

Welche landwirtschaftlichen Anbausysteme fördern das Bodenleben?

In einem weltweit einmaligen Langzeit-Feldexperiment in der Nähe von Basel werden seit 1978 biologische und konventionelle Anbauweisen in einer 7-jährigen Fruchtfolge miteinander verglichen. Die Landbausysteme wirken sich unterschiedlich auf das Bodenleben aus. Vor allem die biologischen Verfahren fördern die Menge, die Aktivität und die Diversität von Bodenlebewesen. Mit der Entwicklung neuer Methoden sind weitere Erkenntnisgewinne möglich geworden. *Andreas Fliessbach, Paul Mäder, Jochen Mayer, Fritz Oehl, Lukas Pfiffner, Martin Hartmann und Franco Widmer*

Andreas Fliessbach, Paul Mäder, Jochen Mayer, Fritz Oehl, Lukas Pfiffner, Martin Hartmann und Franco Widmer

Wie wirkt sich die Anbauintensität (Düngung, Pestizideinsatz) auf die Bodenbiodiversität aus? Im DOK-Versuch bei Therwil BL, der von der Forschungsanstalt Agroscope und dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL betrieben wird, werden auf 96 Einzelparzellen die folgenden Landbausysteme auf einer homogenen Ausgangsfläche verglichen:

D – Biologisch-dynamisch: Mistkompost, mechanische Unkrautregulierung, Pflanzenextrakte und biodynamische Präparate

O – Organisch-biologisch: Rottemist, Gesteinsmehl, Kalimagnesia, mechanische Unkrautregulierung, Pflanzenextrakte und Kupfer

K – Konventionell (organisch und mineralisch; seit 1992 Bewirtschaftung nach den Anforderungen des ökologischen Leistungsnachweises ÖLN): Stapelmist, Mineraldünger (N, P, K), mechanische Unkrautregulierung und Herbizide, Fungizide und Insektizide, Wachstumsregulierer

M – Konventionell (nur mineralisch; seit 1992 ÖLN): Mineraldünger (N, P, K), mechanische Unkrautregulierung und Herbizide, Fungizide und Insektizide, Wachstumsregulierer

N – Ungedüngte Kontrolle: Keine Düngung, biodynamische Feldpräparate

Die Anbausysteme D, O und K werden mit Hofdünger von 1,4 Grossvieheinheiten pro Hektar in fester und flüssiger Form gedüngt. Sie erhalten gemäss den Richtlinien der jeweiligen Produktionsrichtung die erlaubten Mineralstoffe, synthetischen Dünger und Pflanzenschutzmittel. Im konventionellen mineralischen Verfahren (M) werden nur synthetische Dünger und Pestizide eingesetzt. Ein ungedüngtes Verfahren (N) dient als Kontrolle.

Die Bioverfahren (D und O) wiesen im Durchschnitt etwa 20 Prozent geringere Erträge auf als die konventionellen Verfahren (K und M) (Mäder et al. 2002).

Reiches und vielfältiges Bodenleben in Bio-Böden

Erste bodenbiologische Messungen wurden in den frühen 1990er-Jahren durchgeführt. Dabei wurden die Vielfalt und Dichte an Regenwürmern, Nützlingen (Laufkäfer, Kurzflügler, Spinnen, später auch andere Bodentiere wie Nematoden, Kleinringelwürmer, Blattläuse) und Mykorrhiza-Pilzen erhoben sowie die mikrobielle Biomasse und spezielle biologische Aktivitäten anhand von enzymatischen Tests bestimmt. Die Regenwürmer waren zu dieser Zeit erheblich von den damals noch im konventionellen Landbau zugelassenen und sehr toxischen Pestiziden beeinträchtigt. Die biologischen Verfahren wiesen die höchste Regenwurmbiomasse und Anzahl Individuen auf. Die Biomasse der Regenwürmer war um 30 bis 40 Prozent, ihre Anzahl um 50 bis 80 Prozent höher als im konventionellen Verfahren. Gegenüber dem rein mineralisch gedüngten Verfahren waren die Unterschiede noch grösser. Agrarökologisch wichtige vertikal grabende Arten kamen in den beiden konventionellen Verfahren K und M in geringerer Anzahl vor als in den biologischen Verfahren D und O, wie dies auch später auf Praxisbetrieben bestätigt werden konnte (Pfiffner und Luka 2007). Nach dem Verbot der bedenklichsten Pestizide und der Einführung des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) als Voraussetzung für den Bezug von Direktzahlungen im Jahr 1992 konnten sich die Populationen teilweise erholen (Birkhofer et al. 2008, Jossi et al. 2007, Pfiffner und Mäder 1997).

Die Laufkäfer waren in den beiden biologischen Anbausystemen artenreicher und zahlreicher als in den Verfahren K und M (Pfiffner und Niggli 1996). Sieben stark gefährdete Grosslaufkäfer und mikroklimatisch anspruchsvolle Arten kamen ausschliesslich in Bio-Parzellen vor, andere in grösserer Anzahl als in den konventionellen Verfahren. Dies ist nicht überraschend, da einige Pestizide diese Gliedertiere direkt töten können und auch ihr Beuteangebot reduzieren. Die vielfältige Begleitflora und die geringere Bestandesdichte in den biologischen Verfahren verbesserten den Lebensraum für viele Arten dieser Gliedertiere. Dieses Phänomen des anbauspezifischen Artenvorkommens wurde später in On-farm Vergleichsversuchen von extensiv bewirtschafteten Getreideflächen (IP-Extensio) mit Biogetreideflächen bestätigt (Pfiffner und Luka 2003). Zudem wurden in den biologischen Verfahren bis zu zwei Mal höhere Prädatorendichten und tiefere Blattlausdichten festgestellt, was auf erhöhte Ökosystemleistungen im Bereich der natürlichen Schädlingsregulierung hindeutet (Birkhofer et al. 2008).

Die Sporen der arbuskulären Mykorrhizapilze (> S. 14) waren in den Bioverfahren häufiger und vielfältiger als in den konventionellen Verfahren. Die Mykorrhiza-Arten verhielten sich jedoch unterschiedlich: Arten der Gattung *Glomus* waren in allen Verfahren gleich häufig vertreten, während die der beiden Gattungen *Acaulospora* und *Scutellospora* in den Bioverfahren häufiger auftraten (Oehl et al. 2004).

Hofdünger ernähren Mikroorganismen

Die Untersuchungen zur Bodenmikrobiologie basierten in den 1990er-Jahren auf dem sogenannten «Black-box»-Prinzip, bei dem Methoden, um Arten zu unterscheiden, weitgehend

fehlten, und die Bodenmikroorganismen als eine Gesamtheit betrachtet wurden. Die erste Methode zur Ermittlung der mikrobiellen Biomasse war die Chloroform-Fumigation-Extraktionsmethode. Diese Methode wurde 1995 zum ersten Mal im DOK-Versuch eingesetzt und zeigte in den biologisch bewirtschafteten Böden eine um bis zu 40 Prozent erhöhte mikrobielle Biomasse im Vergleich zu den nicht-biologischen Verfahren. Ähnliche Differenzen zeigten sich mit anderen Techniken.

Die drei Agrar-Systeme mit Hofdünger unterschieden sich nicht in jedem Jahr, jedoch war immer die Reihenfolge D > O > K erkennbar. Die Hofdüngervarianten zeigten stets eine deutlich höhere mikrobielle Biomasse als die Mineraldünger-Variante (Fliessbach et al. 2007). Mikrobielle Aktivitäten beinhalten neben dem Abbau der Erntereste auch die damit verbundene Mineralisierung von Nährstoffen für das Pflanzenwachstum. Die Atmung der Mikroorganismen ist ein Indikator für ihre Aktivität. Bezogen auf die mikrobielle Biomasse ist der sogenannte qCO_2 ein Indikator für den Energiebedarf der Mikroben zum Unterhalt ihres Stoffwechsels in ihrer spezifischen Umwelt.

Techniken nur mittels Kultivierung auf speziellen Wachstumsmedien (Agarplatten) möglich. Diese erfassen aber nur einen Bruchteil der im Boden vorhandenen Mikroorganismen. Eine der ersten molekularen Techniken beruht auf der Identifikation von Phospholipid-Fettsäuren (PLFA), die funktionale Bestandteile der Zellmembran sind und eine Unterscheidung von Organismengruppen erlauben. Im Laufe der 1990er-Jahre kamen dann die ersten molekulargenetischen Methoden zum Einsatz, mit welchen die Diversität aufgrund der Erbsubstanz (DNS) ermittelt wird. Erste methodische Arbeiten begannen 1998 mit dem Vergleich dreier methodischer Ansätze: PLFA, DNS, und Substratnutzungstests (BIOLOG), die zeigten, dass jeder methodische Ansatz andere Unterscheidungen ermöglichte.

Im DOK-Versuch angewendet ergaben sich Hinweise, dass die Mikroflora in organisch und nichtorganisch gedüngten Böden sich deutlich unterscheiden (Widmer et al. 2006). Es folgten weitere Untersuchungen der Bodenmikroflora im Jahr 2006 mit PLFA und DNS-Techniken (Esperschütz et al. 2007, Hartmann et al. 2006), die ebenfalls den Effekt der organischen

bauverfahren auf das Bodenleben erkennen. Diese Effekte wurden von kurzfristigen Einflüssen wie Bodenbearbeitung, Düngung und den jeweils angebauten Kulturen überlagert. Förderliche Effekte von Anbausystemen, beispielsweise für Regenwürmer, können durch eine falsch terminierte Bodenbearbeitung vereitelt werden (> S. 28). Nützliche Gliedertiere können durch Kulturmassnahmen (z.B. Herbizid- und Insektizideinsatz) direkt oder indirekt beeinträchtigt werden. Die meisten hetero- und oligotrophen Bodenorganismen werden durch die Zufuhr von organischen Substanzen, die aus der Vegetation oder der organischen Düngung stammen, ernährt und gefördert. Fehlen sie, verhungern die Bodenorganismen und ihre Menge und Aktivität gehen zurück.

Literatur: www.biodiversity.ch > Publikationen > Hotspot



Luftbild des DOK-Versuchs im April 2014. Foto SRF Schweizer Radio und Fernsehen

Die Bioverfahren zeigten besonders im Vergleich zum mineralisch gedüngten Verfahren geringere Werte, was mit einer verbesserten Nutzungseffizienz der in organischen C-Quellen vorhandenen Energie interpretiert wird. Oft wurden Unterschiede im qCO_2 auch mit einer erhöhten Diversität der Mikroben erklärt, ausgehend von dem Konzept, dass komplexe Lebensgemeinschaften die vorhandenen Ressourcen gemeinsam effizienter zum Aufbau von Biomasse umsetzen als einfacher strukturierte Gemeinschaften (Fliessbach et al. 2007).

Neue Untersuchungsmethoden

Die Bestimmung der mikrobiellen Diversität war bis zur Einführung von molekularen

Düngung zeigten. Die PLFA-Analysen zeigten ausserdem eine Unterscheidung der beiden Bioverfahren D und O vom konventionellen Verfahren K an. Eine jüngst erschienene Publikation mit den neusten hochauflösenden, molekulargenetischen Methoden (Hartmann et al. 2014) zeigt, dass sich die Mikroflora aller Verfahren unterscheiden und sich insbesondere durch den Einsatz der qualitativ unterschiedlichen Hofdünger in unterschiedliche Richtungen entwickelt haben (> S. 16f).

Kurzfristige Eingriffe überlagern langfristige Effekte

Schlussfolgernd lassen die bodenbiologischen Untersuchungen langfristige Effekte der Land-

Dr. Andreas Fliessbach ist seit 20 Jahren als Bodenökologe am FiBL tätig. Neben seinen Arbeiten im Rahmen des DOK-Versuchs hat er sich mit den Auswirkungen von Schwermetallen und Pestiziden auf Bodenmikroben befasst. Zurzeit leitet er Projekte zum Aufbau der Bodenfruchtbarkeit.

Dr. Paul Mäder leitet seit 1987 den DOK-Versuch von Seiten des FiBL, wo er dem Departement für Bodenkunde vorsteht. Seine Arbeit fokussiert auf den Vergleich von Agrarsystemen.

Dr. Jochen Mayer ist seit 2007 mit der Leitung des DOK-Versuchs seitens Agroscope betraut. Seine Arbeiten zu Boden-Wurzel-Interaktionen, den Kohlenstoff- und Stickstoff-Flüssen im Wurzelraum und zu Langzeiteffekten biologischer und konventioneller Landwirtschaft haben ihren Schwerpunkt im DOK-Versuch.

Dr. Fritz Oehl ist seit 20 Jahren in der Schweiz als Bodenökologe tätig, davon seit sieben Jahren bei Agroscope. Neben seinen Arbeiten zur Nährstoffverfügbarkeit hat er sich vor allem mit der Biodiversität von arbuskulären Mykorrhizapilzen in Böden diverser Anbausysteme beschäftigt.

Dr. Lukas Pfiffner ist leitender Wissenschaftler am FiBL und betreut Projekte zur agrarökologischen Systemoptimierung im Fokus funktioneller Biodiversität in verschiedenen Kultursystemen.

Dr. Martin Hartmann arbeitet am Eidgenössischen Forschungsinstitut WSL in Birmensdorf (ZH). Er ist mikrobieller Ökologe und spezialisiert auf die Erforschung des Mikrobioms mit den neusten molekulargenetischen Technologien.

Dr. Franco Widmer leitet die Forschungsgruppe «Molekulare Ökologie» bei Agroscope. Er ist ausgebildeter Biochemiker und Zellbiologe und hat sich auf die molekulargenetische Charakterisierung von mikrobiellen Gemeinschaften in der Umwelt spezialisiert.

Kontakt: andreas.fliessbach@fibl.org