

Energiebilanzen und Erträge ökologischer und konventioneller Anbausysteme: erste Analyseergebnisse eines Dauerfeldversuchs in Süddeutschland

Bryzinski, T.¹ und Hülshagen, K.-J.¹

Keywords: Landwirtschaftliche Anbausysteme, Energieeffizienz, Fruchtfolgeleistungen, Winterweizen.

Abstract

An agrosystems trial in the south of Germany (near Munich) was established in 2009/2010 to quantify, analyze and model the effects of four organic and two non-organic agricultural systems on the yields, the soil and the environmental footprint. The differential and influential factors between the systems are: crop rotation, harvest index, plant protection and fertilization. The first results in the years 2011 to 2013 have shown significant differences in the crop yield (winter wheat) and the crop rotation yield (grain units) between organic and conventional systems and within this groups. The energy efficiency in plant production of organic systems with organic manure (digestate and slurry) are in the average of three years almost double as high as organic and conventional cash crop systems or the conventional dairy system (dairy products or bioenergy not taken into account).

Einleitung und Zielsetzung

Im Dauerfeldexperiment Systemversuch in Viehhausen (nähe Freising) werden die Wirkungen von sechs landwirtschaftlichen Anbausystemen auf den Boden und den Pflanzenertrag sowie auf die Umwelt vergleichbar gemessen, analysiert und modelliert. Dies erlaubt sowohl einen Vergleich der ökologischen und konventionellen Systeme sowie einen Vergleich innerhalb der ökologischen Systeme. Im Beitrag werden zunächst die Ertragsleistungen jeweiliger Anbausysteme im Winterweizen und auf Fruchtfolgeebene vorgestellt. Abschließend werden die Energiebilanz und die Wirkung der Anbausysteme diskutiert.

Methoden

Als Datengrundlage für die statistische Analyse dienen dreijährige (2011 bis 2013) feldexperimentelle Naturalerträge. Die Ertragsleistungen wurden mit der Statistiksoftware R analysiert (ANOVA I und II mit Tukey-Anschluss-tests). Im Feldexperiment wird der Einfluss folgender sechs Prüffaktoren mit vier Wiederholungen getestet: vier ökologische Anbausysteme (Marktfrucht-Mulchsystem, Milchvieh-Gülle, Milchvieh-Stallung, Biogas-Gärrest) und zwei konventionelle Anbausysteme (Marktfrucht, Milchvieh-Gülle). Die Systeme unterscheiden sich aufgrund systembedingter Fruchtfolgen, systemkonformer Düngung, sowie der Möglichkeit von chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen. In den fünf Feldrigen

¹ Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Liesel-Beckmann-Str. 2, 85354 Freising, Germany. E-Mail: taras.bryzinski@tum.de

Fruchtfolgen wird der Winterweizen in den ökologischen Systemen stets nach Luzerne-Klee gras angebaut. In den konventionellen Systemen kommt diese Fruchtart zweimal in der Fruchtfolge vor, jeweils mit Mais und Raps als Vorfrucht. Des Weiteren unterscheiden sich die Systeme in der Ertragsverwendung (Ernte, Stroh- bzw. Gründüngung).

Die Umrechnung der Ernte von Haupt- und Nebenprodukten zu Fruchtfolgeleistungen jeweiliger Systeme erfolgte mit einem aktuellen Getreideeinheiten-Schlüssel (Schulze Mönking *et al.* 2010) um eine Vergleichbarkeit der Systeme anzustreben.

Der Standort des Versuchs in Süddeutschland ist Viehhausen (786 mm mittlerer Jahresniederschlag; 7,8°C mittlere Jahrestemperatur).

Die im Experiment eingesetzte Versuchstechnik ermöglicht keine zuverlässige Aussage über den Dieserverbrauch unter Praxisbedingungen. Aus diesem Grund sind allen Arbeitsgängen praxisübliche Maschinen und Geräte zugeordnet worden, um den Dieselekraftstoffverbrauch je Hektar nach KTBL (2012) zu berechnen.

Die Energiebilanzen resultieren aus einer Prozessanalyse mit dem Betriebs- und Umweltmanagementsystem REPRO. Die dabei verwendeten Energieäquivalente sind bei Hülsbergen (2003) veröffentlicht.

Ergebnisse

Der Winterweizen ertrag ökologischer Fruchtfolgen zeigt deutliche Effekte der organischen Düngung, bis auf Stallung, gegenüber dem ökologischen Marktfruchtsystem (siehe Tab. 1). Im ökologischen Marktfruchtsystem erfolgte die N-Zufuhr in den Boden lediglich über die symbiotische N-Bindung und die Gründüngung (Luzerne-Klee gras wird gemulcht). Die Biogas-Gärrest-Variante brachte die höchsten Erträge innerhalb des ökologisch erzeugten Winterweizens hervor und unterschied sich signifikant von den Stallung- und Marktfruchtvarianten.

In den konventionellen Fruchtfolgen zeigt sich über alle drei Jahre ein signifikanter Mehrertrag aufgrund der Vorfruchtwirkung des Rapses gegenüber der Vorfruchtwirkung des Maisanbaus.

Tabelle 1: Effekte des Anbausystems auf den Winterweizenkorn ertrag (t ha⁻¹ FM bei 86% TS)

	Ökologischer Landbau				Konventioneller Landbau			
	Marktfrucht	Milchvieh-Gülle	Milchvieh-Stallung	Biogas-Gärrest	Marktfrucht		Milchvieh-Gülle	
Vorfrucht	LKG	LKG	LKG	LKG	KMais	WRaps	SMais	WRaps
2011	4,3 ^a	5,5 ^{b**}	5,3 ^{ab}	5,4 ^{ab}	8,5 ^c	10,6 ^d	9,7 ^d	10,5 ^d
2012	3,7 ^a	4,5 ^{ab}	3,7 ^a	5,4 ^b	9,3 ^c	11,9 ^d	10,2 ^c	11,5 ^d
2013	4,6 ^a	5,6 ^{ab}	5,3 ^{ab}	6,6 ^{b**}	9,3 ^{cd}	10,9 ^d	8,9 ^{c**}	11,0 ^d
Mittel	4,2^a	5,2^{ab}	4,8^a	5,8^b	9,0^c	11,1^d	9,6^c	11,0^d

Signifikanzniveau: $p \leq 0,01$; Ausnahmen sind markiert mit ** $p = 0,05$

In der Annahme dass die Düngung mit Stallung eher langsam und langfristig wirkt, kann dieses System noch nicht abschließend beurteilt werden. Wie aus Abbildung 1 ersichtlich, ist die Fruchtfolgeleistung des Milchvieh-Stallungsystems dennoch bereits hoch, weil systembedingt auch das Stroh geerntet und genutzt wird.

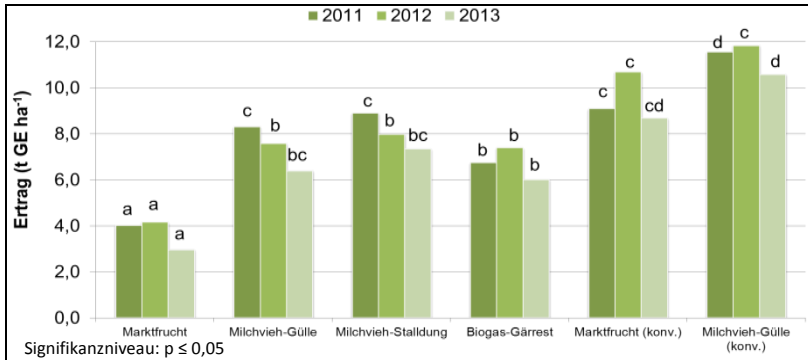


Abbildung 1: Fruchtfolgenenertrag der Anbausysteme (t ha⁻¹ Getreideeinheiten)

Aufgrund identischer Fruchtfolgen des ökologischen Biogas- und Marktfuchtsystems, resultiert der in Abbildung 1 dargestellte höhere Getreideeinheiten-Ertrag des Biogassystems zum einen aus der Ernte von Luzerne-Klee gras und zum anderen aus den Mehrerträgen aufgrund der Gärrestdüngung (siehe Tabelle 1).

Wie bei ökonomischen Auswertungen (Serdjuk und Hülsbergen 2015) werden in der folgenden Energiebilanz des Ackerbaus jeweiliger Systeme (exkl. Leistungen aus der Tierhaltung oder der Energieerzeugung) nicht nur die Ertragsleistungen miteinander verglichen, sondern auch die dafür notwendigen Aufwendungen berücksichtigt, um die Energieintensität und die Energieeffizienz der Systeme einander gegenüberzustellen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Energiebilanz jeweiliger Ackerbausysteme im Mittel von drei Jahren

Kennzahl	Maßeinheit	Ökologischer Landbau				Konv. Landbau	
		Marktf Frucht	Milchvieh-Gülle	Milchvieh-Stallung	Biogas-Gärrest	Marktf Frucht	Milchvieh-Gülle
Energieinput	GJ ha ⁻¹	4,7	6,2	6,6	5,8	12,6	11,8
- Dieselkraftstoff-Verbrauch	GJ ha ⁻¹	3,2	4,4	4,5	4,0	3,7	4,0
- Maschinen und Geräte	GJ ha ⁻¹	0,5	1,0	1,2	0,9	0,7	0,8
- Mineraldünger	GJ ha ⁻¹	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	4,8
- Pflanzenschutzmittel	GJ ha ⁻¹	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,6
- Saatguterzeugung	GJ ha ⁻¹	1,0	0,9	0,9	1,0	0,6	0,6
Energieoutput	GJ ha⁻¹	56,8	147,7	193,7	141,0	148,9	183,1
Energieintensität	MJ GE⁻¹	131,5	85,4	82,4	87,3	132,9	104,1
Output/Input-Verhältnis	GJ GJ⁻¹	12,0	23,7	29,4	24,2	11,9	15,5

Bezogen auf den Einsatz fossiler Energie sind die ökologischen Varianten Low-Input-Systeme, die konventionellen Varianten High-Input-Systeme. Der geringste Energieeinsatz liegt im extensiven Marktfruchtssystem bei $4,7 \text{ GJ ha}^{-1}$. Der höchste Energieinput trat im konventionellen Marktfruchtssystem mit $12,6 \text{ GJ ha}^{-1}$ auf. Dies hängt mit dem Einsatz von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln zusammen. Die Energieeffizienz (Output/Input) des ökologischen Marktfruchtssystems gleicht in etwa dem des konventionellen Marktfruchtssystems. Das ökologische Biogassystem ist hinsichtlich des Energieoutputs und der Energieeffizienz wesentlich günstiger zu bewerten als das ökologische Marktfruchtssystem. Die höchste Energieeffizienz liegt bei den ökologischen Systemen mit Tierhaltung bzw. mit Biogasfermentation.

Diskussion

Seufert *et al.* (2012) vergleichen in einer Meta-Studie das ökologische und konventionelle Ertragsniveau auf Fruchtartenebene und benennen als weiteren Forschungsbedarf Untersuchungen zur Nettoenergie-Leistung des gesamten landwirtschaftlichen Betriebssystems sowie zu Langzeitwirkungen und Leistungen landwirtschaftlicher Betriebssysteme.

Die ersten Ergebnisse des Systemversuchs Viehhausen entsprechen diesem Bedarf; im weiteren Ablauf dieses Dauerfeldversuchs sind Aussagen über langfristige Wirkungen der Systeme möglich. Bereits in der Initialphase dieses Versuchs zeigen sich im Ackerbau der abgebildeten Systeme deutliche Unterschiede in den Ertragsleistungen. Mit den Erträgen werden ökonomische und ökologische Beurteilungskriterien verknüpft.

Im Zusammenhang mit der Akzeptanz bioenergetischer Biomassennutzung weisen diese Ergebnisse darauf hin, dass es auch unter Praxisbedingungen zu ähnlichen Synergieeffekten zwischen der Nahrungsmittel- und Bioenergieproduktion kommen kann. Die Ergebnisse der Energiebilanz machen deutlich, dass die bioenergetische Verwertung der Leguminosen aus den Fruchtfolgen ökologischer Marktfruchtbetriebe eine Option zur nachhaltigen Intensivierung sein kann, wenn die Gärreste im Pflanzenbau genutzt werden.

Die Ergebnisse verdeutlichen darüber hinaus, dass der Systemvergleich nicht nur die Differenzierung zwischen ökologischen und konventionellen Anbausystemen, sondern auch innerhalb der beiden Gruppen (mit und ohne Tierhaltung) erfordert. Wenn der Vergleich ausschließlich über die Ertragsleistungen einzelner Fruchtarten erfolgt, kann dies zu Fehleinschätzungen führen. Langfristige und ganzheitliche Untersuchungen, mit Berücksichtigung der Systemebene auch in Versuchsanlagen, sind für die Beurteilung landwirtschaftlicher Systeme unablässig.

Literatur

- Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker Verlag Aachen.
- Schulze Mönking, S.; Klapp, C. (2010): Überarbeitung des Getreide- und Vieheinheitenschlüssels. Endbericht zum Forschungsprojekt 06HS030. Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen. Fakultät für Agrarwissenschaften.
- Serdjuk, M. & Hülsbergen, K.-J. (2015): Die ökonomischen Auswirkungen der Integration einer Biogasanlage in ein ökologisches Marktfruchtbausystem.
- Seufert, V.; Ramankutty, N.; Foley, J. A. (2012): Comparing the yields of organic and conventional agriculture. In: *Nature* 485 (7397), S. 229–232.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (2012): Betriebsplanung Landwirtschaft 2012/2013. KTBL-Datensammlung mit Online-Zugang. KTBL, Darmstadt.