

## Einfluss von biologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf biologische Bodenqualitätsparameter: Entwicklungen im DOK Langzeitversuch nach pH-Regulierung

Oberholzer, H.R.<sup>1</sup>, Fließbach, A.<sup>2</sup>, Mäder, P.<sup>2</sup> and Mayer, J.<sup>1</sup>.

*Keywords: farming systems, soil microbial parameters, DOK long term field trial.*

### Abstract

*In the long-term DOK field trial at Therwil, Switzerland, agricultural farming systems are compared since 1978: CONFYM (mineral and organic fertilisers, synthetic pesticides), BIOORG (organic fertilisers, mechanical weeding and biological disease and pest control) and BIODYN (with composted manure and bio-dynamic preparations), all of them at two fertiliser intensities of 0.7 and 1.4 livestock units per ha, respectively. They are compared with CONMIN (conventionally managed, exclusively minerally fertilised) and NOFERT (unfertilised control). CONFYM and CONMIN were limed with 2.7 t CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> in 1999, CONMIN with additional 2 t CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> in 2005, since pH values had dropped below officially recommended values. In spring of 1998 and 2006 soil samples from 0 to 20 cm depth were analysed for soil microbial biomass (substrate induced respiration SIR and chloroform fumigation extraction CFE), soil respiration and dehydrogenase activity.*

*NOFERT and CONMIN exhibited the lowest microbial soil properties. Manure application influenced most soil microbial parameters positively. Differences between treatments in soil microbial parameters were smaller in 2006 than in 1998 due to pH regulation. Only CFE and dehydrogenase activity were higher in BIODYN than in BIOORG and CONFYM in 2006. For physiological methods SIR and soil respiration, no differences between these three systems were measured. Because of liming, manure use, a wide ley rotation and equal plant residue management no more differences between BIOORG and CONFYM, representing the predominant farming systems in Switzerland were observed for all soil microbial properties.*

### Einleitung und Zielsetzung

Im DOK-Versuch wird seit 1978 der Einfluss der drei Bewirtschaftungssysteme biologisch-dynamisch, biologisch-organisch und konventionell auf verschiedene Bodeneigenschaften verglichen. Die Ergebnisse sind sowohl für die biologische als auch für die konventionelle Landwirtschaft von grossem Interesse, weil für beide eine hohe Bodenqualität wichtig ist. Als Indikatoren für die Bodenqualität eignen sich besonders biologische Bodenparameter wie mikrobielle Biomasse und Aktivität. Im DOK-Versuch wurde bisher zwei Mal eine vollständige Untersuchung der mikrobiologischen Parameter auf allen Parzellen durchgeführt, in den Jahren 1998 und 2006. Im vorliegenden Beitrag werden die Untersuchungsergebnisse von 2006 dargestellt, mit jenen von 1998 verglichen und die festgestellten Veränderungen interpretiert.

---

<sup>1</sup> Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191, CH-8046, Zürich, Schweiz, hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch, www.art.admin.ch

<sup>2</sup> Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Ackerstrasse, CH-5070, Frick, Schweiz,

## Methoden

Im DOK-Versuch in Therwil werden seit 1978 die folgenden 3 Anbausysteme miteinander verglichen: Biologisch dynamisch (BIODYN): Düngung mit kompostiertem Mist und Gülle, Pflanzenschutz nach biologischen Richtlinien (ohne Kupferanwendung), Anwendung von biologisch-dynamischen Präparaten; Biologisch organisch (BIOORG): Düngung mit Rottemist und Gülle, Pflanzenschutz nach biologischen Richtlinien; Konventionell (CONFYM): Düngung mit Mist, Gülle und mineralische Ergänzung, Pflanzenschutz mit Pestiziden. Diese 3 Bewirtschaftungssysteme werden auf 2 Düngungsstufen, entsprechend 0.7 und 1.4 DGVE/ha, durchgeführt und verglichen mit „Mineralisch“ (CONMIN): In der 1. Fruchtfolgeperiode ohne Düngung und mit chemischem Pflanzenschutz, seither ausschließlich mit mineralischer Düngung, Abfuhr aller Erntenebenprodukte wie bei allen andern Verfahren, konventioneller Pflanzenschutz und „Ohne Düngung“ (NOFERT): keine Düngung, Pflanzenschutz wie bei BIODYN. Eine 7jährige Fruchtfolge mit 2 Jahren Klee gras wird in 3 Wiederholungen zeitlich versetzt angebaut. CONFYM und CONMIN wurden im Jahr 1999 mit 2.7 t CaCO<sub>3</sub> pro ha gekalkt, CONMIN zusätzlich im Jahr 2005 mit 2 t pro ha, entsprechend den Angaben in den Grundlagen für die Düngung im Ackerbau. Die Bodenproben 2006 wurden im März unter den Kulturen Klee gras 1. Jahr, Klee gras nach 2 Jahren und Winterweizen entnommen, auf 2 mm gesiebt und bis zur Bestimmung bei 3°C gelagert. Folgende Parameter wurden bestimmt: Mikrobielle Biomasse (SIR- und CFE- Methode), Bodenatmung und Dehydrogenaseaktivität (DHA) sowie pH-Wert und C<sub>org</sub>-Gehalt. Die Untersuchungen 1998 waren in gleicher Weise durchgeführt worden (Fließbach et al. 2007). Die Daten wurden varianzanalytisch ausgewertet mit Einbezug der signifikanten Kovariablen pH-Wert im Jahr 1977 und Tongehalt (%) von 2006. Mehrfache Mittelwertsvergleiche wurden mit einem post-ANOVA Tukey-HSD Test durchgeführt Dargestellt sind die so resultierenden Least-Square Mittelwerte.

## Ergebnisse

Die höchsten Werte für pH und C<sub>org</sub> wurden im Verfahren BIODYN2 bestimmt (Tab. 1). Die Verfahren BIOORG2 und CONFYM2 wiesen signifikant tiefere pH-Wert auf, unterschieden sich jedoch bei beiden chemischen Parametern nicht.

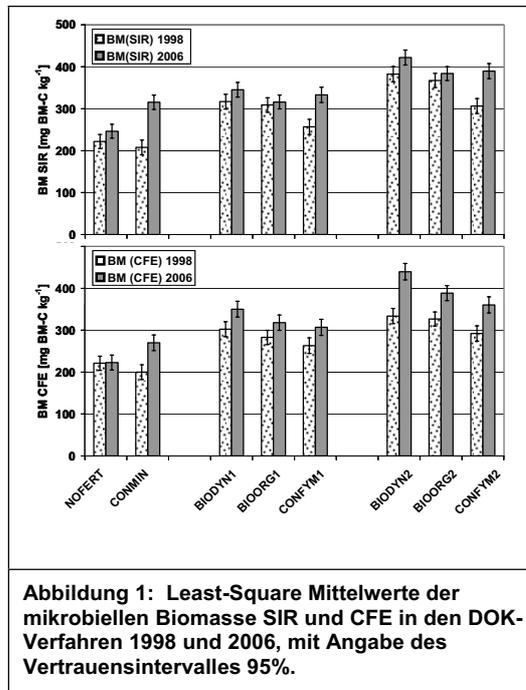
**Tabelle 1: Bodeneigenschaften und mikrobiologische Parameter in den DOK-Verfahren 2006, Mittelwert (MW) bzw. Least-Square Mittelwerte (LSM)**

Verfahren <sup>#</sup>	pH (CaCl <sub>2</sub> )		C <sub>org</sub> (mg/kg)		Biomasse C <sub>mic</sub> CFE (µg/g)		Biomasse SIR (µg/g)		Basalatmun g (µg CO <sub>2</sub> /g*h)		DHA (µg TPF/g*h)	
	MW	*	LSM	*	LSM	*	LSM	*	LSM	*	LSM	*
NOFERT	5.2	e	9.8	f	223	f	246	e	0.27	d	5.0	e
CONMIN	6.1	ab	11.0	bcde	272	e	315	d	0.37	abc	6.8	d
BIODYN1	5.9	c	11.7	bcde	351	bcd	345	bcd	0.34	bd	8.3	bcd
BIOORG1	5.6	d	11.6	ce	317	cd	316	d	0.34	cd	7.3	cd
CONFYM1	5.6	d	11.4	def	305	de	333	cd	0.34	abcd	7.2	d
BIODYN2	6.3	a	13.9	a	440	a	422	a	0.38	ac	10.9	a
BIOORG2	5.9	bc	12.8	abd	389	b	384	abc	0.38	ab	9.3	ab
CONFYM2	5.8	c	12.4	abc	359	bc	390	ab	0.37	abc	8.8	bc

\*Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ( Tukey HSD , p=0.05)  
#: 1= 0.7 DGVE, 2 = 1.4 DGVE

Bei den Verfahren mit reduzierter Düngung (0.7 DGVE) waren die Werte generell geringer, wiesen aber zwischen den Anbausystemen dieselben Unterschiede auf wie bei normaler Düngung (1.4 DGVE/ha). Das ungedüngte Verfahren zeigte sowohl für den pH-Wert wie auch für den C<sub>org</sub>-Gehalt die geringsten Werte. Der pH-Wert von CONMIN war nach erfolgter Kalkung beinahe so hoch wie im biologisch dynamischen Verfahren, während der C<sub>org</sub>-Gehalt etwas geringer als in BIODYN1, BIOORG1 und CONFYM1 war.

Bei allen mikrobiologischen Parametern fanden sich ebenfalls die höchsten Werte beim biologisch-dynamischen Verfahren der normalen Düngungsstufe, gefolgt von den Verfahren biologisch-organisch und konventionell, die sich bei diesen Parametern nicht signifikant unterschieden. Bei der Bodenatmung und der mikrobiellen Biomasse SIR waren die Unterschiede zwischen den drei Anbausystemen nicht signifikant. Die Verfahren mit reduzierter Düngung wiesen im Vergleich zur normalen Düngung für alle mikrobiologischen Parameter geringere Werte auf.



**Abbildung 1: Least-Square Mittelwerte der mikrobiellen Biomasse SIR und CFE in den DOK-Verfahren 1998 und 2006, mit Angabe des Vertrauensintervalles 95%.**

Die Unterschiede zwischen den Anbausystemen der reduzierten Düngungsstufe waren wesentlich geringer und für keinen mikrobiologischen Parameter signifikant. Die Ergebnisse für die Böden des Verfahrens NOFERT waren für alle biologischen Parameter am geringsten, während sie für CONMIN ausser bei der Basalatmung knapp unter den Ergebnissen der Verfahren mit reduzierter Düngung lagen.

Um die Entwicklung der Verfahren Unterschiede im Zeitraum 1998 bis 2006 vergleichen zu können, werden diese Ergebnisse der mikrobiellen Biomasse SIR und CFE in Abbildung 1 dargestellt. Von 1998 bis 2006 hat die mikrobielle Biomasse SIR in den gekalkten Verfahren CONMIN und CONFYM relativ zu den

andern Verfahren stärker zugenommen und zu einer Angleichung der Verfahren BIOORG und CONFYM auf beiden Düngungsniveaus geführt. Dagegen sind bei der mikrobiellen Biomasse CFE sind zwischen 1998 und 2006 (ausser für das Verfahren NOFERT) keine wesentlichen Veränderungen der Verfahren Unterschiede festzustellen.

## Diskussion

Zwischen den Verfahren im DOK-Versuch zeigten sich im Jahr 2006 bei den biologischen und den chemischen Parametern sehr ähnliche Abstufungen, was sich auch in hohen Korrelationskoeffizienten äusserte. Zwischen pH-Wert und biologischen Parametern wurden Korrelationskoeffizienten ( $r^2$ ) von 0.55 bis 0.68 festgestellt, zwischen  $C_{org}$ -Gehalt und biologischen Parametern von 0.71 bis 0.91.

Während die Entwicklung des  $C_{org}$ -Gehaltes weitgehend als systemimmanent betrachtet werden kann, ist das für den pH-Wert nicht immer der Fall. Die pH-Werte in den Verfahren mit mineralischer Düngung (CONMIN, CONFYM1 und CONFYM2) waren im Jahr 1998 in vielen Parzellen tiefer als der in den Grundlagen für die Düngung empfohlene Grenzwert für eine Kalkung. Die deshalb im Jahr 1999 und 2005 (nur CONMIN) durchgeführte Kalkung führte zu einer Erhöhung der pH-Werte in diesen Verfahren und zu einer teilweisen Angleichung der mikrobiologischen Parameter, insbesondere der mikrobiellen Biomasse SIR und der Bodenatmung. Im selben Zeitraum 1998 bis 2006 blieb bei der Biomasse CFE die Verfahrensdifferenzierung jedoch weitgehend unbeeinflusst. Diese unterschiedliche Reaktion der beiden Methoden kann damit erklärt werden, dass die mikrobielle Biomasse SIR als physiologische Methode sensibler auf Veränderungen der Lebensbedingungen im Boden reagiert. Ferner gilt es zu berücksichtigen dass die

Ergebnisse der mikrobiellen Biomasse SIR, sowie der Bodenatmung in Böden des mineralischen Verfahrens CONMIN möglicherweise durch abiotische CO<sub>2</sub>-Freisetzung aus dem im Jahr 2005 gedüngten CaCO<sub>3</sub> im Jahr 2006 beeinflusst worden sind.

Um den Einfluss vor Versuchsbeginn vorliegenden chemisch und physikalischen Bodeneigenschaften auf die mikrobiellen Parameter angemessen berücksichtigen zu können, wurden die Daten der beiden Messreihen 1998 und 2006 mittels Kovarianzanalyse ausgewertet. Als Kovariablen wurden zu Versuchsbeginn in den einzelnen Parzellen gemessenen pH-Werte und die im Jahr 2006 gemessenen Tongehalte verwendet. Die resultierenden Least-Square Mittelwerte zeigen den um die Einflüsse der Kovariablen korrigierten mikrobiellen Parameterwert an und unterscheiden sich deshalb teilweise von den Mittelwerten der aktuellen und den publizierten Messdaten von 1998 (Fliessbach et al. 2007).

### Schlussfolgerungen

Während sich im Zeitraum 1998 bis 2006 die Relationen der mikrobiellen Biomasse CFE zwischen den Verfahren nur geringfügig änderten, dürften die bei den anderen mikrobiellen Parametern festgestellten Veränderungen zwischen den Verfahren CONFYM1, CONFYM2 und CONMIN vor allem auf die praxisübliche Kalkung zurückzuführen sein. Das biologisch-dynamische Verfahren (BIODYN) wies für die mikrobielle Biomasse CFE und die Dehydrogenase die höchsten Werte auf, zeigte für die mikrobielle Biomasse SIR und die Bodenatmung aber keine signifikanten Unterschiede zu den andern Anbausystemen mit gleich hohen Hofdüngergaben. Aufgrund von organischer Düngung mit Mist und Gülle, einer weitgestellten Klee-grasfruchtfolge und dem Anbau von Gründüngungen unterscheiden sich das biologisch-organische (BIOORG) und das konventionelle Verfahren (CONFYM), die den grössten Teil der biologischen bzw. der konventionellen Betriebe in der Schweiz repräsentieren, bei kontrolliertem pH-Wert in keinem der bodenbiologischen Parameter signifikant.

### Literatur

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