

Ökologischer Landbau – umweltgerechte Lebensmittelproduktion und Ernährungssicherung¹

Günter Leithold

Einleitung

Agrarüberschüsse und Umweltbelastungen sind oft beklagte Folgen einer intensiven Agrarproduktion (Robert Bosch Stiftung 1994, LINCKH et al. 1997). Seit Anfang 2001 versucht nun die Bundesregierung, ausgelöst durch den Ausbruch der BSE-Krise in Deutschland, einen neuen Kurs in der Agrarpolitik hin zu einer verstärkten Ökologisierung der Agrarwirtschaft einschließlich einer verstärkten Förderung des ökologischen Landbaus. Dieser Kurswechsel hat heftigen Widerstand und kontroverse Diskussionen ausgelöst (SCHOLZ 2001). Mit Aussagen zur Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit der ökologischen Produktionsweise sowie zur möglichen Beteiligung des Öko-Landbaus an der weltweiten Ernährungssicherung soll hier ein Beitrag zur Beantwortung offener Fragen geleistet werden.

Umweltverträglichkeit

Die Umweltverträglichkeit des Öko-Landbaus, hervorgerufen durch eine kreislauforientierte und vielseitige Produktion unter Verzicht auf externe chemische Betriebsmittel, wird nur noch selten infrage gestellt. So berichten PIORR und WERNER (1999) im Ergebnis einer umfangreichen Studie über die Überlegenheit des ökologischen Landbaus in nahezu allen untersuchten Umweltmedien (Boden, Wasser, Atmosphäre und Energie, Natur und Landschaft) gegenüber dem herkömmlichen Landbau (Abb. 1).

Aspekt Humusversorgung und Umweltbelastung mit Überschuss-N

Vor dem Hintergrund einer notwendigen verstärkten Humusversorgung ökologisch bewirtschafteter Ackerböden gibt es jedoch Befürchtungen, dass sich damit ein erhöhtes Stickstoff-mineralisationspotenzial im Boden aufbaut, welches unter ungünstigen Bedingungen zu einer erhöhten N-Auswaschung führen kann (RUSSOW et al. 1995, ECKERT et al. 2001). Dieser Frage wurde mit Hilfe einer Umweltverträglichkeitsprüfung (Kennziffern umweltgerechter Landbewirtschaftung nach ECKERT und BREITSCHUH 1997) am Beispiel des Lehr- und Versuchsbetriebes für ökologischen Landbau, Gladbacherhof, nachgegangen. Zu den von den

¹ Vortrag anlässlich der Hochschultagung des Fachbereichs Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement an der Justus-Liebig-Universität Gießen, am 27.11.2002

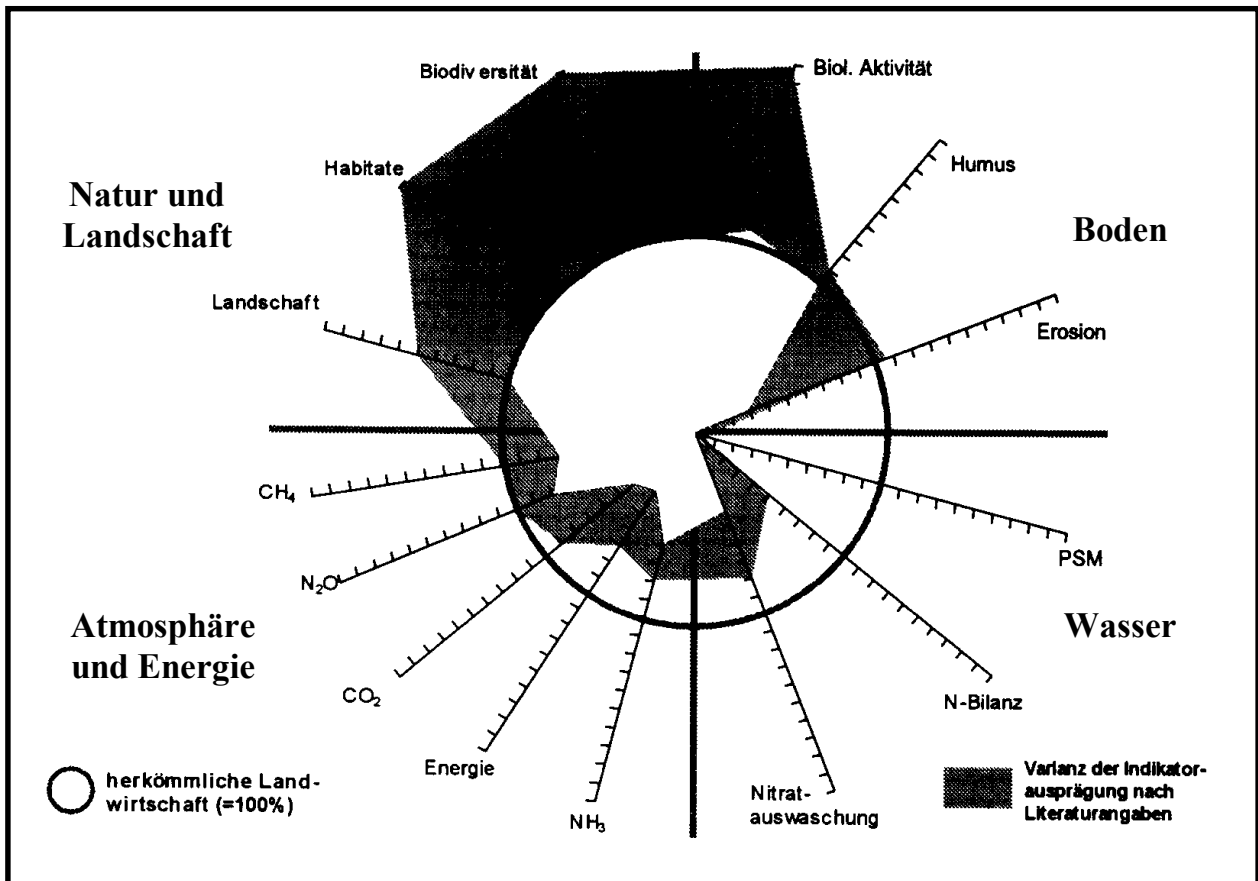


Abbildung 1: Ausprägung wichtiger Umweltindikatoren im Vergleich ökologischer Landbau – herkömmlicher Landbau (PIORR u. WERNER, 1999)

genannten Autoren genutzten Agrar-Umweltindikatoren gehört eine Humusbilanz, die ausschließlich für die Bedingungen konventioneller Wirtschaftsweise erarbeitet wurde, nach eigenen Erkenntnissen die Besonderheiten der Humusreproduktion im ökologischen Landbau unberücksichtigt lässt und folgerichtig zu falschen Schlüssen führt (LEITHOLD 2000 und 2001). Eine vergleichende Bewertung der Humusreproduktion mit Hilfe einer Humusbilanzmethode, die der Spezifik der Öko-Produktion Rechnung trägt, belegt eine sehr gute, ökologisch unbedenkliche Versorgung der Böden mit organischer Substanz (Tab. 1).

Untersuchungen zum Gehalt an heißwasserlöslichem Kohlenstoff im Boden (SCHMIDT und LEITHOLD 2001) zeigten erwartungsgemäß im Vergleich mit den von SCHULZ (1997) empfohlenen Grenzwerten für vergleichbare konventionell bewirtschaftete Böden erhöhte Vorräte an umsetzbarer organischer Bodensubstanz an (Resultat 18-jähriger Öko-Bewirtschaftung). Sowohl erste Untersuchungen zum winterlichen Stickstoffverlust aus dem Bereich 0-90 cm Bodentiefe unter Winterweizen auf dem Gladbacherhof (AHRBERG 2001) als auch umfangreiche Vergleichsstudien an anderen Standorten (PIORR und WERNER 1999) lassen keinen unmittelbaren Zusammenhang zwischen dem Niveau der Humusreproduktion und einer Umweltgefährdung mit Überschuss-N erkennen.

Tabelle 1: Humusbilanz Gladbacherhof (1999) nach unterschiedlichen Methoden
(Literatur bei LEITHOLD 2001)

Parameter	ROS-Bilanzmethode nach ASMUS und HERMANN (1977) und KÖRSCHENS (1981)		Humuseinheitenmethode nach LEITHOLD et al. (1997)
	Berechnung mit Hilfe von KUL (ECKERT und BREITSCHUH 1997)		Berechnung mit Hilfe von REPRO (HÜLSBERGEN und DIEPENBROCK 1997)
	t/ha ROS ¹⁾	t/ha Humus	t/ha HE ²⁾
Humusnettoverlust Humuszehrer	- 1,3	- 0,45	- 0,86
Humuszufuhr durch Humusmehrer	+ 1,3	+ 0,45	+ 0,49
Stroh- u. Gründüngung	+ 0,3	+ 0,10	+ 0,07
Stallmist u. Gülle	+ 1,5	+ 0,52	+ 0,61
Saldo	+ 1,8	+ 0,63	+ 0,31
Versorgungsgrad (100 % einfache Reproduktion)	238 %		136 %

¹⁾ ROS = reproduktionswirksame organische Substanz $\hat{=}$ organische Trockenmasse von Stallmist
(1 t ROS \cdot 0,35 = 1 t Humus; Humifizierungskoeffizient für organische TM von Stallmist 0,35)

²⁾ HE = Humuseinheit in Anlehnung an RAUHE u. SCHÖNMEIER (1966), 1 HE = 1 t Humus

Nachhaltigkeit

Unter Nachhaltigkeit wird nach BRUNDTLAND, vgl. ANONYMUS 1987, eine Entwicklung verstanden, die Bedürfnisse befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können. LINCKH et al. (1997) empfehlen Nachhaltigkeit als Leitidee, die dem wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Suchprozess nach dem richtigen Weg in die Zukunft eine Orientierung zu geben vermag.

Aufgrund geringerer Erträge im ökologischen Landbau infolge Verzicht auf externe chemische Betriebsmittel oder auch aufgrund geringerer Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium in der Bodenlösung gibt es jedoch auch Zweifel an der Nachhaltigkeit der ökologischen Produktionsweise. Ebenso werden Zweifel laut, die aus den Problemen viehloser Öko-Bewirtschaftung resultieren.

Aspekt Mineralstoffversorgung der Kulturpflanzen

Bestehende Selbstregulationsmechanismen zur Erschließung von Nährstoffreserven aus dem Boden werden von Kritikern des Öko-Landbaus häufig unterschätzt. So ist bekannt, dass wegen geringerer Gehalte an pflanzenverfügbarem P und K in der Krume die Kulturpflanzen mit

einer verstärkten Nutzung von Nährstoffreserven des Unterbodens reagieren, was insbesondere bei Kalium eine große Rolle spielt (KAHNT 1997).

Ebenso besteht die Vermutung, dass im ökologischen Landbau über eine höhere Wurzeldichte, bezogen auf die gleiche Sprossmasse, Nachteile durch geringere Gehalte an gelösten Nährstoffen ausgeglichen werden können. Nach JUNGK (1994) sei zwar die Aufnahme an Nährstoffen je Einheit Wurzeloberfläche geringer, dies werde aber über eine größere Gesamtwurzeloberfläche wieder kompensiert.

Einigkeit besteht heute im wesentlichen darüber, dass infolge einer allgemein höheren mikrobiellen Aktivität im Boden bei ökologischer Bewirtschaftung eine höhere Mobilität von Phosphor und Kalium besteht. OBERSON et al.(1993) bestätigten erhöhte Potentiale der P-Mobilisierung vor allem aus der organischen P-Fraktion. Diese korrelierte eng mit der mikrobiellen Biomasse und der Phosphataseaktivität. EMMERLING (1998) beobachtete eine drastische Abnahme der mikrobiellen P-Speicherung sowie der Phosphataseaktivität bei Zunahme der Gehalte an löslichem Phosphor durch Applikation von leicht löslichem P-Dünger. Dem gleichen Autor zufolge ist es insbesondere die VA-Mykorrhiza, die einen wichtigen Beitrag zur P-Versorgung leistet. Durch eine hohe Zufuhr löslicher P-Dünger oder durch Fungizidanwendung gehe jedoch die Mykorrhizainfektion drastisch zurück oder bleibe ganz aus.

Nachhaltigkeitsprobleme sind jedoch betreffs einer ausreichenden P-Versorgung nicht ausgeschlossen, da seit geraumer Zeit in Westeuropa nur noch phosphatarmer Eisenerze verhüttet werden. Folglich entfällt die Produktion und Anwendung von Thomasphosphat, das aus der Thomasschlacke hergestellt wurde. Ein Ersatz des Thomasphosphates durch weicherdiges Rohphosphat ist im ökologischen Landbau möglich. Bei pH-Werten über 6,0 ist jedoch die Phosphatfreisetzung aus dem Rohphosphat so gering, dass P-Mangel nicht ausgeschlossen werden kann. Ein Ersatz für das besser wirksame Thomasphosphat ist vorerst nicht in Sicht. Unter Federführung des Instituts für Pflanzenernährung der Universität Gießen gehen wir daher gemeinsam der Frage nach, inwieweit sich durch den Anbau von Weißer Lupine und Ackerbohne im Vergleich zu Weizen die Verfügbarkeit von Rohphosphat biologisch unter Feldbedingungen so erhöhen lässt, dass die nachfolgenden Früchte mit einem geringen Aufschließungsvermögen für Phosphat davon profitieren können. Insbesondere von der Weißen Lupine sind phosphatmobilisierende Effekte bekannt (HOCKING und RANDALL 2001).

Aspekt viehlose Öko-Bewirtschaftung

Entgegen den klassischen Vorstellungen, demzufolge ökologisch wirtschaftende Betriebe Gemischtbetriebe sein sollen – möglichst Rinderhaltung auf Einstreubasis und Anbau mehrjähriger Futterleguminosen – nimmt die Anzahl viehloser Öko-Betriebe seit einigen Jahren in Deutschland zu. Seit Anfang des Jahres 1998 gehen wir daher Fragen nach den Möglichkeiten und Grenzen viehloser Öko-Bewirtschaftung im Vergleich zur Gemischtbewirtschaftung nach (SCHMIDT et al. 1999 u. AHRBERG 2001). Die Grundlage der Untersuchungen bildet ein 1998 angelegter Feldversuch (Tab. 2).

Nach Abschluss der ersten Fruchtfolgerotation erfolgt ab 2004 eine komplexe Auswertung der Versuchsergebnisse. Von Interesse sind insbesondere sich herausbildende Langzeiteffekte der viehlosen Wirtschaftsweise im Vergleich zum System des Gemischtbetriebes. Von Bedeutung sind ggf. negative Veränderungen im Humus- und Nährstoffhaushalt des Bodens und damit einhergehende Defizite viehloser Wirtschaftsweise hinsichtlich Flächenproduktivität und Nachhaltigkeit. Parallel dazu wird verfolgt, ob sich Nachteile viehloser Öko-Bewirtschaftung durch eine unterschiedliche Intensität der Grundbodenbearbeitung verstärken oder vermindern.

Die Möglichkeiten und Grenzen der viehlosen Öko-Bewirtschaftung im Vergleich zur Gemischtbewirtschaftung (Kombination von Ackerbau und Rinderhaltung) zu untersuchen, trägt jedoch noch wenig dazu bei, betroffenen Landwirten Lösungen anzubieten, um abzusehende Probleme dieser spezialisierten Form des Öko-Landbaus zu lösen.

Forschungsansatz: Fermentation pflanzlicher Rückstände in Biogasanlagen

Da mehr und mehr Biogasanlagen auch im Öko-Landbau zur Anwendung kommen, gehen wir seit dem Jahr 2002 im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Verbundprojektes der Frage nach, ob durch die Vergärung pflanzlicher Reststoffe aus der Fruchtfolge in einer Biogasanlage und durch die gezielte Düngung der bedürftigsten Fruchtarten mit Biogasgülle die Flächenproduktivität und Umweltverträglichkeit eines viehlosen ökologischen Produktionssystems gestärkt werden kann.

Außerdem ist von Interesse, inwiefern durch eine zusätzliche Vergärung außerbetrieblicher, pflanzlicher Kofermentationssubstrate in dem lt. EG-Bio-Verordnung 2092/91 (EWG 1991) erlaubten Umfang eine zusätzliche Stärkung der Stoffkreisläufe viehloser Bio-Betriebe möglich ist.

Tabelle 2: Ackerbauversuch Gladbacherhof, Prüffaktor Fruchtfolgegestaltung

Fruchtfolgefeld	Jahr	Gemischtbetrieb (0,8 GV/haLF)	viehloser Betrieb <u>mit</u> Rotationsbrache	viehloser Betrieb <u>ohne</u> Rotationsbrache
1	1998	Luzernegras	Sommerweizen¹ <i>Untersaat</i>	Sommerweizen¹ <i>Stoppelsaat</i>
2	1999	Luzernegras	Grünbrache (Leg.grasgemenge)	Ackerbohnen <i>Untersaat</i>
3	2000	<u>Winterweizen</u> <i>Stoppelsaat</i>	<u>Winterweizen</u> <i>Stoppelsaat</i>	<u>Winterweizen</u> <i>Stoppelsaat</i>
4	2001	<u>Kartoffeln</u>	<u>Kartoffeln</u>	<u>Kartoffeln</u>
5	2002	Hafer-Erbesen-GPS <i>Untersaat</i>	Erbsen <i>Stoppelsaat</i>	Erbsen <i>Stoppelsaat</i>
6	2003	<u>Winterroggen</u> <i>Untersaat</i>	<u>Winterroggen</u> <i>Stoppelsaat</i>	<u>Winterroggen</u> <i>Stoppelsaat</i>
AF-Verhältnis (%)				
- Getreide		50,0	50,0	50,0
- Hackfrucht		16,7	16,7	16,7
- Futterleg.		33,3		
- Körnerleg.			16,7	33,3
- Stilllegung			16,7	
Untersaaten (%)		33,3		16,7
Stoppelsaaten (%)		16,7	33,3	50,0
Organ. Düngung		im Jahresmittel 80 dt/ha Rottemist, + Jauche	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwuchs der Grünbrache gemulcht • Getreidestroh auf 50 % der AF • Erbsenstroh auf 16,7 % der AF 	<ul style="list-style-type: none"> • Getreidestroh auf 50 % der AF • Erbsen- und AB-Stroh auf 33 % der AF

¹ In der 2. Rotation: Dinkel

Abkürzungen:

GPS – Ganzpflanzensilage

AF – Ackerfläche

AB – Ackerbohnen

Forschungsansatz: „Weite Reihe“ zur Erzeugung von Backweizen

Aufgrund der stickstofflimitierten Anbaubedingungen ist es insbesondere bei viehloser Öko-Bewirtschaftung schwierig, Weizen mit ausreichend hoher Backqualität zu produzieren. Vor allem das Fehlen mehrjähriger Futterleguminosen als Vorfrucht für Winterweizen sowie das

Fehlen stickstoffhaltiger organischer Dünger wie Gülle oder Jauche wirken sich nachteilig auf die Qualität aus. Ein gangbarer Weg, um die Probleme wenigstens teilweise zu lösen, wurde im System „Weite Reihe“ gefunden. Dazu wurden in den Jahren 2000 und 2001 auf vier Standorten in Deutschland Exaktfeldversuche angelegt, um den Einfluss eines Reihenabstandes von 50 cm gegenüber 12,5 cm (Normalanbau) in Verbindung mit Leguminosenuntersaat und dem Einsatz eines speziell konstruierten Reihenmulchgerätes zu überprüfen. Die ersten Ergebnisse sind vielversprechend (Tab. 3).

Tabelle 3: Ertrag und Qualität von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite [k_1 – Normalaussaat (12,5cm), restliche Varianten 50 cm Reihenabstand], Untersaat(A) und Mulchtechnik(B) im Mittel der vier Versuchsstandorte [Sorte Bussard (E), Ernte 2000]

Varianten	Kornertrag dt/ha		Rohprotein %		Feuchtkleber %		Sedimentationswert	
k_1	33,7	a*	10,7	a	23,6	a	38,5	a
k_2	35,7	a	11,7	ab	26,5	ab	46,4	a
a_1b_1	33,3	a	11,3	ab	25,0	ab	44,4	a
a_2b_1	33,1	a	11,7	ab	26,6	ab	46,3	a
a_3b_1	34,8	a	12,0	b	27,8	b	47,2	a
a_1b_2	34,7	a	11,7	ab	26,0	ab	44,9	a
a_2b_2	35,2	a	11,7	b	26,7	ab	45,1	a
a_3b_2	35,8	a	11,7	b	26,5	ab	45,4	a

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tuckey-Test $\leq 0,05$
(einfaktorielle Verrechnung)

Prüffaktoren und Prüfglieder

- K-Kontrollen: k_1 - praxisüblicher Reihenabstand (12,5 cm)
 k_2 - Weite Reihe (50 cm), ohne Untersaat, gehackt
- A-Untersaaten: a_1 – Herbstsaat
 a_2 – Aussaat März
 a_3 – Aussaat spätes Frühjahr
- B-Mulchtechnik: b_1 – mit Beikrautregulierung durch Mulchtechnik
 b_2 – ohne Beikrautregulierung durch Mulchtechnik

Bereits im ersten Untersuchungsjahr wurden signifikant höhere Rohprotein- und Feuchtklebergehalte gegenüber der Kontrolle beobachtet (BECKER u. LEITHOLD 2001 u. 2003).

Ernährungssicherung

Die Frage, ob durch ökologischen Landbau ein bemerkenswerter Beitrag zur Ernährungssicherung geleistet werden kann, stellt sich insbesondere mit Blick auf die Entwicklungsländer.

Entwickelte Länder wie die Mitgliedstaaten der Europäischen Union, in denen eine intensive Agrarproduktion vorherrschen, sind eher mit Agrarüberschüssen, hohen Marktordnungskosten, negativen externen Effekten, der Bekämpfung ernährungsbedingter Zivilisationskrankheiten und einem absehbaren Rückgang der Bevölkerung konfrontiert. Die Probleme zu lösen ist u.a. Aufgabe der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (SCHEELE 2002).

Hingegen spitzen sich in den Ländern der Dritten Welt die Ernährungsprobleme z.B. durch rasches Bevölkerungswachstum, Bodendegradation, Entwaldung und Armut zu (NATURLAND 1996, PARROTT u. MARSDEN 2002). Während in Industriestaaten die Umstellung von landwirtschaftlichen Betrieben auf ökologischen Landbau durch den Verzicht auf externe chemische Betriebsmittel eine Minderung der speziellen Intensität der Produktion bedeutet, in dessen Folge die Erträge um 25 – 40 % sinken, bedeutet eine Umstellung auf Öko-Landbau in Entwicklungsländern eine Zunahme der speziellen Produktionsintensität, sofern von einer traditionell-extensiven Wirtschaftsweise auf ökologische Produktionsverfahren übergegangen wird. Unter diesen Bedingungen bedeutet Umstellung auf ökologischen Landbau eine biologische Intensivierung auf der Grundlage verfügbarer Produktionsressourcen wie Fruchtfolge, Leguminosenanbau, Wirtschaftsdüngeranwendung und biologischer Pflanzenschutz. PARROTT u. MARSDEN 2002 und HOFFMANN 2002 berichten, dass auf diesem Wege erhebliche Mehrerträge bei Schonung natürlicher Ressourcen erzielt werden können. Schließlich bedeutet ökologischer Landbau in der Dritten Welt die oft geforderte Möglichkeit zur Selbsthilfe. So werden traditionelle Produktionsverfahren genutzt und weiterentwickelt. Außerdem lässt sich so das hohe Arbeitskräftepotenzial nutzen. Beispielfhaft berichtet RAHMAN (2001) über die Möglichkeiten und Hemmnisse für eine Umstellung auf ökologischen Landbau in Bangladesh. Er stellt zudem die überragende Bedeutung der Beratung der Bauern durch staatliche und nichtstaatliche Organisatoren heraus, um nennenswerte Fortschritte bei einer Umstellung auf ökologischen Landbau und bei dessen Fortentwicklung zu erzielen.

Fazit

Der ökologische Landbau erfüllt viele Voraussetzungen zur Gewährleistung einer umweltgerechten landwirtschaftlichen Produktion. Befürchtungen, dass sich infolge eines erhöhten Gehaltes an umsetzbarer organischer Substanz im Boden ein unkontrollierbares Stickstoffmineralisationspotenzial aufbaut, werden für unbegründet gehalten.

Der Verzicht auf chemische Betriebsmittel kann (teilweise) durch ein höheres Selbstregulationsvermögen ökologischer Agrar-Öko-Systeme ausgeglichen werden. Besondere Aufmerksamkeit ist auf eine ausreichende Mineralstoffernährung der Kulturpflanzen zu richten. Eine Spezialisierung von Öko-Betrieben auf viehlose Wirtschaftsweise ist problematisch und bedarf der wissenschaftlichen Erarbeitung von Lösungsstrategien.

Viele Projekte in Entwicklungsländern zeigen die Möglichkeit der Ertragssteigerung durch Umstellung von traditionell-extensiver Wirtschaftsweise auf ökologischen Landbau. Somit ist es wahrscheinlich, dass ökologischer Landbau einen bedeutenden Beitrag zur Ernährungssicherung, zur Überwindung der Armut und zur Ressourcenschonung leistet. In Industriestaaten trägt ökologischer Landbau zum Abbau von Agrarüberschüssen und zur Entlastung der Umwelt bei.

[Literatur]

AHRBERG, S. (2001): Einfluß differenzierter Bodenbearbeitung und unterschiedlicher Vorfrüchte auf die Stickstoffdynamik des Bodens sowie auf die Stickstoffaufnahme und Ertragsbildung im ökologischen Landbau. <http://bibd.uni-giessen.de/gdoc/2001/uni/dp010011.pdf>

ANONYMUS (1987): Our common future (Brundtland-Report). University Press, Oxford

BECKER, K.; LEITHOLD, G. (2001): Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen. – In: REENTS, H.J. (Hrsg.): Von Leit-Bildern zu Leit-Linien. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 429-432.

BECKER, K. und G. LEITHOLD (2003): Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen im Ökologischen Landbau [online] Giessen, Univ., URL: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2003/1157/>

ECKERT, H.; BREITSCHUH, G. (1997): Kritische Umweltbelastungen Landwirtschaft (KUL): Ein Verfahren zur Erfassung und Bewertung landwirtschaftlicher Umweltwirkungen. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Initiativen zum Umweltschutz 5, Umweltverträgliche Pflanzenproduktion; Zeller Verlag Osnabrück, 185-195.

ECKERT, H.; BREITSCHUH, G.; SAUERBECK, D.R. (2000): Criteria and standards for sustainable agriculture. J. Plant Nutr. Soil Sci., 163, 337-351

EMMERLING, C. (1998): Bodenbiologische und ökologische Aspekte nachhaltiger landwirtschaftlicher Bodennutzung. Habilitationsschrift. Univ. Trier

- EWG** (1991): Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 DES RATES vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. ABl. Nr. L 198 vom 22. 07.1991
- HOCKING, P.J.; RANDALL, P.J.** (2001): Better growth and phosphorus nutrition of sorghum and wheat following organic acid secreting crops. In: HORST, W.J. et al. (Eds.) Plant nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems, 548-549
- HOFFMANN, H.** (2002): Vergleich von traditionellen und modernen ökologischen Landnutzungssystemen in Mexiko im Hinblick auf Ertragssicherheit und Ressourcenschonung. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 90-91
- JUNGK, A.** (1994): Diskussionsbeitrag. Schlußbetrachtung und Generaldiskussion. Berichte über Landwirtschaft, SH. 207, 204-212, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
- KAHNT, G.** (1997): Pflanzenernährung. In: KELLER, E.R., HANUS, H. u. HEYLAND, K.-U. (Hrsg.) Handbuch des Pflanzenbaus. Bd. 1. Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 648-656.
- LEITHOLD, G.** (2000): Bodenfruchtbarkeit und Humusreproduktion im ökologischen Landbau. Trierer Bodenkundliche Schriften, 1, 128-133
- LEITHOLD, G.** (2001): Aspekte des Humushaushaltes ackerbaulich genutzter Böden im ökologischen Landbau. In: DIEPENBROCK, W., Gestaltung der Anbauverfahren landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Shaker Verlag, 134-143
- LINCKH, G.; SPRICH, H.; FLAIG, H.; MOHR, H.** (1997): Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- NATURLAND** (1996): Gräfelinger Thesen – Welternährung und ökologischer Landbau. Naturland-Verband für naturgemäßen Landbau e.V. (Hrsg.), Gräfelingen
- OBERSON, A.; GUPTA, S.K.; BESSON, J.M.; STICHER, H.** (1993): DOK-Versuch: Vergleichende Langzeituntersuchungen in den drei Anbausystemen Biologisch-Dynamisch, Organisch-Biologisch und Konventionell. III. Boden: Phosphordynamik. Schweizerische landwirtschaftliche Forschung 32, 219-228.
- PARROTT, N.; MARSDEN, T.** (2002): The real green revolution – Organic and agroecological farming in the south. Publ. by Greenpeace Environmental Trust, ISBN 1903907020
- PIORR, A.; WERNER, W.** (1999): Nachhaltige Landwirtschaftssysteme im Vergleich – Bewertung anhand von Umweltindikatoren. In: Nachhaltige Landwirtschaft – Wege zum neuen Leitbild, Arbeiten der DLG, 195, 121-149
- RAHMAN, M.H.** (2001): The influence of extension on the introduction of organic farming in Bangladesh. Schriften zur ländlichen Entwicklung, 65, ISBN 3-8258-3783-1
- ROBERT BOSCH STIFTUNG** (1994): Für eine umweltfreundliche Bodennutzung in der Landwirtschaft. Denkschrift des Schwäbisch Haller Agrarkolloquiums zur Bodennutzung, den Bodenfunktionen und der Bodenfruchtbarkeit (Hrsg. von der Robert Bosch Stiftung).- Gerlingen, Bleicher Verlag

- RUSSOW, R.; FAUST, H.; DITTRICH, P.; SCHMIDT, G.; MEHLERT, S. SICH, I. (1995):** Untersuchungen zur N-Transformation und zum N-Transfer in ausgewählten Agrarökosystemen mittels Stabilisotopen - Technik, In: KÖRSCHENS, M. u. MAHN, E. G. (Hrsg.): Strategien zur Regeneration belasteter Agrarökosysteme des mitteldeutschen Schwarzerdegebietes. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart-Leipzig 1995, 131-166
- SCHEELE, M. (2002):** Perspektiven für eine nachhaltige Gemeinsame Agrarpolitik. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 20-23
- SCHMIDT, H.; KARALUS, W.; LEITHOLD, G. (1999):** Forschungskonzept zu Möglichkeiten und Grenzen viehloser Öko-Bewirtschaftung und reduzierter Intensität der Grundbodenbearbeitung. – In: HOFFMANN, H. und MÜLLER, S. (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau in Berlin, Verlag Dr. Köster, Berlin, 468-471.
- SCHMIDT, H.; LEITHOLD, G. (2001):** Short term dynamics of different N and C fractions in soil and the influence of soil management. 11th Nitrogen Workshop, 9.-12. Sept. in Reims (F), Book of Abstracts, 357-358
- SCHOLZ, H. (2001):** Ungeeignete Maßnahmen. DLG-Mitteilungen 8, 68-71
- SCHULZ, E. (1997):** Charakterisierung der organischen Bodensubstanz (OBS) nach dem Grad ihrer Umsetzbarkeit und ihre Bedeutung für Transformationsprozesse für Nähr- und Schadstoffe. Arch. Acker- Pfl. Boden, 41, 465-483