

Johannes Moerschner und Bärbel Gerowitt, Göttingen

# Energiebilanzen von Raps bei unterschiedlichen Anbauintensitäten

**Vorgestellt werden die energetischen Auswirkungen von vier beziehungsweise drei in ihrer Anbauintensität variierten Fruchtfolgen am Beispiel des Raps. Die achtjährigen Produktionsdaten stammen aus dem Göttinger INTEX-Projekt. Berücksichtigt wird sowohl direkter als auch indirekter Energieverbrauch. Im Ergebnis zeigt sich, dass sich die Systeme in ihrem Gesamtenergieverbrauch je ha deutlich unterscheiden (dieser sinkt mit zunehmender Extensivierung). Der Energieeinsatz je kg Ertrag war in den flexibel reduzierten Varianten am geringsten. Hinsichtlich einer vergleichbaren Vorgehensweise bei der Bilanzierung (verwendete Energieäquivalente, Systemgrenzen, Methodik) besteht Abstimmungsbedarf innerhalb des Ernährungssektors.**

Energiebilanzen in der Landwirtschaft haben ihren Ursprung im Vergleich der energetischen Effizienzen einer Energieerzeugung aus Biomasse und konventionellen Energieträgern. Heute ist ihre Anwendung auch innerhalb einer Bewertung nachhaltiger Wirtschaftsweisen zu finden, insbesondere im Rahmen von Ökobilanzen oder Öko-Audits landwirtschaftlicher Produkte und Betriebe.

## Datengrundlage und Zielsetzung

Im Göttinger INTEX-Projekt werden in einem interdisziplinären Ansatz seit neun Jahren Auswirkungen verschiedener Anbauintensitäten untersucht, darunter auch die auf Kenngrößen von Energiebilanzen. Die Untersuchungen werden an mehreren typischen Standorten Niedersachsens auf praxisüblichen Einzelschlaggrößen durchgeführt. Nach den Erfahrungen von zunächst fünf Anbaujahren in vier Systemen (*Ordnungsgemäß, Integriert, Reduziert, Extensiv*) fand im

Dipl.-Ing.agr. Johannes Moerschner ist Doktorand am Institut für Agrartechnik der Universität Göttingen (Direktor: Prof. Dr. Wolfgang Lücke), Gutenberg-Str. 33, 37075 Göttingen, beschäftigt als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt der Fakultät für Agrarwissenschaften, e-mail: jmoersch@gwdg.de.  
Frau Dr. Bärbel Gerowitt ist wissenschaftliche Koordinatorin am Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt, Fakultät für Agrarwissenschaften der Universität Göttingen, Am Vogelsang 6, 37075 Göttingen

Jahr 1994 für die zweite Projektphase eine Neuorientierung statt (Tab. 1). Das System *Ordnungsgemäß* wurde als Referenz in seiner Gestaltung weitgehend beibehalten, die Grundzüge des Systems *Integriert* sind jetzt in zwei Systemen wirksam, wobei in *Integriert flexibel* wendende Bodenbearbeitung fakultativ eingesetzt wird, während in *Integriert pfluglos* nicht gepflügt wird.

Die Fruchtfolge *Ordnungsgemäß* Winter-raps-Winterweizen-Wintergerste wurde – angepasst an die weiteren intensitätsbestimmenden Parameter (Tab. 1) und an die jeweiligen Standortbedingungen – für die anderen Systeme durch die Einbindung weiterer Fruchtarten ergänzt oder abgeändert (Ackerbohnen, Erbsen, Roggen, Hafer, Rotationsbrache).

## Rahmenbedingungen der Bilanzierung

Die produktionsbezogenen Daten wurden – beispielhaft für Winter-raps – den Schlagkarteien von acht INTEX-Anbaujahren entnommen (1989 bis 1997). Die betrieblichen Rahmenbedingungen wurden wie folgt festgelegt: Die durchschnittliche Hof-Feld-Entfernung beträgt 1 km. Die Aufwandmengen für Grunddüngung (P, K, Mg) wurden nach der Höhe des Nährstoffentzuges durch das Erntegut, für Ca nach Kammerempfehlung für die Region (214,5 kg Ca/ha und Jahr) angesetzt und als je einmal in der Rotation ausgebracht angenommen. Ab 1994 erfolgte zusätzlich Schwefeldüngung, welche in realer Höhe eingerechnet wird. Betriebliche Berechnungsgrenze ist das Hoftor.

## Energetische Inputbewertung

Bezüglich der energetischen Bewertung

Bild 1: Energieinput zu Raps bei verschiedenen Anbausystemen, Mittelwerte

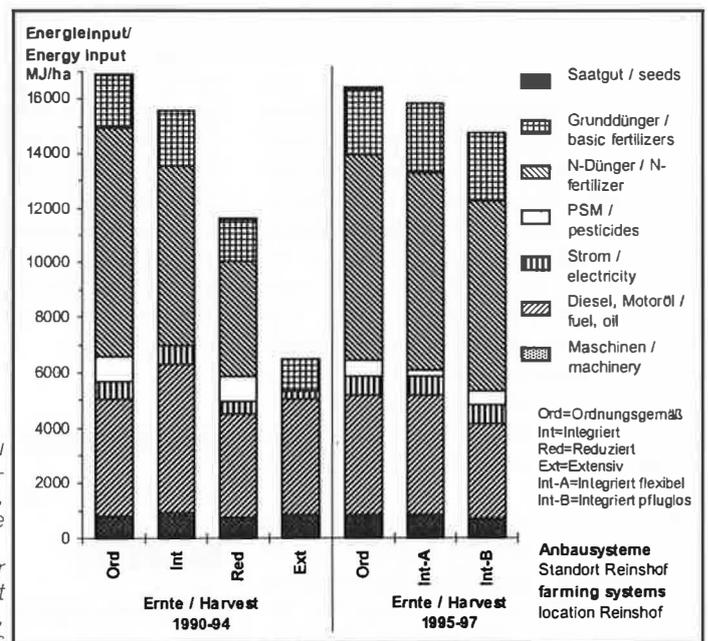
Fig. 1: Energy input for rape seed by different cropping systems, average values

der Inputfaktoren werden einheitliche Kennzahlen für alle Anbaujahre zugrunde gelegt, welche weitgehend bundesdeutsche und möglichst aktuelle Verhältnisse repräsentieren (Tab. 2). Bezogen auf die eingesetzte Energie wird eine gesamtenergetische Bewertung der Produktionsfaktoren einschließlich der Vorketten angestrebt.

Die Treibstoffverbräuche werden nach [2 und 3] mit einem einheitlichen Prozentsatz des jeweiligen durchschnittlichen Traktor-Nennverbrauchs arbeitszeitbezogen angesetzt. Die Arbeitszeiten einzelner Arbeitsgänge je ha sind ebenfalls [2] entnommen.

Für Stickstoff als dem einflussreichsten Faktor beim Energieeinsatz (bis 52,5 % des Gesamtenergieinputs beim Rapsanbau) werden nach Herkunft und Düngerarten gewogene mittlere Werte für Deutschland nach [1] zugrunde gelegt. Immobilien werden nicht betrachtet, wohl aber der indirekte Energieaufwand für die einzelnen Maschinen, dieser je ha und Betriebsstunde nach [3] bewertet. Nach der Ernte wird lediglich Lagerung am Hof und Kaltbelüftung angenommen.

Die Bilanzierung findet zunächst für jeden einzelnen Ackerschlag getrennt statt (einzelne Jahre, Fruchtarten), anschließend werden Mittelwerte über die verfügbaren Jahre gebildet, allerdings aus unterschiedlichen Anbaujahren.



Zeit	Kenngröße	Ornungsgemäß	Reduziert	Integriert	Extensiv
1990 bis 1994	Fruchtfolge Bodenbearbeitung Saatechnik N-Düngung Unkrautbekämpfung chem.Pflanzenschutz	dreifeldrig wendend konventionell ordnungsgemäß Herbizid (SSW) Offizialberatung	dreifeldrig wendend konventionell 50 % reduziert Herbizid keine Insektizide	vierfeldrig, Zw.frucht reduziert Bandsaat (Getreide) 20-40 % reduziert mech.(chem.: stark erh. SSW) 50-70 % reduziert	vierfeldrig, Zw.frucht reduziert Bandsaat (Getreide) keine N-Düngung mech., Totalherbizid kein chem. Pflanzensch.
		↓			
		<b>Ornungsgemäß</b>	<b>Integriert flexibel</b>	<b>Integriert pfluglos</b>	
1995 bis 1998	Fruchtfolge Bodenbearbeitung Saatechnik N-Düngung Unkrautbekämpfung chem. Pflanzenschutz	dreifeldrig wendend konventionell Ornungsgemäß Herbizide (SSW) Offizialberatung	vierfeldrig, Rotationsbrache bedarfsorientiert konventionell Bilanzausgleich (Fruchtfolge) vorrangig mechanisch erh. Bekämpfungsschwellen	vierfeldrig, Rotationsbrache nicht wendend Bandsaat (Getreide) Bilanzausgleich (Fruchtfolge) chemisch: erhöhte SSW erh. Bekämpfungsschwellen	

SSW = Schadensschwelen

Tab. 1: Charakterisierung der Anbausysteme im Projekt INTEX

Table 1: Characterization of the cropping systems within the INTEX projekt

- [4] • Diepenbrock, W., B. Pelzer und J. Radtke. Energiebilanz im Ackerbaubetrieb. KTBL-Arbeitspapier 211. Münster-Hiltrup, 1995
- [5] CEN (Hrsg.): DIN EN ISO 14.040-14.041, Ökobilanz; 'allgem. Anforderungen' (14.040) und 'Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz' (14.041, Entwurf), Beuth-Verlag, Berlin, 1997
- [6] VDI (Hrsg.): VDI Richtlinie 4600, Kumulierter Energieaufwand. Begriffe, Definitionen, Berechnungsmethoden. Beuth-Verlag, Berlin, 1997

Betriebsmittel supplies	Energie, Einheit energy, unit	Quelle, Anmerkungen source, comments
Saatgut / seeds	Raps 7,72 MJ/kg Feinsamen 11,92 MJ/kg	[1], umger. [1], umger.
Mineraldünger / fertilizer	N 47,03 MJ/kg P 36,05 MJ/kg K 11,18 MJ/kg Ca 2,97 MJ/kg Mg 4,98 MJ/kg S 8,40 MJ/kg	[1] [1], umger. [1], umger. [1], umger. [7], umger. eig. Ber. nach GEMIS [8]
PSM / pesticides	274,08 MJ/kg	[1], Aktivsubstanz
Maschinen / machinery	70,5-92,5 MJ/kg	[3], Herst., Unterh., Ents.
Diesel, Öl / diesel fuel, oil	47,27 MJ/kg	eig. Ber. nach [1]
Strom / electricity	11,40 MJ/kWh	[1]
Lagerbetrieb / storage	17,00 MJ/dt	[4], nur Prozessenergie

Tab. 2: Benutzte Energieäquivalente für landw. Betriebsmittel

Table 2: Used energy equivalents for agricultural operational supplies

lanz auf Ebene der Fruchtart. Werden alle Fruchtarten einbezogen, lassen sich auch langfristige Effekte von Fruchtfolgen abbilden.

Weitere Informationen können darüber hinaus gewonnen werden, wenn der Energieeinsatz getrennt nach Arbeitsabschnitten ausgewertet wird. Hierfür den Treibstoffverbrauch für verschiedene Arbeitsgänge genauer zu ermitteln, erscheint vielversprechend und wird künftig auch durchgeführt.

Die Betrachtungen verdeutlichen, dass sich die verwendeten Kennzahlen, die Genauigkeit der Zuordnung und die Systemgrenzen auf die Ergebnisse der Bilanzen auswirken und deren direkte Vergleichbarkeit erschweren.

Sinnvoll erscheint es folglich, sich auf einheitliche Vorgehensweisen zu einigen und an den Vorgaben nationaler und internationaler Normen [5 und 6] zu orientieren. Allerdings besteht bezüglich der Normen Interpretationsbedarf hinsichtlich der landwirtschaftlichen Anwendung.

#### Literatur

Bücher sind mit • gekennzeichnet

- [1] • Kaltschmitt, M. und G.-A. Reinhardt: Nachwachsende Energieträger. Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung. Vieweg, 1997
- [2] • KTBL (Hrsg.): KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft 1996/97, 18. Aufl., Münster-Hiltrup, 1996
- [3] Scholz, V. und P. Kaulfuß: Energiebilanz für Biofestbrennstoffe. ATB Potsdam, 1995

- [7] Eimer, M.: Energiebilanzen in der tropischen Landwirtschaft bei unterschiedlichen Mechanisierungsstufen. Grundle. Landt. 32 (1982), H. 6, S. 200-208
- [8] Fritsche, U., M. Buchert, C. Hochfeld et al.: Gesamt-Emissionsmodell-Integrierter-Systeme (GEMIS), Version 3.0, Korr. Fassung. Hess. Minist. f. Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit (Hrsg.), Wiesbaden, 1998
- [9] • Gerowitz, B. und M. Wildenhayn (Hrsg.): Ökologische und ökonomische Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau. Selbstverlag ZLU, Uni Göttingen, 1997

## Ergebnisse

In Bild 1 werden Mittelwerte des Gesamtenergieeinsatzes für Rapsanbau auf dem Standort Reinshof, Leinetal bei Göttingen, aus acht Jahren, unterteilt nach Inputgruppen, abgebildet. Die Höhe der Grunddüngung und der Stromaufwand für Lagerung variieren entsprechend der Bilanzierungsannahmen mit der Höhe des Ertrages (Bild 2). Der deutlichste Unterschied zwischen den Systemen ist beim Energieeinsatz für Treibstoff und für Stickstoffdünger festzustellen. Weiter fallen systembedingte Unterschiede beim Pflanzenschutz auf. Es ist zu beobachten, dass der Gesamtenergieinput im System *Ornungsgemäß* in der ersten Anbauphase bis 1994 im Mittel höher liegt als in der zweiten Phase von 1995 bis 1997 (Bild 1). Hier spiegeln sich vor allem Jahreseinflüsse wieder (N-Düngung auf  $N_{min}$ -Basis), aber auch Veränderungen in der Offizialberatung. Die Erträge in den Systemen *Integriert* sind mit denen des Referenzsystems *Ornungsgemäß* durchaus vergleichbar, während der Energieeinsatz je kg Erntegut geringer ist (Bild 2).

## Fazit

Energiebilanzen können betriebsintern dazu dienen, sich einen Überblick über Energieeinsatz und Energieverwertung zu verschaffen, wie etwa die vorgestellte Bi-

## Schlüsselwörter

Energiebilanz, Raps, INTEX-Projekt

## Keywords

Energy balance, rape seed, INTEX-project

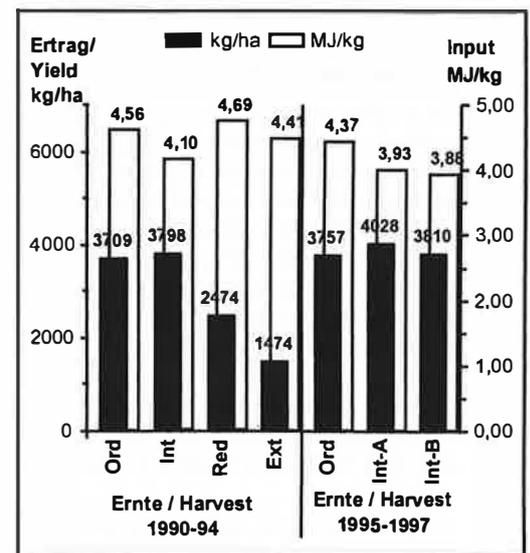


Bild 2: Anbausysteme Raps: Erträge und Energieinput je kg Ertrag

Fig. 2: Cropping systems rape seed: seeds yield and energy input per kg yield