

Andreas Surböck, Andreas Kranzler, Rainer Weißhaidinger, Andreas Baumgarten, Martin Fischl

Einfluss der ÖPUL-Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ auf ausgewählte Parameter der Bodenfruchtbarkeit

Zusammenfassung

Der biologische Landbau weist aufgrund seiner Bewirtschaftungsmaßnahmen ein hohes Potential zum Erhalt oder zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit auf. Zum Nachweis und zur Beurteilung dieser Leistung wurde im Rahmen der Evaluierung des österreichischen Agrar-Umweltprogramms im Herbst 2011/Frühjahr 2012 eine Bodenprobenaktion für Biobetriebe durchgeführt. Bei Proben von 276 Ackerschlägen vor allem aus den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich und dem Burgenland wurden der Humusgehalt, die Versorgung mit den Nährstoffen Stickstoff, Phosphor und Kalium und der pH-Wert analysiert. An Hand betrieblicher Fallbeispiele wurde der Einfluss individueller Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Humusversorgung mittels Berechnung von Humusbilanzen und auf das Stickstoffnachlieferungspotential bewertet. Die Einstufung der Analysedaten nach Gehaltsklassen zeigte eine überwiegend ausreichende bis hohe Versorgung der Flächen bei den geprüften Bodenparametern. Die Auswertung der betrieblichen Fallbeispiele wies einen hohen Anteil an humusmehrenden Bewirtschaftungsmaßnahmen aus. Die pflanzenverfügbaren Phosphor- und Kaliumgehalte blieben seit dem Jahr 2003 auf konstantem Niveau. Die Auswertungen lassen auf einen positiven Einfluss der „Biologischen Wirtschaftsweise“ auf die ausgewählten Parameter der Bodenfruchtbarkeit schließen.

Einleitung und Zielsetzung

Die Erhaltung und Förderung einer hohen Bodenfruchtbarkeit ist Voraussetzung für eine nachhaltige ackerbauliche Nutzung des Bodens mit anhaltend stabilen Erträgen auf hohem Niveau. Bodenfruchtbarkeit ist jedoch ein umfassender Begriff, der als ganzes schwer zu fassen ist. Im biologischen Landbau wird Bodenfruchtbarkeit in erster Linie als Eigenschaft des lebendigen Bodens verstanden. Sie beruht auf dem Zusammenwirken idealer biologischer, physikalischer und chemischer Eigenschaften des Bodens. Ein fruchtbarer Boden steht im aktiven Austausch mit den Pflanzen und hat die Fähigkeit sich selbst zu regenerieren und zu strukturieren (Herrmann & Plakolm 1993, FiBL 2012).

Die Bodenfruchtbarkeit kann mit verschiedenen ackerbaulichen Maßnahmen erhalten und gesteigert werden. Eine zentrale Rolle kommt dabei einer geregelten Humuswirtschaft bei, da der Humus einen positiven Einfluss auf beinahe alle Bodeneigenschaften hat. In der

biologischen Bewirtschaftung werden mit dem Anbau mehrjähriger Futterleguminosen, dem Einsatz von organischen Düngern oder dem verstärkten Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten gezielt Maßnahmen zum Humusaufbau und damit zur Erhaltung bzw. Förderung der Bodenfruchtbarkeit umgesetzt. Im ÖPUL-Evaluierungsbericht 2010 wird die „Biologische Wirtschaftsweise“ daher als eine für den Bodenschutz stark wirksame Agrarumweltmaßnahme genannt. Im Vergleich zu konventionell bewirtschafteten Flächen lagen bisher aber nur wenige Analysedaten aus Bodenuntersuchungen von biologisch bewirtschafteten Flächen vor, womit die Wirkung dieser Maßnahme auf unterschiedliche Bodeneigenschaften nicht ausreichend beurteilt und dokumentiert werden konnte.



Abbildung 1: Anbau von Zwischenfrüchten (Bild links) und Leguminosen (Bild rechts) zur Humus- und Stickstoffversorgung der Böden (*Fotos: R. Geßl*).

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden daher ausgewählte Bodenparameter der Bodenfruchtbarkeit in Zusammenhang mit der ÖPUL-Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ untersucht. Der Schwerpunkt lag auf dem Humusgehalt. Darüber hinaus wurden die Parameter pH-Wert, Versorgung mit Kalium, Phosphor und Stickstoff sowie das C/N-Verhältnis analysiert.

Die Projektziele waren

- die erhobenen Daten in Hinblick auf die aktuelle Situation der Bodenfruchtbarkeit der Bioflächen einzuschätzen,
- mehr Informationen zur zeitlichen Entwicklung einzelner Parameter auf Basis der Wiederholung einer im Jahr 2003 durchgeführten Bodenprobenaktion zu erhalten,

- die Humusentwicklung und -versorgung sowie das N-Nachlieferungspotential auf ausgewählten Bioflächen in Verbindung mit der Fruchtfolge und individueller Bewirtschaftungs- und Düngungsmaßnahmen zu beurteilen.

(Material) und Methode

Zur Erreichung der oben angeführten Projektziele wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

Phase 1:

Zu Projektbeginn wurden gezielt Betriebe angeschrieben, welche im Jahr 2003 bei einer speziell für Biobetriebe durchgeführten Bodenuntersuchungsaktion teilgenommen und Proben eingeschickt hatten. Voraussetzung war, dass diese Betriebe nach wie vor biologisch wirtschaften. Diese wurden aufgefordert, von jenen im Jahr 2003 untersuchten Feldstücken wieder Proben einzusenden. Dazu erhielten sie im Herbst 2011 per Post die für die Probenahme erforderlichen Unterlagen.

Phase 2:

Im Frühjahr 2012 wurde nach einer ersten Zwischenbilanz an eingelangten Bodenproben eine Telefonaktion gestartet. Alle Betriebe, welche noch keine Proben eingesandt hatten, wurden telefonisch kontaktiert und aufgefordert an der Aktion teilzunehmen.

Phase 3:

Ab Herbst 2011 bis Sommer 2012 wurden laufend die von den Biobetrieben eingesandten Bodenproben vom Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung der AGES bearbeitet. Folgende Parameter wurden entsprechen den einschlägigen Normen (ÖNORM) analysiert:

- Bestimmung der Acidität in Böden (pH-Wert), ÖNORM L 1083
- Bestimmung des pflanzenverfügbaren P nach CAL-Methode, ÖNORM L 1087
- Bestimmung des pflanzenverfügbaren K nach CAL-Methode, ÖNORM L 1087
- Humusgehalt, ÖNORM L 1080 (anhand des Corg-Gehaltes des Bodens)
- Gesamtstickstoffgehalt, ÖNORM L 1095
- C/N-Verhältnis, ÖNORM L 1095
- Nachlieferbarer Stickstoff (anaerobe Bebrütung nach Kandeler 1993)

Phase 4:

Alle Analysenergebnisse der Bodenuntersuchungen wurden im Anschluss auf Plausibilität geprüft. Die statistische Auswertung erfolgte für jeden Bodenparameter durch Berechnung des Mittelwerts inklusive Standardabweichung, des Medians sowie der Minimum- und

Maximumwerte für die Gesamtdaten und räumlich gruppiert nach Hauptproduktionsgebieten (HPG). Zusätzlich wurden prozentuelle Aufteilungen der untersuchten Bodenparameter nach den in den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ (BMLFUW 2006) ausgewiesenen Gehaltsklassen durchgeführt.

Phase 5:

Von ausgewählten Betrieben und Ackerschlägen wurden umfangreiche Bewirtschaftungsdaten zur Fruchtfolgegestaltung, dem Einsatz organischer Dünger, der Erträge, der Bodenbearbeitung und allgemein zur Feldgeschichte mittels Befragung erhoben. Auswahlkriterien waren neben einer Beprobung 2003 und 2011/12 mit weitgehend einheitlicher Beprobungstiefe vor allem die Einbeziehung von Flächen mit Unterschieden in der Höhe der Humusgehalte und der Humusgehaltsentwicklung aus verschiedenen Produktionsgebieten.

Phase 6:

Mit den erhobenen Bewirtschaftungsdaten von 51 Ackerschlägen wurden Humusbilanzen mittels der statischen Humuseinheiten-(HE)-Methode nach Leithold et al. (1997) berechnet, die an die Bedingungen des biologischen Landbaus angepasst ist. Bei der Humusbilanzierung wird der anbauspezifische Humusbedarf der Kulturarten der Fruchtfolge der Humuszufuhr über organische Materialien (Ernterückstände, Wirtschaftsdünger, Gründüngung) gegenübergestellt. Mit der Humusbilanzierung können die durch die Bewirtschaftung bedingten Veränderungen der Humusvorräte im Boden abgeschätzt und die Humusversorgung bewertet werden. Das Ziel ist, den Humusbedarf durch die Humuszufuhr abzudecken und so einen mindestens ausgeglichenen Humussaldo auf jedem Schlag und je Fruchtfolgedurchlauf zu erreichen.

Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Im Herbst 2011/Frühjahr 2012 wurden insgesamt 302 Proben von 49 Biobetrieben eingesandt und analysiert. Von diesen Proben stammten 4 von Weinbauflächen, 21 aus dem Grünland und 277 (276 davon auswertbar) von Ackerschlägen. Aufgrund der deutlichen höheren Anzahl der Proben von Ackerschlägen werden im Weiteren nur die Ergebnisse dieser Flächennutzungsart dargestellt.

Die mittlere Beprobungstiefe aller Ackerschläge betrug 23,4 cm. Nach Hauptproduktionsgebieten (HPG) lag der geographische Schwerpunkt der Ackerflächen im Nordöstlichen Flach- und Hügelland mit 103 sowie im Wald- und Mühlviertel mit

111 Flächen. Das Alpenvorland war mit 36 Flächen vertreten. Diese drei Hauptproduktionsgebiete werden auch bei der weiteren Ergebnisdarstellung näher betrachtet. Die südlichen Hauptproduktionsgebiete waren mit dem Südöstlichen Flach- und Hügelland mit 12, dem Alpenostrand mit 10 und dem Kärntner Becken mit 4 Flächen eindeutig unterrepräsentiert.

Bodenparameter 2011/12

Die Analyse der Proben ergaben einen Medianwert beim Humusgehalt über alle Ackerflächen von 2,8 % (Mittelwert 3,2 %), wobei eine große Streubreite zwischen 0,9 % und 9,3 % festgestellt wurde. 85 % der Humuswerte lagen in der Gehaltsklasse C (humos, 2 – 4,5 % Humusgehalt), 11 % der Flächen wiesen stark humose Oberböden (> 4,5 % Humusgehalt) auf.

Bei der Betrachtung der drei Hauptproduktionsgebiete mit den meisten Flächen in der Auswertung zeigt sich, dass die Mediane der Humusgehalte im Nordöstlichen Flach- und Hügelland und im Alpenvorland mit 3,2 % gleich hoch waren, mit einem Median von 2,6 % wurden im Wald- und Mühlviertel geringere Humusgehalte festgestellt. Beim Wald- und Mühlviertel verteilen sich die 111 beprobten Flächen mit 98 im Waldviertel und 13 im Mühlviertel sehr unterschiedlich. Da tendenziell die Humuswerte im Mühlviertel als höher einzustufen sind, ergibt sich der vergleichsweise etwas niedrigere Humusgehalt in diesem Hauptproduktionsgebiet.

Der Großteil des Gesamt-N-Gehaltes des Bodens ist im Humus gespeichert, wodurch eine enge positive Korrelation ($p < 0,01$, $r = 0,964$) zwischen diesen beiden Bodenparametern berechnet wurde. Der Medianwert des Gesamtstickstoffgehalts aller Flächen betrug 0,17 % (Mittelwert 0,19 %). Das ermittelte Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff lag gesamt bei einem Medianwert von 9,5. Beim Nordöstlichen Flach- und Hügelland wurde ein C/N-Verhältnis von 9,8, beim Wald- und Mühlviertel von 9,5 und beim Alpenvorland von 9,0 berechnet (jeweils Medianwerte).

Die Untersuchungsergebnisse in Bezug auf den nachlieferbaren Stickstoff brachten eine große Bandbreite der Werte, der Median lag bei 72 mg N/kg Feinboden und Woche (Mittelwert: 74 mg N/kg/Woche), der Maximumwert war 193 mg N/kg/Woche, der Minimumwert war 21 mg N/kg/Woche. 50 % der beprobten Ackerschläge wiesen ein mittleres (35 bis 75 mg N/kg/Woche) und 43 % sogar ein hohes (über 75 mg N/kg/Woche) N-Nachlieferungspotential auf. Dass ein enges C/N-Verhältnis auf ein höheres N-Nachlieferungspotential hindeutet, zeigte die Auswertung nach Hauptproduktionsgebieten.

Die Medianwerte der N-Nachlieferung stiegen bei abnehmenden C/N-Verhältnis von 65 beim Nordöstlichen Flach- und Hügelland, auf 70 beim Wald- und Mühlviertel und auf 97 mg N/kg/Woche im Alpenvorland.

Bei den gemessenen pH-Werten wurde ein Median über die Gesamtflächen von 6,7 ermittelt. Die Auswertung der Bodenreaktion spiegelt die geologischen Voraussetzungen der Hauptproduktionsgebiete wider mit Werten von 6,1 (schwach sauer) im Wald- und Mühlviertel und 7,3 (alkalisch) im Nordöstlichen Flach- und Hügelland.

Der Median beim pflanzenverfügbaren (CAL) Phosphor der gesamten Ackerschläge betrug 49 mg P/kg Feinboden, wobei die Werte vor allem aufgrund der Daten aus dem Alpenvorland sehr weit streuten. Die gefundenen Werte vom pflanzenverfügbaren (CAL) Phosphor befanden sich vorwiegend in den Gehaltsklassen B (niedrig, 26 – 46 mg P/kg) und C (ausreichend, 47 – 111 mg P/kg). Konkret lagen 34 % der Proben in der Gehaltsklasse B und 41 % der Proben in der Gehaltsklasse C. Die Medianwerte der HPG Wald- und Mühlviertel (47 mg P/kg) und Alpenvorland (40 mg P/kg) waren geringer und der Medianwert des Nordöstlichen Flach- und Hügellands (57 mg P/kg) höher als der Median der Gesamtflächen. Beim pflanzenverfügbaren (CAL) Kalium waren 51 % der Proben der Gehaltsklasse C (ausreichend, 113 – 212 mg K/kg, mittelschwererer Boden) zuzuordnen, 20 % lagen in der Klasse B (niedrig) und 15 % in der Klasse D (hoch). Der Medianwert betrug 146 mg K/kg Feinboden.

Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung

Konkrete Vergleiche der im Projekt erfassten Bodenparameter mit rein konventionellen Daten sind aufgrund der geringen Datenlage und nur einem Erhebungsjahr schwierig. Die Humus- und Nährstoffgehalte (Phosphor und Kalium) einzelner Hauptproduktionsgebiete entsprachen aber weitgehend den Werten aus umfangreichen Untersuchungen konventioneller Flächen in diesen Gebieten. In einer jüngst erschienenen Studie von Gattinger et al. (2012) wurden 74 publizierte Studien zur Kohlenstoffsequestrierung im Boden in Form einer Meta-Analyse ausgewertet. Unter Verwendung aller Studien zeigen biologisch bewirtschaftete Böden eine signifikant höhere Kohlenstoffkonzentration (+0,18 %). Auf Basis von 20 äußerst gut dokumentierten Studien konnten die Autoren darüber hinaus signifikant höhere Kohlenstoffvorräte (+3,5 Tonnen pro ha) und eine signifikant höhere Kohlenstofffestlegung (+ 450 kg pro ha und Jahr) von biologischer im Vergleich zu nicht-biologischer Landwirtschaft feststellen.

Zeitliche Entwicklung ausgewählter Bodenparameter

Für die Bodenparameter pH-Wert und pflanzenverfügbares Phosphor und Kalium lagen von 164 Ackerschlägen der Beprobung 2011/12 gesicherte Vergleichswerte der Beprobung aus dem Jahr 2003 vor. Die Verteilung dieser 164 Schläge auf die Hauptproduktionsgebiete war: 65 Flächen Nordöstliches Flach- und Hügelland, 8 Südöstliches Flach- und Hügelland, 70 Wald- und Mühlviertel und 21 Alpenvorland.

Die Mediane der pH-Werte der Schläge blieben bei beiden Beprobungen mit 6,9 auf gleichem Niveau. Die Medianwerte an pflanzenverfügbarem Phosphor lagen bei beiden Beprobungsterminen bei ca. 54 mg P/kg Feinboden und damit in der Versorgungsstufe C. Eine Steigerung von ca. 10 mg K/kg Feinboden von 2003 (153 mg K/kg) zu 2011/12 (163 mg K/kg) war beim mittleren pflanzenverfügbaren Kaliumgehalt zu verzeichnen.

Bei der Interpretation der Phosphorversorgung ist, gerade im Biolandbau, der Bodenpool (Gesamt-P-Vorrat) stärker in Betracht zu ziehen. Dieser wurde bei den Flächen im Jahr 2003 untersucht und konnte als mittel bis hoch eingestuft werden. Als Gründe für die konstanten pflanzenverfügbaren Phosphorgehalte über acht Jahre biologischer Bewirtschaftung werden daher diese gute Ausgangssituation und eine auf Bioflächen oft hohe „aktive Nährstoffmobilisierung“ der Pflanzen vor allem aus der organischen Fraktion des Bodens angesehen.

Betriebliche Fallbeispiele zur Humusversorgung und N-Nachlieferung

Die direkte Messung der Änderungen der Humusvorräte anhand der C_{org} -Gehalte des Bodens unter praktischen Bedingungen ist mit zahlreichen Unsicherheiten verbunden. Die Humusgehaltsentwicklung wurde daher anhand von 51 betrieblichen Fallbeispielen aus vier Hauptproduktionsgebieten in Verbindung mit der Berechnung von Humusbilanzen über acht Bewirtschaftungsjahre (2004 bis 2011) zur Beurteilung der Humusversorgung der Ackerschläge ausgewertet.

Über alle 51 Flächen der Fallbeispiele wurde ein mittlerer Humussaldo von +122 kg Humus-C pro Hektar und Jahr und eine mittlere Humusversorgung von 140 % berechnet. Die Schwankungen bei den Humussalden waren mit -567 kg bis +836 kg Humus-C/ha/Jahr sehr hoch (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ergebnisse der Humusbilanzierung der betrieblichen Fallbeispiele (n=51).

Gesamt und nach Hauptproduktionsgebieten	Humusgehalt Jahr 2011/12 in %	Humussaldo kg Humus-C/ha/Jahr	Humusversorgung in %	Schwankung Humussaldo
Gesamt (n=51)	3,3	+122	140	-567 bis +836
NÖ Flach- und Hügelland (n=19)	4,2	+42	119	-567 bis + 698
Wald- und Mühlviertel (n=22)	2,8	+83	124	-343 bis + 532
Alpenvorland (n=2)	2,3	0	100	-18 bis +19
SÖ Flach- und Hügelland (n=8)	3,1	+528	243	+193 bis +836

NÖ...Nordöstlich, SÖ...Südöstlich

Bei den Flächen im Nordöstlichen Flach- und Hügelland lag der mittlere Humussaldo bei +42 kg Humus-C/ha/Jahr. Vor allem bei den sehr hoch und gering mit Humus versorgten Flächen konnte teilweise eine Übereinstimmung zwischen der Humusentwicklung (Humuswerte 2003 und 2011/12) und den Humusbilanzsalden gefunden werden. Das bedeutet, dass bei hoher Humusversorgung die Humusgehalte eher steigen und umgekehrt bei geringer Versorgung eher fallen. Der mittlere Humussaldo der Beispielflächen im Wald- und Mühlviertel war +83 kg Humus-C/ha/Jahr. Die Humusgehalte bei allen Schlägen blieben über die acht Bewirtschaftungsjahre relativ konstant, was auf die weitgehend ausgeglichenen Humusbilanzen und dem Fehlen von Extremwerten in diesem Hauptproduktionsgebiet begründet sein könnte.

Die acht Flächen eines Beispielbetriebes im Südöstlichen Flach- und Hügelland wiesen deutlich positive Humusbilanzsalden auf. Gründe dafür sind der hohe Anteil an Klee gras (bis zu 37,5 %), eine organische Düngung mit Stallmist und ein intensiver Zwischenfruchtanbau. Der Betrieb im Alpenvorland erreichte bei seinen zwei beprobten Flächen einen fast ausgeglichenen Humussaldo.

Die Mineralisierung von Stickstoff aus der organischen Substanz des Bodens hängt einerseits von den Witterungs- und Bodeneigenschaften des Standorts ab, andererseits wird sie ganz wesentlich von der kurz- bis mittelfristigen Bewirtschaftung beeinflusst. In der Tabelle 2 sind die Werte der N-Nachlieferung der 51 Flächen der betrieblichen Fallbeispiele zusammengefasst und aufgeteilt in Gehaltsklassen den mittleren Humus- und Gesamt-N-Gehalten, der Humusversorgung und den Bewirtschaftungsdaten über acht Bewirtschaftungsjahre gegenübergestellt.

Das mittlere N-Nachlieferungspotential aller Flächen ist mit 77 mg N/kg und Woche hoch. Gründe für diese günstige N-Nachlieferung sind vor allem der Anbau von Futterleguminosen mit einem Anteil von 18 % an der Fruchtfolge, der hohe Einsatz von Wirtschaftsdüngern, ein Begrünungsanteil von 39 % sowie 8 % Körnerleguminosen in der Fruchtfolge. Futterleguminosen weisen eine hohe Fixierungsleistung von Luftstickstoff auf und bringen grosse Mengen an organischer Substanz in den Boden. Begrünungen sowie hofeigene Dünger sind wichtig, um den Stickstoff im Kreislauf in pflanzenverfügbare Form halten zu können. Diese Bewirtschaftungsmaßnahmen sind alle humusmehrend, was sich in der guten mittleren Humusversorgung über alle Flächen widerspiegelt (siehe auch Tabelle 1).

Die Bedeutung der Futterleguminosen für das N-Nachlieferungspotential zeigt sich bei Betrachtung der Flächen aufgeteilt in Gehaltsklassen (Tabelle 2). Die Flächen mit hohem Mineralisierungspotential wiesen im Mittel einen höheren Anteil an Futterleguminosen als die Flächen mit mittlerem Mineralisierungspotential auf. Die Anteile der weiteren Bewirtschaftungsmaßnahmen lagen bei beiden Gehaltsklassen in einem sehr ähnlichen Bereich.

Tabelle 2: N-Nachlieferungspotential der betrieblichen Fallbeispiele (n=51) in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsmaßnahmen und in Beziehung zu Humus- und Gesamt-N-Gehalt.

Flächen	N-nachlieferbar mg N/ kg/Woche	Humusgehalt %	Gesamt-N-Gehalt %	Anteil Futterleguminosen %	Anteil Körnerleguminosen %	Anteil Begrünung %	Anteil Wirtschaftsdünger %
Gesamt (n=51)	77	3,3	0,20	18	8	39	27
Aufgeteilt in Gehaltsklassen N-Nachlieferung							
Hoch (n=26)	93	3,3	0,20	22	7	42	28
Mittel (n=23)	63	3,4	0,20	15	9	37	26
Niedrig (n=2)	31	2,5	0,15	6	25	44	13

Schlussfolgerungen

Mit den vorliegenden Daten aus dem Projekt ist vor allem eine Beurteilung der aktuellen Situation ausgewählter Bodenparameter der Bodenfruchtbarkeit von biologisch bewirtschafteten Ackerflächen in verschiedenen Produktionsgebieten und über die Fallstudien eine Einschätzung der Nachhaltigkeit der durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen möglich. Aus den vielfältigen Daten können darüber hinaus gezielte Maßnahmenempfehlungen für die Praxis zum Erhalt und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit abgeleitet werden.

Für eine umfassende Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit auf Bioflächen sollten zukünftig neben chemischen auch mikrobielle und physikalische Bodeneigenschaften untersucht werden. Für eine gesicherte Analyse der Entwicklung der Humusgehalte sind neben einem genauen Probenahmekonzept auf den Flächen auch ein zeitlich dichteres Beprobungsintervall und die Auswertung in Verbindung mit den durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen zu empfehlen.

Literatur

BMLFUW (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 6. Auflage. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz des BMLFUW.

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) (Hrsg., 2012): Merkblatt Grundlagen zur Bodenfruchtbarkeit. <http://www.bodenfruchtbarkeit.org/grundlagen.html>

Gattinger A., A. Müller, M. Haeni, C. Skinner, A. Fließbach, N. Buchmann, P. Mäder, M. Stolze, P. Smith, N. El-Hage Scialabba & U. Niggli (2012): Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. PNAS Early Edition. URL: <http://www.pnas.org/content/109/44/18226.full.pdf+html>

Herrmann, G. und Plakolm, G. (1993): Ökologischer Landbau, Grundwissen für die Praxis. Verlagsunion Agrar.

Kandeler, E. (1993): Bestimmung der N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch. In: Schinner, F., R. Öhlinger, E. Kandeler, R. Margesin (Hrsg.): Bodenbiologische Arbeitsmethoden. 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin.

Leithold, G., K.-J. Hülsbergen, D. Michel & H. Schönmeier (1997): Humusbilanzierung-Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt [Hrsg.]: Umweltverträgliche Pflanzenproduktion-Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen. Zeller Verlag Osnabrück, S. 43-55.

Autoren

DI Andreas Surböck, Mag. Andreas Kranzler, Dr. Rainer Weißhaidinger
Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich
Seidengasse 33-35/13, 1070 Wien
E-Mail: andreas.surboeck@fibl.org; andreas.kranzler@fibl.org

Dr. Andreas Baumgarten
Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES)
Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung
Spargelfeldstraße 191, 1226 Wien

DI Martin Fischl
Landwirtschaftskammer Niederösterreich
Wiener Straße 64, 3100 Sankt Pölten