $C_{mic}$ )
- + 19 % Mikrobieller Biomasse-Stickstoff ( $N_{mic}$ )
- + 23 % Dehydrogenaseaktivität (DHA)
- + 11 % Basalatmung

## **9 Welche Tierart ist am besten für eine nachhaltige Bodenfruchtbarkeit?**

In Wald- und Grünlandböden macht der mikrobielle Kohlenstoffgehalt ( $C_{mic}$ -Gehalt) < 5% vom organischen Bodenkohlenstoff aus, in den bewirtschafteten Böden sind es unter 2,5 % (FIERER et al., 2009). Trotz der geringen Größe spielt die mikrobielle Biomasse eine fundamentale Rolle in der Dynamik des organischen Kohlenstoffs.. Die mikrobielle Biomasse ist eng gekoppelt mit der Quantität und Qualität der C-Einträge sowie mit der Konzentration der organischen Bodensubstanz (SOM).

Die Autoren KALLENBACH et al. (2011) haben in einer Meta-Analyse publizierte Ergebnisse der letzten 20 Jahre ausgewertet. Es wurde geprüft wie  $C_{mic}$  und  $N_{mic}$  auf die Zufuhr von organischem Dünger reagieren im Vergleich zu konventionellen Systemen, die nur Mineraldünger erhalten haben.

Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass neben den chemisch-physikalischen Eigenschaften der Böden die chemische Zusammensetzung der organischen Dünger sowie ihre Düngungshöhe (gemessen an der gedüngten Trockensubstanz) den größten Einfluss auf den  $C_{mic}$  hatten.

Die Zufuhr von organischen Düngern im Vergleich zur Mineraldüngung erhöhte den  $C_{mic}$  um 36 % und den  $N_{mic}$  um 27 %. Vergleicht man nur Mineraldünger und Rindermist, so lag die Konzentration von  $C_{mic}$  rund 60 % höher bei der Düngung mit Rindermist (Mittelwert aus 41 Studien). Rindermist war der einzige organische Dünger, der einen höheren Einfluss auf den  $C_{mic}$  hatte als der Versuchsdurchschnitt. Stallmist (Stallmist bedeutet, dass es aus der Literatur nicht ersichtlich war, von welcher Tierart der Mist stammte) und die Zufuhr von Pflanzenresten und Gründüngung hatten ähnliche Effekte auf den  $C_{mic}$ , lagen aber deutlich unter dem Rindermist. Der Geflügelmist schnitt im Hinblick auf den  $C_{mic}$  am schlechtesten ab, er lag unter dem Durchschnitt aller Versuche (11%  $C_{mic}$  versus 36%  $C_{mic}$ ). Somit scheint der Rindermist einen höheren Effekt auf die mikrobielle Biomasse zu haben als die anderen organischen Dünger. Eine mögliche Erklärung ist der höhere Trockensubstanzgehalt von Rindermist und der höhere Anteil von organisch gebundenem Stickstoff.

## 10 Exkurs Bodenbearbeitung

Für die Erhaltung bzw. Steigerung der Bodenfruchtbarkeit spielen neben der Zufuhr von organischer Substanz und einer gut durchdachten Fruchtfolge, die Umweltbedingungen im Boden eine sehr bedeutende Rolle. Laut Schmidt et al. (2011) ist der Kohlenstoff in der Krume weniger stabil gebunden als bisher angenommen wurde. Zahlreiche Faktoren, wie z.B. die räumliche Verteilung von trockenen und feuchten Stellen im Boden, sowie Absonderungen von Pflanzenwurzeln (Wurzelexsudate), Wechselwirkungen von organischer mit anorganischer Materie und die Boden-Mikroorganismen beeinflussen die Abbaugeschwindigkeit der organischen Bodensubstanz. Aufgrund der vielfältigen Wechselwirkungen muss auch auf die standortangepasste Bodenbearbeitung geachtet werden. Zu häufiges Pflügen kann auf der einen Seite die Boden-Aggregate zerschlagen und dadurch zu Erosionen und Verschlammungen führen und auf der anderen Seite kann es den mikrobiellen Abbau fördern. Dies könnte trotz standortangepasster Fruchtfolge, einer ausgeglichenen Humusbilanz und Düngung mit Rindermist zum Humusabbau führen. Zur Zeit wird der Einfluss der Bodenbearbeitung jedoch noch kontrovers diskutiert. Verschiedene Autoren berichten über eine Humus-Anreicherung bei reduzierter Bodenbearbeitung (Berner et al., 2008), andere stellen lediglich eine Umverteilung der Humusmenge zu Gunsten der oberen Hälfte der Ackerkrume und zu Lasten der unteren Krumenhälfte fest (Schulz 2012). Weitere Forschungsergebnisse im Hinblick auf die Bodenbearbeitung sind abzuwarten.

## 11 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei ökologischer Bewirtschaftung mehr Humus gespeichert wird als bei konventioneller Bewirtschaftung. Im Hinblick auf die Betriebsart und Düngungsform schneidet der Gemischtbetrieb besser ab als der Marktfruchtbetrieb. Rindermist in Kombination mit Klee gras ist für die Bodenfruchtbarkeit am besten. Jedoch darf die Bodenbearbeitung und die Fruchtfolge nicht außer Acht gelassen werden.

Die dargestellten wissenschaftlichen Ergebnisse bestätigen somit den erheblichen Stellenwert des Rindes in der biologisch-dynamischen Landwirtschaft.

Die Frage, wie viele Tiere wir brauchen, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten bzw. zu steigern, kann nicht abschließend beantwortet werden. Dies muss betriebsindividuell geprüft werden. Der Standort mit dem vorherrschenden Klima und Bodentyp spielt dabei eine große Rolle. Weiterhin können Grenzertragsstandorte kaum 1 GV ha<sup>-1</sup> ernähren. Auch ist die Mistqualität entscheidend in der Humusersatzleistung. Sie ist abhängig von der Fütterung, der Einstreu und der Aufbereitung (nur gelagert, gerottet, kompostiert, Präparate).

Es ist denkbar, dass durch eine sorgfältige Mistaufbereitung durch Kompostierung, gekoppelt mit einer standortangepassten, reduzierten Bodenbearbeitung und eine in der Humusbilanz positiven Fruchtfolge, eine geringere Menge Stallmist gedüngt werden muss, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Dies ist in weiteren Versuchen zu prüfen. Ferner sollte folgende Frage in weitergehenden Versuchen geklärt werden: *Können Betriebe kostengünstig eigene pflanzliche Düngemittel herstellen und diese durch einen geringen Zuschlag von Stallmist aufwerten, um eine nachhaltige Bodenfruchtbarkeit zu gewährleisten?* In der gesichteten Literatur gab es keine Versuche, die Rindermistkompost und pflanzlichen Kompost direkt miteinander verglichen haben.



## 12 Literatur

Asmus, F; Görlitz, H.; Blütchen, G. (1990): Ergebnisse aus einem 30jährigen Dauerver- such zu Fragen der organischen Düngung auf Tieflehm-Fahlerde in Groß Kreutz. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. 34, 329-336.

Azeez, G. (2009): Soil carbon and organic farming. A review of the evidence on the relationship between agriculture and soil carbon sequestration, and how organic farming can contribute to climate change mitigation and adaptation. Soil Association, Bristol, UK. pp. 1–212.

Bachinger, J. (1996): Der Einfluss unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf die zeitliche Dynamik und die räumliche Verteilung von boden-chemischen und -mikrobiologischen Parametern der C- und N-Dynamik sowie auf das Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen. Diss. Univ. Gießen. Schriftenreihe Bd. 7, Inst. f. Biol.-Dyn. Forschung, Darmstadt

Berner, A.; Hildermann, I.; Fliessbach, A.; Pfiffner, L.; Niggli, U.; Mäder, P. (2008): Crop yield and soil quality response to reduced tillage under organic management. Soil & Tillage Research: 89-96.

Diez, T. und Bachthaler, G. (1978): Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolge, Düngung und Bodenbearbeitung auf den Humusgehalt der Böden. Bayer. Landw. Jahrb. 55, 368-377

Fierer, N.; Strickland, M.S.; Liptzin, D.; Bradford, M.A.; Cleveland, C.C. (2009): Global patterns in belowground communities. Ecol. Lett. 12, 1238–1249

Fließbach, A. and Mäder, P. (2000): Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. Soil Biology & Biochemistry 32, 757-768

Fließbach, A.; Oberholzer, H.R.; Gunst, L.; Mäder, P. (2007): Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. Agriculture Ecosystems & Environment 118, 273–284.

Gattinger, A.; Müller, A.; Häni, M.; Skinner, C.; Fließbach, A.; Buchmann, N.; Mäder, P.; Stolze, M.; Smith, P.; El-Hage Scialabba, N. ; Niggli, U. (2012): Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. PNAS October 15, 2012

Hülsbergen, K.-J.; Schmid, H. (2013): Energie- und Treibhausgasbilanzierung in ökologischen und konventionellen Betriebssystemen, in: Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe in Deutschland, Thünen-Institut Braunschweig, 27. Februar 2013, S. 4 – 10

Jenkinson, D.S. (1977): The soil biomass. In: Brookes, P.C., 2001. The soil microbial biomass: Concept, Measurement and Applications in soil ecosystem research. Microbes and Environment 16, 131-140.

Jenkinson, D.S; Bradbury, N.J.; Coleman, K. (1994): How the Rothamsted classical experiments have been used to develop and test models for the turnover of carbon and nitrogen in soil. In: Leigh, R.A.; Johnston, A.E., (eds.). Long-term experiments in agricultural and ecological sciences. CAB International, Wallingford, Oxon, UK; 117-138

Joergensen, R.G., Emmerling, C. (2006): Methods for evaluating human impact on soil microorganisms based on their activity, biomass, and diversity in agricultural soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169:295–309.

Kallenbach, C.; Grandy, A. S. (2011): Controls over soil microbial biomass responses to carbon amendments in agricultural systems: A meta-analysis *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 144, Issue 1, November 2011, Pages 241–252

Leifeld, J., Fuhrer, J. (2010): Organic farming and soil carbon sequestration: what do we really know about the benefits? *Ambio* 39, 585–599.

Mäder, P. and Raupp, J. (editors) (1995): Effects of low and high external input agriculture on soil microbial biomass and activities in view of sustainable agriculture. Proc. 2nd Meeting Concerted Action Fertilization Systems in Organic Farming (AIR3-CT94-1940), Oberwil, 15-16 Sep. 1995

Pettersson, B.D.; Reents, H.J.; Wistinghausen, E.v. (1992): Düngung und Bodeneigenschaften. Ergebnisse eines 32-jährigen Feldversuches in Järna, Schweden; Schriftenreihe Bd. 2, Inst. f. Biol.-Dyn. Forschung, Darmstadt

Rauhe, K. (1965): Humusersatzwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Düngung und des Ackerflächenverhältnisses. *Albrecht - Thaer-Archiv*, Berlin 9, S. 349-364.

Rauhe, K. (1990): Ergebnisse und Erfahrungen aus langjährigen Feldversuchen mit organischer Düngung sowie 15N-Anwendung. *VDLUFA-Schriftenreihe* 30, Kongreßband 1989; 509-516

Raupp, J.; Oltmanns, M. (2006): Soil properties, crop yield and quality with farmyard manure with and without biodynamic preparations and with inorganic fertilizers. In: RAUPP, J.; PEKRUN, C.; OLTMANNS, M.; KÖPKE, U. (Eds.); Long-term Field Experiments in Organic Farming. *ISOFAR Scientific Series* 1; Verlag Dr. Köster, Berlin; 135-155

Raupp, J.; Oltmanns, M. (2006b): Farmyard manure, plant based organic fertilisers, inorganic fertiliser - which sustains soil organic matter best? *Aspects of Applied Biology* 79, 273-276

Schmidt, M.W.I.; Torn, M.S.; Abiven, S.; Dittmar, T.; Guggenberger, G.; Janssens, I.A.; Kleber, M.; Kögel-Knabner, I.; Lehmann, J.; Manning, D.A.C.; Nannipieri, P.; Rasse, D.P.; Weiner, S.; Trumbore, S.E. (2011): Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478, 49–56.

Schulz, F (2012): Vergleich ökologischer Betriebssysteme mit und ohne Viehhaltung bei unterschiedlicher Intensität der Grundbodenbearbeitung. Dissertationsschrift Justus-Liebig-Universität Gießen 2010, Giessener Schriften zum Ökologischen Landbau 5, Verlag Dr. Köster, Berlin. Online abrufbar: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/9058/>