

Energieeffizienz der Fruchtfolgen viehloser Ökobetriebe und eines konventionellen Ackerbaubetriebs in Schleswig-Holstein

Loges, R., Biernat, L. und Taube, F.¹

Keywords: Energieeffizienz, Ackerbaubetrieb, Fruchtfolge, Leguminosenanteil

Abstract

Several studies have shown that changing from conventional to organic farming is an alternative to reduce negative impacts on the environment, for example nitrogen losses, reduced biodiversity and input of fossil energy per unit land and per unit product. In organic agriculture, as well, there is currently a trend towards specialized farming systems. To compensate for the lack of data on energy efficiency measured at farm scale, a comparison between three differently managed organic all-arable crop rotations and a typical rotation of typical regional N-intensive conventional farm was carried out over a two-year period at a highly productive site in northern Germany. Comparing the all-arable crop rotations, the organic systems had a 62 % lower output measured in MJ metabolizable energy. Due to a 74 % lower input of fossil energy, the organic crop rotations showed a 37.7 % higher energy efficiency than the compared conventional rotation. Taking into account the area of land needed to produce the same amount of energy, the conventional system was more efficient. The net energy gain per hectare (derived from subtracting energy input from the gross energy output) of the conventional farm of 95.96 GJ ha⁻¹ was considerably higher than the average of the 3 organic crop rotations (39.69 GJ ha⁻¹).

Einleitung und Zielsetzung

Zahlreiche Studien zeigen das hohe Potenzial des ökologischen Landbaus in Bezug auf die Reduktion negativer Umweltwirkungen der Landwirtschaft, wie z.B. Stickstoffauswaschung (Hansen et al., 2000), Verlust an Biodiversität (Tschardt et al., 2005) sowie Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger, letzteres sowohl in Bezug auf jeweils Flächen- bzw. Produkteinheiten (Dalgaard et al., 2001). Gleichzeitig wird aber in der Literatur auf die Gefahr der sog. „Konventionalisierung“ zahlreicher ökologisch wirtschaftender Betriebe hingewiesen (Kratchovil et al., 2005, Kelm et al., 2008). Als Symptome hierfür sehen Autoren die Steigerung des Spezialisierungsgrades, die Entkopplung von Tierhaltung und Pflanzenbau und häufig die Missachtung von Fruchtfolgekriterien, welche sich z.B. durch zu geringe Kleeanteile auf einer zunehmenden Zahl von Ökobetrieben äußert. Es stellt sich die Frage, ob im Falle eines erhöhten Spezialisierungsgrades, unter Umständen die „Ökoeffizienz“ des jeweiligen Betriebes leidet. So stellten Kelm et al., 2008 u. a. auf spezialisierten Öko-Milchviehbetrieben erhöhte N-Bilanzüberschüsse fest gleichzeitig aber auf viehlosen Öko-Ackerbaubetrieben negative N-Bilanzen, wobei letztere gegen das Prinzip der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit sprechen. Ziel der vorliegenden Studie ist der Vergleich der Energieeffizienz von Fruchtfolgen viehloser Ökobetriebe im Vergleich zu einem typischen konventionellen Ackerbaubetrieb an einem Hohertragsstandort.

¹ Institut für Pflanzenbau und -züchtung, FG Ökologischer Landbau, Herrmann-Rodewald-Straße 9, 24118, Kiel, Germany, rloges@email.uni-kiel.de, www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de

Methoden

Den zentralen Gegenstand der hier präsentierten Arbeit bilden die zwei im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes „Hof Ritzerau“ seit 2001 in Bezug auf den Leguminosenanteil unterschiedlich ökologisch bewirtschafteten Fruchtfolgen:

1. **N-intensive Fruchtfolge** mit einem **Leguminosenanteil von 40 %**:
Klee gras, 1. Getreide nach Klee gras, 2. Getreide n. Klee gras, Körnerlegu-
minose, 1. Getreide n. Körnerleguminose
2. **N-extensive Fruchtfolge** mit einem **Leguminosenanteil von 25 %**:
Klee gras, 1. Getreide nach Klee gras, 2. Getreide n. Klee gras, 3. Getreide n. Klee gras

Jede der Fruchtfolgen umfasst etwa die Hälfte der 180 ha großen Betriebsfläche des im Östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins gelegenen, nach Bioland-Richtlinien bewirtschafteten Betriebes Hof Ritzerau (53:39:47N; 10:34:02E, 48 Bp, 8,5°C Jahres-Ø-Temperatur, 750 mm Ø-Jahresniederschlag). Als Referenz dienten im Beobachtungszeitraum (2003/04 – 2004/05) die folgenden Fruchtfolgen zweier nahegelegener, regionaltypisch konventionell bzw. ökologisch bewirtschafteter viehloser Ackerbaubetriebe:

3. **Fruchtfolge Bioland-Vergleichsbetrieb (Leguminosenanteil von 40%)**:
Klee gras, Hafer, Wintertriticale, Körnererbse, Winterweizen
4. **Fruchtfolge konv. Vergleichsbetrieb (Ø-Mineral-N-Düngung 240 kg N ha⁻¹)**
Winterraps, Winterweizen, Winterweizen

Die betrachteten Fruchtfolgen wurden u. a. auf Ertragsleistung, Aufwand externer Betriebsmittel wie z.B. Saatgut, Pflanzenschutz- und Düngemittel, betriebsinterne Transportleistungen sowie Feldarbeitsgänge unter Berücksichtigung der verwendeten Landmaschinen und deren Einsatzintensitäten untersucht. Die Berechnung des Aufwandes eingesetzter Primärenergie für die Durchführung der Bewirtschaftungsmaßnahmen sowie für die Bereitstellung externer Hilfsmittel inklusive der einsatzproportionalen Abnutzung der verwendeten Landmaschinen erfolgte in Anlehnung an Dalgaard *et al.* (2001). Als durchschnittliche innerbetriebliche Transportdistanz wurde einheitlich 1 km verwendet. Der Aufwand für Zwischenlagerung von Hilfsmitteln und Erntegut wurde im Gegensatz zum etwaigen Trocknungsaufwand berücksichtigt. Sämtliche Druschware sowie im Falle der Ökobetriebe der erste Schnitt des Klee grasses wurden vom Betrieb durch Verkauf abgeführt. Die folgenden Klee grassaufwüchse 2 und 3 wurden gemulcht bzw. im Einzelfall von betriebsexternen Schäfern beweidet und entsprechend energetisch bewertet. Für die Aufstellung der N-Bilanz wurde die N₂-Fixierung der Leguminosen basierend auf der gebildeten Sprossmasse gemäß Høgh-Jensen *et al.* (2004) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1 zeigt für die als regionstypisch gewählten Betriebe im Mittel der beiden Beobachtungsperioden die deutlichen Unterschiede, die durch die gewählte Bewirtschaftungsform (ökolog. versus konv.) in Bezug auf den Gesamtenergieaufwand bzw. dessen Einzelpositionen hervorgerufen werden. Mit durchschnittlich 5,42 GJ ha⁻¹ wurden in den betrachteten Öko-Fruchtfolgen nur 26% der Energie des konv. Vergleichsbetriebes für die pflanzliche Produktion aufgewandt. Die mineralische N-Düngung machte ca. 54 % des Gesamtenergieaufwandes des konv. Betriebes aus. Der Aufwand des konv. Betriebes an den Grunddüngemitteln P, K, CA, Mg sowie an Mikronährstoffen lag sowohl mengenmäßig als auch in Bezug auf den dafür erforderlichen Primärener-

gieaufwand um ein fünf- bis neunfaches höher als der auf den Öko-Betrieben. Während auf den Öko-Betrieben keine Pflanzenschutzmittel eingesetzt wurden, verursachte deren Herstellung 4,3 % des Gesamtenergieaufwandes des konv. Betriebes. Für die Durchführung der Feld- und Transportarbeiten wandte der konv. Betrieb 25% mehr Energie für Diesel- und Schmieröl, bzw. 29% mehr für die anteilige Bereitstellung der verwendeten Maschinen auf. Die Unterschiede in Bezug auf den Energieaufwand zwischen den beiden, sich in Bezug auf den Leguminosenanteil unterscheidenden Fruchtfolgen des Betriebes Ritzerau untereinander bzw. zwischen der N-intensiven Fruchtfolge des Betriebes Ritzerau und der des Öko-Vergleichsbetriebes zeigen sich als gering.

Tabelle 1: Primärenergieaufwand gesamt und in Einzelpositionen in GJ ha⁻¹ der 4 verglichenen Anbausysteme.

Energieaufwand für	Anbausystem/Fruchtfolge			
	Hof Ritzerau N-extensiv Leg.Anteil 25%	Hof Ritzerau N-intensiv Leg.Anteil 40%	Vergleichs- betrieb: Öko Leg.Anteil 40%	Konv. Vergleichs- betrieb
Diesel und Schmieröl für Feldarbeit u. Transport	3,355	3,213	3,265	4,398
Saatgut	0,510	0,588	0,472	0,271
Mineral. Grunddünger	0,384	0,383	0,645	3,227
Mineral. N-Dünger	0	0	0	12,430
Pflanzenschutzmittel	0	0	0	0,996
Maschinenbereitstellung	1,080	1,069	1,243	1,587
Lagerung ohne Trock- nungsaufwand	0,016	0,012	0,016	0,017
Gesamtenergieaufwand	5,345	5,265	5,641	22,926

Tab. 2 zeigt ausgewählte Energieeffizienzkriterien der 4 verglichenen Anbausysteme. Im Vergleich der Getreideerträge der betrachteten Systeme erzielen die 3 Öko-Fruchtfolgen lediglich 35 % des Ertrages des konv. Betriebes. Ursache hierfür stellt das Fehlen variabel einsetzbarer Wirtschaftsdünger in der Kornfüllungsphase der Öko-Betriebe dar. Diese Phase ist im wintermilden Schleswig-Holstein in Folge erhöhter Auswaschung und früh einsetzender Mineralisation oft durch hohe N-Defizite gezeichnet.

Tabelle 2: Energieeffizienzkriterien der 4 verglichenen Anbausysteme.

Effizienzkriterium	Anbausystem/Fruchtfolge			
	Hof Ritzerau N-extensiv Leg.Anteil 25%	Hof Ritzerau N-intensiv Leg.Anteil 40%	Vergleichs- betrieb: Öko Leg.Anteil 40%	Konv. Vergleichs- betrieb
Ø-Getreideertrag ¹ [dt ha ⁻¹]	35,2	33,4	36,7	100,5
Ø-Energieertrag ² [GJ ha ⁻¹]	44,919	42,549	47,844	118,884
Energieverbrauch [GJ ha ⁻¹]	5,345	5,265	5,641	22,926
Energieeffizienz [GJ GJ ⁻¹]	8,404	8,081	8,481	5,186
Energiegewinn [GJ ha ⁻¹]	39,574	37,284	42,203	95,958
Ø-Anzahl Bewirtschaft- ungsarbeitsgänge je ha	9,5	9,4	8,1	18,7
Ø-N-Bilanzsaldo [kg N ha ⁻¹]	3,2	7,3	18,2	51,5

¹ bei 14 % TM (der Kleeertrag der Ökobetriebe bzw. Rapsertag des konv. Betriebes bleiben unberücksichtigt

² inklusive Verkauf 1. Schnitt Rotkleeertrag der Ökobetriebe bzw. des Rapses des konv. Vergleichsbetriebes

Dieser Beitrag ist im Tagungsband der 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau erschienen.

D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm & U. Köpke (Hrsg.) (2013):

Ideal und Wirklichkeit - Perspektiven Ökologischer Landbewirtschaftung.

Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. - 8. März 2013

Verlag Dr. Köster, Berlin.

Der Tagungsband kann über den Verlag Dr. Köster bezogen werden.

Archiviert unter: <http://orgprints.org/view/projects/int-conf-wita-2013.html>

Bei der Bewertung des Erntegutes aller Ackerkulturen (inklusive Klee gras und konv Winterraps) mit der in der Tierproduktion verwendeten Maßzahl der „Umsetzbaren Energie“ (ME) erreichen die ökolog. Anbausysteme einen Energieoutput, der 37,9 % dessen des konv. Betriebes entspricht. Diese für reine Öko-Ackerbaubetriebe relativ günstige Situation ergibt sich dadurch, dass beide Öko-Betriebe das für die Bodenfruchtbarkeit wichtige Klee gras durch Verkauf des ertragreichen 1. Siloschnittes (allerdings ohne Wirtschaftsdüngerrücklieferung) an einen viehhaltenden Betrieb veräußern bzw. jeweils einzelne Klee gras aufwüchse durch einen Schäfer abweiden lassen konnten und deshalb nicht als „Markfruchtausfallfläche“ werten mussten. Unter diesen Bedingungen weisen beide Ökobetriebe dieser Studie eine um 37,7 % höhere Energieeffizienz als der konv. Vergleichsbetrieb auf. Bezieht man in die Bewertung auch den für die Erzeugung einer Produkteinheit aufzuwendende Landfläche als Bewertungskriterium mit ein, zeigt der konv. Vergleichsbetrieb mit 95,96 GJ ha⁻¹ einen 41 % höheren Energieertrag je Flächeneinheit als der Schnitt der betrachteten Öko-Fruchtfolgen. In Bezug auf das Nachhaltigkeitskriterium N-Bilanz überschritt der konv. Betrieb den Grenzwert von 50 kg N ha⁻¹, der als oberes Limit der guten fachlichen Praxis gilt, während die N-Bilanz der beiden Ritzerauer Fruchtfolgen kaum die unvermeidbaren natürlichen N-Austräge zu decken vermochte. Im Gegensatz zum konv. Betrieb zeigten sich die ebenfalls erhobenen, hier aber nicht dargestellten Bilanzen der anderen Pflanzennährstoffe bei den Öko-Betrieben als negativ.

Fazit

Die Studie zeigt auch unter intensiven, hoch spezialisierten Anbaubedingungen das hohe Potential der ökologischen Landbewirtschaftung in Bezug auf Energieeffizienz. Der energetischen Verwertung von Klee gras im Ökobetrieb kommt bei der Effizienzbewertung eine große Rolle zu. Eine mindestens ausgeglichene Nährstoffbilanz darf als Grundpfeiler des Ökolandbaus nicht außer Acht gelassen werden. Im Hinblick auf die sich weltweit verknappenden Anbauflächen darf das Ertragsniveau der Ökobetriebe nicht zu sehr hinter das der konv. Betriebe zurückfallen.

Danksagung

Die vorgestellten Untersuchungen werden in dankenswerter Weise langfristig vom Betriebsigentümer Herrn Günther Fielmann finanziert.

Literatur

- Dalgaard T., Halberg N., Porter J.R. (2001): A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agric., Ecosys. & Environm.* 87: 51-65.
- Hansen B, Kristensen E.S., Grant R., Høgh-Jensen H., Simmelsgaard S. E., Olesen J. E. (2000): Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems – a systems modelling approach. *European Journal of Agronomy*, 13: 65-82.
- Høgh-Jensen, H., Loges, R., Jørgensen, F., Vinther, F., Jensen, E. (2004): An empirical model for quantification of symbiotic N-fixation in grass-clover. *Agricultural Systems* 82, 181-194.
- Kelm, M., Loges, R. und Taube, F. (2008): Comparative analysis of conventional and organic farming systems: Nitrogen surpluses and nitrogen losses. *Cultivating the Future based on Science, Volume 1: Organic Crop Production*, 312-315.
- Kratochvil, R., Engel, A., Schumacher, U., Ulmer, H. (2005): Ökologischer Landbau zwischen Vision und Realität. *Ökologie und Landbau*, 136 (4): 48-50.
- Tschamtké T, Klein A.M, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Thies C (2005): Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857-874.