

# **Auswirkungen mehrjähriger ökologischer Bewirtschaftung auf ausgewählte Bodeneigenschaften, dargestellt am Beispiel des Versuchsfeldes Gülzow**

Petra Kahle, Christel Baum und Monika Borchwardt <sup>1</sup>

**Abstract:** The effects of ecological vs. conventional farming on several biological, chemical and physical soil properties were investigated at the arable test site Gülzow (Northeast Germany). After ten years of ecological farming increased activities of dehydrogenase,  $\beta$ -glucosidase and alkaline phosphatase in the soil were measured. Low effects on the chemical soil properties like content of  $C_{org}$ ,  $N_t$  and soil organic matter and no significant effects on physical soil properties like density, porosity and water retention were observed.

## **Einleitung und Zielstellung**

In Deutschland bewirtschafteten im Jahre 2002 14 702 Betriebe 635 000 ha oder 3,7 % der Landwirtschaftsfläche nach den Kriterien der EU-Ökoverordnung. Auf Mecklenburg-Vorpommern entfiel ein vergleichsweise hoher Anteil mit 564 Betrieben und 97 226 ha Fläche (Agrimente, 2003).

Zur Evaluierung der langfristigen Auswirkungen ökologischer Bewirtschaftung auf Ertragsniveau der Kulturpflanzen und den Nährstoffstatus der Böden wurde 1993 auf dem Ökologischen Versuchsfeld der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern eine sechsfeldrige Fruchtfolge angelegt, die zusammen mit einer gleichzeitig bewirtschafteten konventionellen Variante auf einer angrenzenden Fläche die Möglichkeit vergleichender Betrachtungen bietet.

Im vorliegenden Beitrag sollen ausgewählte biologische, chemische und physikalische Bodeneigenschaften einzelner Schläge beider Anbausysteme geprüft werden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die bodenmikrobiellen Untersuchungen gelegt, da in Anbausystemen mit weitgehendem Verzicht auf mineralische Düngemittel, verstärktem Anbau von Leguminosen, Gründüngungspflanzen und Tiefwurzlern eine Zunahme mikrobiell bedingter Transformationsvorgänge im Boden zu erwarten ist, die zum Ausgangspunkt für weitere Bodenveränderungen werden können. Die Untersuchungen wurden im Rahmen der studentischen Projektarbeit von Monika Borchwardt an der Universität Rostock durchgeführt.

## **Versuchsbedingungen und vorliegende Bodenuntersuchungsergebnisse**

Der Versuchsstandort befindet sich in Gülzow (Mecklenburg-Vorpommern) im Bereich der jungpleistozänen Grundmoränenlandschaft mit Geschiebemergel bzw. –sandem als Ausgangssubstrat. Die langjährigen klimatischen Bedingungen sind gekennzeichnet durch Jahresniederschlagssummen von 543 mm und mittlere Jahrestemperaturen von 8,2 °C. Die Versuche mit ökologischer und konventioneller Bewirtschaftungsweise bestehen jeweils aus einer sechsfeldrigen Fruchtfolge. Grundlage für die Untersuchungen bildete eine Beprobung der Versuchsflächen am 15.07. 2002.

Vorangegangene umfangreiche Untersuchungen zur Charakterisierung der Bodendecke (Menning und Scheil, 1995) belegen die für die jungpleistozäne Landschaft Mecklenburg-Vorpommerns typische Substratheterogenität mit höchsten Flächenanteilen von Substrattypen aus sandigen Decken und tiefer liegenden lehmige Substraten. Infolge der reliefabhängigen Substratverteilung und der Überprägung durch die Ackernutzung wechseln sich lehmige Kuppen und sandige Kolluvien kleinräumig ab. Daraus erklärt sich die Variabilität der Gehalte an organischer Substanz im Oberboden (1,4 % bis 3,4 %). Hinsichtlich der Bodenarten dominieren im Bereich der Oberböden schwach lehmige Sande, während in Richtung Unterböden häufig höhere Tonanteile vorkommen. Aus der ungleichkörnigen Zusammensetzung der Substrate resultieren Porositäten im Größenbereich zwischen 36 – 45 % ( $x = 40$  %), verteilt auf 20 %

<sup>1</sup> Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Institut für Landnutzung, 18051 Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6

Grobporen, 13 % Mittelporen und 7 % Feinporen im Mittel. Grundwasser bildet die wesentliche Ursache für die Hydromorphieprägung im Unterboden/Untergrund. Vorherrschende Bodentypen sind Gleye, Parabraunerden und Kolluvien.

Durch die Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (Gruber et al., 1999) wird der Nährstoffversorgungsstatus der Böden (Phosphor, Kalium und Magnesium), der Bodenreaktionszustand und der Stickstoffstatus der Böden regelmäßig geprüft. Letzteres erfolgt durch die Nmin-Untersuchung im Frühjahr und Herbst des Jahres und betrifft Bodenproben aus den Tiefenbereichen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm.

Zur Evaluierung differenzierter Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den bodenmikrobiologischen Status wurden in der Implementierungsphase des Dauerversuchs „Ökologischer Landbau“ (1993-1996) erste Untersuchungen zu verschiedenen Enzymaktivitäten durchgeführt (Böhm und Dewes, 1995; Böhm, 1999), die bereits am Ende der ersten Vegetationsperiode fruchtartenspezifische und tiefenabhängige Reaktionen sowie Abhängigkeiten von gewählten Bodenbearbeitungsverfahren erkennen ließen.

## Material und Methoden

### Varietenauswahl und Probenahme

Kriterien für die Auswahl der Prüfvarianten aus ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung waren die Bodenverhältnisse (Profilaufbau, Substrattyp, Bodenarten) und die Fruchtarten. Für den angestrebten Vergleich sollten hinsichtlich beider Kenngrößen weitgehend übereinstimmende Voraussetzungen gegeben sein. Aus der Kenntnis der Bodenarten und der Fruchtarten wurden die Parzellen 2, 5, und 6 der ökologischen und konventionellen Bewirtschaftungsweise in das Untersuchungsprogramm aufgenommen (Tab. 1). Zum Untersuchungszeitpunkt standen auf diesen Parzellen die Fruchtarten Winterweizen, Winterroggen und Lupine/Gras bzw. Wintergerste, Winterweizen und Lupine.

**Tabelle 1: Kennzeichnung der Prüfvarianten**

| Variante | ökologisch                |                        | konventionell |                        |
|----------|---------------------------|------------------------|---------------|------------------------|
|          | Fruchtart                 | Bodenart <sup>1)</sup> | Fruchtart     | Bodenart <sup>1)</sup> |
| 2        | Winterweizen              | Su2                    | Wintergerste  | Su2                    |
| 5        | Winterroggen              | Su2/SI2                | Winterweizen  | Su2/SI2                |
| 6        | Lupine/Gras <sup>2)</sup> | Su2/SI2                | Lupine        | Su2/SI2                |

<sup>1)</sup> nach Menning u. Scheil (1995), <sup>2)</sup> Gras als Untersaat

Je Schlag wurden im Juli 2002 4 Beutelproben (je 6 Einstiche/m<sup>2</sup>) und 6 Stechzylinder (250 cm<sup>3</sup>) aus dem Oberbodenhorizont (5-15 cm) entnommen. Für die geplanten mikrobiellen Untersuchungen wurden je 100 g des in gestörter Lagerung entnommenen Bodenmaterials unmittelbar nach der Probenahme tiefgefroren (-20°C) und vor der Analyse 24 h in 4°C und 24 h bei Raumtemperatur aufgetaut. Das Restmaterial wurde für die Untersuchung bodenkundlicher Grundparameter luftgetrocknet und auf <2 mm abgesiebt.

### Parameter der Untersuchung

Für die bodenbiologischen Untersuchungen wurden zwecks Vergleichbarkeit mit bereits vorliegenden Ergebnissen am Standort Gülzow (Böhm u. Dewes, 1995, Böhm, 1999) folgende Aktivitätsparameter ausgewählt: Dehydrogenase,  $\beta$ -Glucosidase und alkalische Phosphatase.

Die Dehydrogenaseaktivität (DHA) wurde nach Thalmann (1968) gemessen. Dazu wurde das Bodenmaterial mit einer Triphenyltetrazoliumchloridlösung versetzt und 16 h bei 25°C inkubiert. Das freigesetzte Triphenylformazan (TPF) wurde mit Aceton extrahiert und photometrisch bestimmt.

Die Messung der  $\beta$ -Glucosidaseaktivität erfolgte nach Hoffmann und Dedeken (1965). Die Bodenproben wurden mit dem Substrat  $\beta$ -Glucosido-Saligenin (Salicin) versetzt und 3 h bei 37°C inkubiert. Das aus dem Substrat freigesetzte Saligenin wurde mit 2,6-Dibromchinon-4-Chlorimid angefärbt und photometrisch bestimmt.

Die alkalische Phosphataseaktivität wurde nach Hoffmann (1968) gemessen. Dabei wurden die Bodenproben mit einer Phenylphosphat-Dinatriumsalzlösung versetzt und 3 h bei 37°C inkubiert. Anschließend wurde das abgespaltene Phenol mit 2,6-Dibromchinon-Chloramid angefärbt und photometrisch bestimmt.

Als chemische Grundparameter wurden die Gehalte an C und N (Vario-EL) und CaCO<sub>3</sub> (Scheibler-Apparatur) sowie der pH-Wert (elektrometrisch in CaCl<sub>2</sub>) erfasst. In Hinsicht auf die physikalischen Bodeneigenschaften erfolgte die Kennzeichnung des mineralischen Anteils der Festsubstanz über die Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung (Sieb-Pipett-Verfahren nach Köhn), die Erfassung der Dichten und Wasserretentionen ( $\Theta_{pF1,8}$ ,  $\Theta_{pF2,0}$ ,  $\Theta_{pF2,3}$ ,  $\Theta_{pF2,48}$ ,  $\Theta_{pF4,2}$ ) sowie daraus ableitbarer Porositäten, einschließlich Porengrößenverteilung.

## Ergebnisse und Diskussion

### Konsistenz des Untersuchungsmaterials

Die Untersuchungen zur Korngrößenzusammensetzung (Tab. 2) bestätigen in beiden Bewirtschaftungssystemen den sandigen Charakter des Oberbodensubstrates bei eindeutiger Dominanz der Feinsandfraktion (66,1 % bzw. 63,2 %). Der Tonanteil tritt hingegen deutlich zurück (5,9 % bzw. 6,7 %). Insgesamt stimmen die prozentualen Anteile der geprüften Korngrößeklassen in ökologischen und konventionellen Prüfvarianten nahezu überein (Ausnahme Grobschluff), so dass von einer Konsistenz des Bodens als Voraussetzung für weitere Prüfungen ausgegangen werden kann. Als vorherrschende Bodenarten wurden schwach tonige bzw. schwach lehmige Sande ausgewiesen.

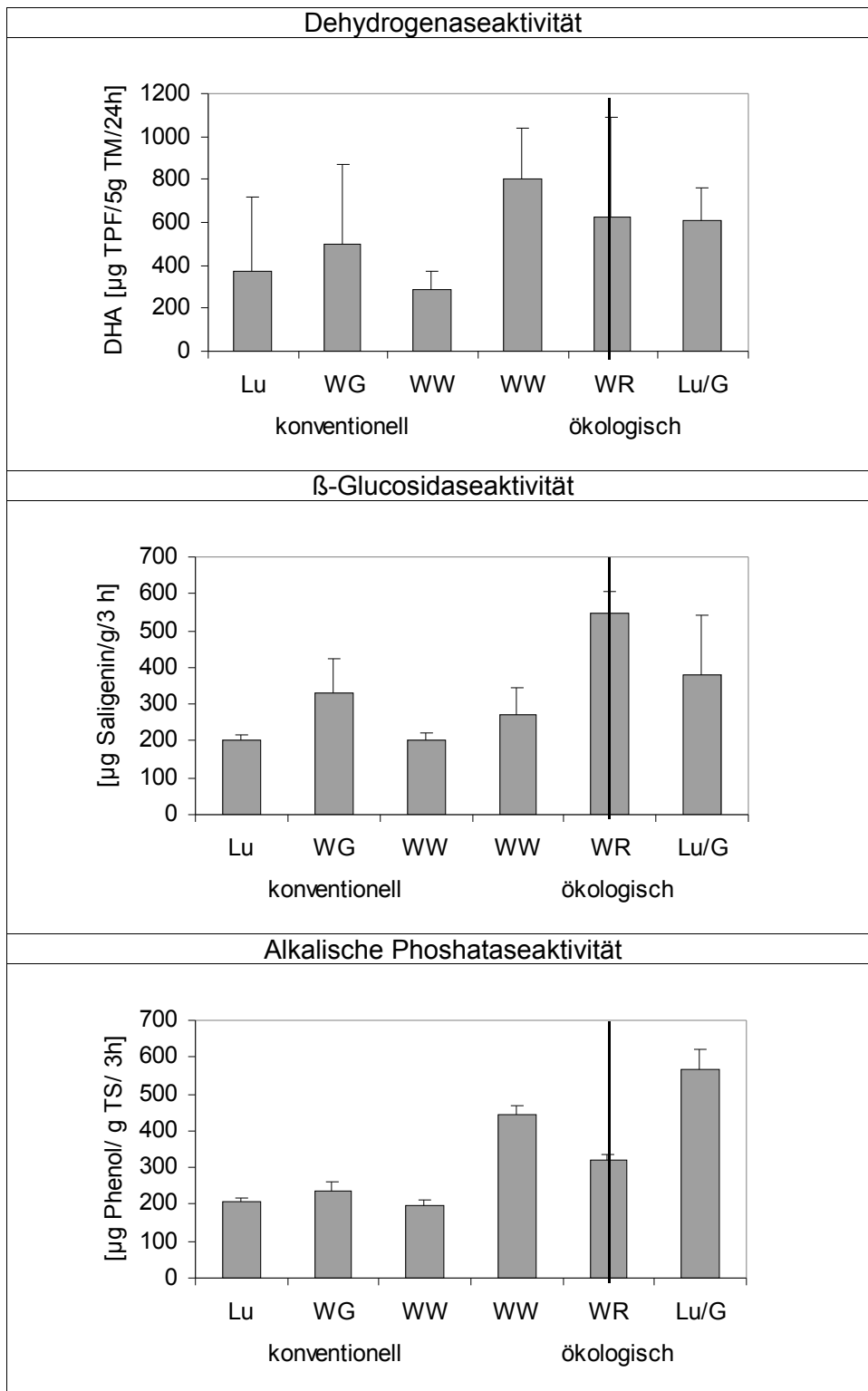
**Tabelle 2: Korngrößenzusammensetzung der Oberböden**

| Bewirtschaftung | Variante | T (%) | fU (%) | MU (%) | gU (%) | fS (%) | mS (%) | gS (%) |
|-----------------|----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ökologisch      | 2        | 6,4   | 2,0    | 2,5    | 7,1    | 62,1   | 18,2   | 1,6    |
|                 | 5        | 5,6   | 2,2    | 1,4    | 5,1    | 65,6   | 18,7   | 1,4    |
|                 | 6        | 8,2   | 1,7    | 3,2    | 5,4    | 62,0   | 18,0   | 1,5    |
| konventionell   | 2        | 6,5   | 0,7    | 1,8    | 5,4    | 62,7   | 20,7   | 2,2    |
|                 | 5        | 5,8   | 1,8    | 2,5    | 4,1    | 66,5   | 18,2   | 1,0    |
|                 | 6        | 5,4   | 1,1    | 1,1    | 2,7    | 69,0   | 19,9   | 0,8    |

### Bodenbiologische Untersuchungen

Auf den ökologisch bewirtschafteten Schlägen wurden signifikant höhere Dehydrogenase (DHA)-,  $\beta$ -Glucosidase- und alkalische Phosphatase-Aktivitäten als auf den konventionell bewirtschafteten Schlägen nachgewiesen. Beim Vergleich der Fruchtarten zeigte Winterweizen keine signifikanten Unterschiede in der  $\beta$ -Glucosidaseaktivität zwischen den beiden Bewirtschaftungsvarianten, während die alkalische Phosphataseaktivität und die DHA signifikant und mehr als doppelt so hohe Aktivitäten auf den ökologisch bewirtschafteten Schlägen aufwiesen.

Innerhalb der Bewirtschaftungsvarianten ließ sich ein signifikanter Fruchtarteneffekt auf die  $\beta$ -Glucosidase- und alkalische Phosphatase-Aktivitäten nachweisen (Abb. 1). Dabei nahm die  $\beta$ -Glucosidaseaktivität in folgender Reihenfolge ab: Winterroggen > Lupine/Gras > Wintergerste > Winterweizen > Lupine. Die alkalische Phosphataseaktivität sank in folgender Reihenfolge: Lupine/Gras > Winterweizen > Winterroggen > Wintergerste > Lupine. Über fruchtartenspezifische Reaktionen und bodenbearbeitungsspezifische Auswirkungen auf den bodenmikrobiologischen Status berichteten auch (Böhm u. Dewes, 1995, Böhm, 1999) im Zuge früherer Untersuchungen an diesem Standort. Die vorgefundene erhöhte bodenmikrobielle Aktivität auf den ökologisch bewirtschafteten Schlägen der Versuchsfläche in Gülzow steht weiterhin in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Mäder et al. (2002) auf einem Lössboden in der Schweiz, der gleichzeitig eine erhöhte mikrobielle Biomasse sowie eine erhöhte Besiedlungsdichte von Endomykorrhizapilzen auf ökologisch bewirtschafteten Schlägen aufwies. Mäder et al. (2002) kamen zu dem Schluss, dass sich bei langjährigem Verzicht auf den Einsatz von mineralischen Düngern und Pestiziden aufgrund einer höheren bodenmikrobiellen Diversität und Aktivität eine Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit erreichen lässt.



**Abbildung 1:** Dehydrogenase-,  $\beta$ -Glucosidase- und alkalische Phosphataseaktivität auf konventionell und ökologisch bewirtschafteten Schlägen der Versuchsfläche Gülzow (Lu – Lupine, WG - Wintergerste, WW – Winterweizen, WR – Winterroggen, Lu/G – Lupine/Gras)

### **Bodenchemische Untersuchungen** (Tab. 3)

Die ökologisch bewirtschafteten Schläge zeigten signifikant höhere  $C_{\text{org}}$ -Gehalte und daraus abgeleitete OBS-Gehalte als die der konventionellen Bewirtschaftung. Stickstoff zeichnete

diese Entwicklung in abgeschwächter Form nach. Die daraus berechneten C/N-Verhältnisse variieren zwischen 8,7 bis 8,9 und lassen aus dieser Sicht günstige Bedingungen für die mikrobiologische Umsetzung organischer Rückstände erwarten. Im Gegensatz dazu unterscheidet sich der Reaktionszustand der Böden in beiden Bewirtschaftungssystemen deutlich. Dabei erwiesen sich die konventionell bewirtschafteten Varianten saurer (pH: 4,0 – 4,9) als die der ökologischen Bewirtschaftung (pH: 5,8 – 6,7). Dieses Ergebnis stützt die in einem Parzellenversuch auf Löss gewonnenen Angaben (Mäder et al., 2002) und dürfte mit dem Kalkdüngungsregime korrespondieren.

Innerhalb der Bewirtschaftungsvarianten zeigten sich unter Lupine bzw. Lupine+Gras erwartungsgemäß höhere Gehalte an organischer Substanz als unter Wintergetreide (Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen).

**Tabelle 3: Gehalte an C und N, pH-Wert und C/N Verhältnis in Varianten ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung**

| Bewirtschaftung | pH (CaCl <sub>2</sub> ) | C <sub>org</sub> (%) | N (%) | C/N | OBS (%) |
|-----------------|-------------------------|----------------------|-------|-----|---------|
| ökologisch      | 6,2                     | 0,782*               | 0,088 | 8,9 | 1,35*   |
| konventionell   | 4,4                     | 0,749                | 0,086 | 8,7 | 1,29    |

\* Signifikanzniveau der Differenzen \* P = 0,05

### Bodenphysikalische Untersuchungen (Tab. 4 und 5)

Nach mehrjähriger ökologischer Bewirtschaftung sind die Feucht- und Trockenrohdichten gegenüber konventioneller Bewirtschaftung geringfügig erhöht. Daraus resultierend deuten sich geringfügige Beeinflussungen der Porosität und der Porengrößenverteilung an. Die ökologisch bewirtschafteten Varianten zeigten darüber hinaus etwas verringerte Wasserretentionen im Bereich von 60 cm bis 300 cm Wassersäule.

**Tabelle 4: Dichten und Porosität in Varianten ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung**

| Bewirtschaftung | $\rho_m$          | $\rho_d$          | PV   | Porengrößenverteilung (%) |      |     |
|-----------------|-------------------|-------------------|------|---------------------------|------|-----|
|                 | g/cm <sup>3</sup> | g/cm <sup>3</sup> | %    | GP                        | MP   | FP  |
| ökologisch      | 1,66              | 1,51              | 43,2 | 10,5                      | 29,1 | 3,6 |
| Konventionell   | 1,64              | 1,45              | 45,2 | 10,0                      | 32,4 | 2,8 |

\* Signifikanzniveau der Differenzen \* P = 0,05

**Tabelle 5: Wasserretention in Varianten ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung**

|               | $\Theta_{pF1,8}$ | $\Theta_{pF2,0}$ | $\Theta_{pF2,3}$ | $\Theta_{pF2,48}$ | $\Theta_{pF4,2}$ |
|---------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
|               | Vol%             | Vol%             | Vol%             | Vol%              | Vol%             |
| ökologisch    | 32,7*            | 20,5             | 17,9             | 16,8              | 3,6              |
| konventionell | 35,2             | 22,2             | 18,9             | 17,2              | 2,8              |

\* Signifikanzniveau der Differenzen \* P = 0,05

Trockenrohdichte und Porosität ließen zudem Abhängigkeiten von der angebauten Fruchtart erkennen. Dabei ergab sich folgende Reihung für die Trockenrohdichte: Lupine < Lupine + Gras < Wintergerste < Winterroggen < Wintergerste bzw. in umgekehrter Richtung für die Porosität. Nach 10 jähriger ökologischer Bewirtschaftung werden insgesamt nur geringfügige Veränderungen im physikalischen System des Bodens erkennbar. Zu diesem Ergebnis gelangten auch Mäder et al. (2002) nach Untersuchungen zur Aggregatstabilität an ökologisch und konventionell bewirtschafteten Böden.

## Fazit

- Ausgehend von der begrenzten Anzahl von Langzeitstudien zu den Auswirkungen des ökologischen Anbausystems wurde 1993 am Standort Gülzow (Mecklenburg-Vorpommern) das „Ökologische Versuchsfeld“ eingerichtet. Bisherige Auswertungen zu diesem Versuch betrafen das Ertragsverhalten und den Nährstoffstatus der Böden. Nunmehr wurden im Sinne einer komplexeren Betrachtung weitere Untersuchungen zu ausgewählten biologischen, chemischen und physikalischen Parametern eingeleitet.
- Daraus geht hervor, dass sich die bodenmikrobielle Aktivität des Bodens sowohl über die Bewirtschaftungsweise als auch über die Fruchtartenwahl beeinflussen lässt und der Bewirtschaftungseffekt fruchtartenspezifisch variiert.
- Hinsichtlich der chemischen und physikalischen Prüfparameter wurden bislang nur geringfügige Differenzierungen deutlich. Die eingeleiteten Untersuchungen sollen unter Einbeziehung weiterer Versuchsschläge in den Folgejahren fortgesetzt werden.

## Literatur

- AGRIMENTE (2003): Zahlen, Daten und Fakten zur Landwirtschaft. i.m.a Information. Medien.agrar e.V. ZMP Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH (ISSN 1619-5205).
- BÖHM, H.; DEWES, T. (1995): Auswirkungen differenzierter Bewirtschaftung auf den bodenmikrobiologischen Status eines lehmigen Sandes (Ökologisches Versuchsfeld Gülzow). Mitt. Landesforschungsanstalt Landw. u. Fischerei m-V, Heft 8, S. 5-11.
- BÖHM, H. (1999): Auswirkungen von Kulturart und Bodenbearbeitung auf den bodenmikrobiologischen Status (Ökologisches Versuchsfeld Gülzow). Mitt. Landesforschungsanstalt Landw. u. Fischerei m-V, Heft 19, S. 45-54.
- BORCHWARDT, M. (2003): Auswirkungen mehrjähriger ökologischer Bewirtschaftung auf ausgewählte Bodeneigenschaften, dargestellt am Beispiel eines Parzellenversuchs der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Projektarbeit. Universität Rostock, 60 S.
- GRUBER, H.; THAMM, U.; BURMANN, B. (1999): Langzeitwirkung verschiedener Bewirtschaftungssysteme. Forschungsbericht (23/01/92/98), Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern.
- HOFFMANN, G. (1968): Eine photometrische Methode zur Bestimmung der Phosphatase-Aktivität in Böden. Z. Pflanzenernährg. Bodenkd. 118, S. 161-172.
- HOFFMANN, G., DEDEKEN, M. (1965): Eine Methode zur kolorimetrischen Bestimmung der  $\beta$ -Glucosidaseaktivität in Böden. Z. Pflanzenernährg. Bodenkd. 108, S. S. 195-201.
- MÄDER, P., FLIESSBACH, A., DUBOIS, D., GUNST, L., FRIED, P., NIGGLI, U. (2002): Bodenfruchtbarkeit und biologische Vielfalt im ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau 124, S. 12-16.
- MENNING, P.; SCHEIL, A. (1995): Bodendeckencharakter Ökofeld Gülzow/Mecklenburg. Mitt. Landesforschungsanstalt Landw. u. Fischerei M-V, Heft 8, S. 1-4.
- THALMANN, A. (1968): Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität im Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). Landwirtsch. Forsch. 21, S. 249-258.