

# Energiebilanz von Zuckerrübenanbauverfahren

*Energiebilanzen stellen eine wertvolle Entscheidungsgrundlage für darauf basierende Strategien zur Optimierung umweltrelevanter und standortorientierter Produktionsverfahren dar. Die Anbauverfahren Konventionelle Saat, Mulchsaat mit Sekundärbodenbearbeitung, Mulchsaat ohne Sekundärbodenbearbeitung und Konventionelle Saat und Kompost sowie deren unterschiedliche Energiebilanzen werden verglichen und diskutiert. Der Bedarf an Dieselkraftstoff, der als Grundlage für aktuelle Energiebilanzen von Zuckerrübenanbauverfahren dient, wurde in Feldversuchen ermittelt. Die Energiebilanzen wurden für einen Modellbetrieb errechnet.*

Dipl.-Ing. agr. Christoph Stephan ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik (Direktor Prof. Dr.-Ing. Karl-Hans Kromer), Nussallee 5, 53115 Bonn, e-mail: landtechnik@uni-bonn.de

## Schlüsselwörter

Energiebilanz, Energieertrag, Energieaufwand

## Keywords

Energy balance, energy yield, energy requirement

Die Energiekrisen 1973/74 und 1978/79 haben die Endlichkeit fossiler Energieressourcen deutlich gemacht. Die Energieverknappung und die dadurch eintretende Verteuerung zwangen auch den Landwirt zur Energieeinsparung. Gleichzeitig haben die bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern entstehenden Schadgasemissionen zu verstärktem Schutz der Erdatmosphäre und zur Erhaltung der lebensnotwendigen Ozonschicht und der Umwelt geführt. Negative Auswirkungen der fossilen Energien, wie toxische Gase und klimarelevante Spurengase zwingen zu Energieeinsparungen und/oder zum Ersatz fossiler Brennstoffe durch erneuerbare Energieträger. Diese Umweltbelastungen führen dazu, Energiebilanzen zur Schwachstellenforschung zu nutzen.

## Material und Methoden

Als Grundlage für aktuelle Energiebilanzen von Zuckerrübenanbauverfahren dient der Verbrauch an Dieselkraftstoff, der in Feldversuchen (lehmgiger Schluffboden) ermittelt wurde. Die Energiebilanz wurde modellhaft für vier Anbauverfahren, einen landwirtschaftlichen Betrieb von 60 ha und folgende Fruchtfolge berechnet:

- 20 ha Zuckerrüben
  - 15,2 ha Winterweizen/4,8 ha Phacelia
  - 15,2 ha Wintergerste/4,8 ha Winterweizen.
- Die Anbauverfahren Konventionelle Saat (Konv. S.), Mulchsaat mit Sekundärbodenbearbeitung (MSmSBB), Mulchsaat ohne Sekundärbodenbearbeitung (MSoSBB) und Konventionelle Saat und Kompost (Konv. S. und Kompost) werden verglichen und diskutiert.

Zur Quantifizierung der Energieströme muss der Bilanzraum räumlich, zeitlich und energetisch eindeutig beschrieben und abgegrenzt werden [9]:

- Räumlicher Bilanzrahmen: Repräsentativer Modellbetrieb
- Zeitliche Systemgrenze: Vegetationsjahr 1994/95, von der Ernte der Vorfrucht bis zur Ernte der Zuckerrübe mit Ablage auf Miete
- Energieertragsgrenze: Vermarktungsfähige Ernteprodukte (Brennwert in MJ/ha)

	Energiewert
Dieseldieselkraftstoff	47,53 MJ/kg [6]
Schmierstoffe	54,00 MJ/kg [3]
Maschinen und Geräte	70,00 MJ/kg [2]
Mineraldünger	49,10 MJ/kg N
	17,70 MJ/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	10,50 MJ/kg K <sub>2</sub> O
	2,39 MJ/kg CaO [5]
Saatgut	250,00 MJ/U [4]
Pflanzenschutzmittel	236,00 MJ/kg aktive Substanz [7]
Kompost	1,87 MJ/kg Kompost [8]
Ertrag	17,30 MJ/kg TM [1]

Tab. 1: Energiewerte, die als Datengrundlage für die Berechnungen benutzt werden

Table 1: Energy data used as data base for computations

Weitere Systemgrenzen sind:

- Energieäquivalente: Aktuelle Werte der Literatur (Tab. 1).
- Direkte und indirekte Energieträger: Alle in den betrachteten Zuckerrübenanbauverfahren direkt oder indirekt eingesetzten Betriebsmittel und deren aufgewendeten Energien werden erfasst. Nicht berücksichtigt werden menschliche und tierische Arbeit. Faktoren, deren Energien nicht exakt den Zuckerrüben zugeordnet werden konnten, wie etwa Erstellung und Unterhaltung von landwirtschaftlichen Gebäuden, werden auch nicht berücksichtigt.
- Primärenergieträger: Alle Endenergieträger werden vollständig auf Primärenergieträger umgerechnet.

## Ergebnisse und Diskussion

### Energieaufwand

Das Anbauverfahren MSoSBB hat mit 18402 MJ/ha den geringsten Energieaufwand (Bild 1). Die Anbauverfahren MSmSBB (21180 MJ/ha) und Konv. S. (21498 MJ/ha) liegen mit ihrem Energieaufwand deutlich über dem Wert der MSoSBB. Den höchsten Energieaufwand der vier Zuckerrübenanbauverfahren hat mit 33268 MJ/ha das Verfahren Konv. S. und Kompost.

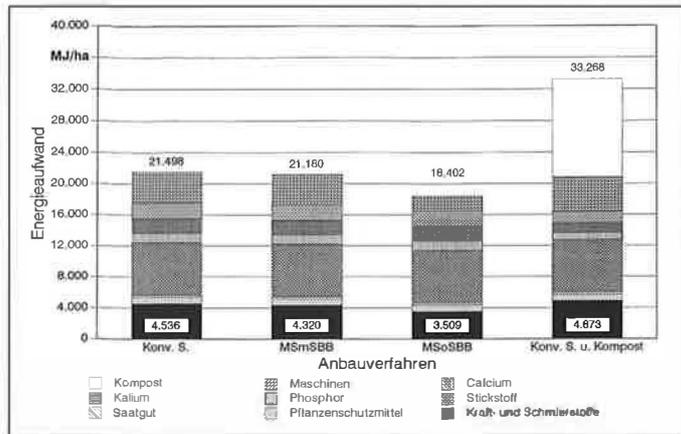


Bild 1: Energieaufwand der vier Zuckerrübenanbauverfahren

Fig. 1: Energy requirement for the four sugar beet growing methods

Den mit Abstand größten Anteil am Energieaufwand - bei allen Verfahren - verursacht der Kompost mit 12451 MJ/ha. Deutlich geringer ist der Energieaufwand vom Stickstoffdünger mit 6776 MJ/ha, gefolgt vom Kraft- und Schmierstoffverbrauch, der bei allen Verfahren verschieden ist. Es folgt der unterschiedliche Energieverbrauch bei der Maschinenherstellung. Eine Ausnahme stellt die MSoSBB dar, denn dort verbraucht der Calciumdünger (1979 MJ/ha) mehr Energie als die Landmaschinenherstellung und die Instandhaltung (1926 MJ/ha).

Der Energieaufwand der Kraft- und Schmierstoffe liegt für die MSoSBB bei 3509 MJ/ha, für die MSmSBB bei 4320 MJ/ha, für die Konv. S. bei 4536 MJ/ha und für das Verfahren Konv. S. und Kompost bei 4873 MJ/ha. Die Kraftstoffmessungen ergaben 70,38 kg/ha für die MSoSBB, 86,68 kg/ha für die MSmSBB, 91,00 kg/ha für die Konv. S. und 97,76 kg/ha für die Konv. S. und Kompost. Der geringere Kraftstoffverbrauch bei den konservierenden Verfahren ist durch die Reduzierung der Arbeitsgänge (keine Sekundärbodenbearbeitung) und die Senkung des Energiebedarfs pro Arbeitsgang (Primärbodenbearbeitung durch Tiefenlockerer und nicht durch Pflug) zu erklären. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß einzelne Verfahrensschritte dieser Anbauverfahren aufgrund geringerer Arbeitsbreite der Geräte (Tiefenlockerung: Konv. S.: 1,79 kg/ha; Mulchsaaten: 13,72 kg/ha), unebener Bodenoberfläche (Stoppelbearbeitung: Konv. S.: 7,02 kg/ha; Mulchsaaten: 8,30 kg/ha) und unterschiedlicher Bodenfeuchte (Rodung: Konv. S.: 27,91 kg/ha; Mulchsaaten 31,64 kg/ha) gegenüber der Konv. S. den Kraftstoffverbrauch erhöhen.

Beim Anbauverfahren Konv. S. ist der Aufwand an Energie für die Herstellung und Reparatur landwirtschaftlicher Maschinen mehr als doppelt so hoch als beim Verfahren MSoSBB. Diese Differenz beruht auf der

unterschiedlichen Maschinenausstattung der einzelnen Verfahren.

#### Die Energiebilanzen

der vier Zuckerrübenanbauverfahren sind in Bild 2 dargestellt. Der Energieaufwand der einzelnen Anbauverfahren ist aus Bild 1 übernommen worden und wird nun in der Einheit GJ/ha angegeben. Beim Energieertrag kommen die unterschiedlichen Zuckerrübenanbauverfahren zur Geltung (Durchschnitt der Erträge von 1988 bis 1994; Konv. S.: 639 dt/ha, MSmSBB: 657 dt/ha und MSoSBB: 533 dt/ha; korrigierter Ertrag Konv. S. und Kompost: 639 dt/ha). Den höchsten Output erzielt dabei mit 261 GJ/ha die MSmSBB. Einen ähnlich hohen Energieertrag erzielt die Konv. S. mit und ohne Kompost (254 GJ/ha), wohingegen die MSoSBB mit nur 212 GJ/ha stark abfällt.

#### Der Nettoenergiegewinn,

also das Maß für die tatsächlich von der Fläche gewonnene Energie, zeigt die Reihenfolge 240 GJ/ha (MSmSBB), 233 GJ/ha (Konv. S.), 221 GJ/ha (Konv. S. und Kompost) und 194 GJ/ha (MSoSBB). Der geringe Nettoenergiegewinn der MSoSBB ergibt sich daraus, daß die Energieeinsparung des Energieaufwandes im Vergleich zur Konv. S. nur 3,1 GJ/ha beträgt und somit der Energieertragsverlust von 42 GJ/ha nicht kompensiert werden kann.

Bei der Input/Output-Relation hat die MSmSBB mit 1:12,3 die beste Effizienz, danach folgt die Konv. S. (1:11,8), die MSoSBB (1:11,5) und an letzter Stelle steht das Verfahren Konv. S. und Kompost mit 1:7,6.

Bei einer kritischen Betrachtung der energetischen Aufwendungen für Stickstoffdünger je Hektar muss man auf das geringere Ertragsniveau der MSoSBB aus ökologischen und ökonomischen Gründen Rücksicht neh-

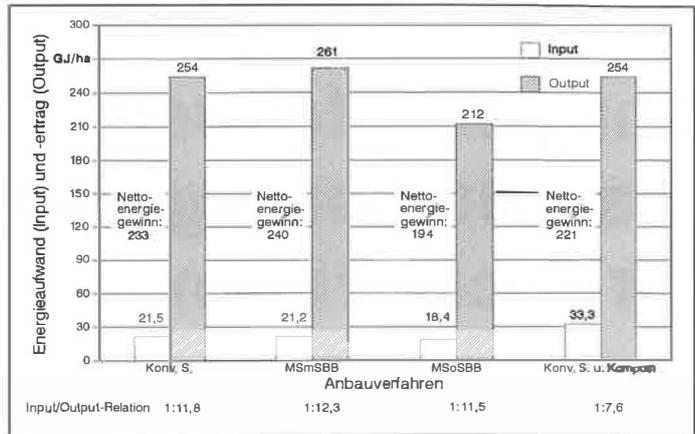


Bild 2: Energiebilanz der vier Zuckerrübenanbauverfahren

Fig. 2: Energy balance of the four sugar beet growing methods

men und die Mineraldüngung anpassen. Hierdurch wird der Energieaufwand sinken und die Energiebilanz verbessert sich.

#### Literatur

- [1] Jager, F.: Telefonat vom 10.01.1997, Fachdokumentationsstelle Tierproduktion, Uni Hohenheim
- [2] Kalk, W.-D. und K.-J. Hülsberger: Methodik zur Einbeziehung des indirekten Energieverbrauchs mit Investitionsgütern in Energiebilanzen von Landwirtschaftsbetrieben. Kühn.-Arch. 90 (1996), H. 1, S. 41 – 56
- [3] Mauch, W.: Kumulierter Energieaufwand von Lastkraftwagen. ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 96 (1994), H 2, S. 116 – 124
- [4] Merkes, R.: Überlegungen zur CO<sub>2</sub>-Emission beim Anbau von Zuckerrüben. Zuckerind. 121 (1996), H. 8, S. 631 – 634
- [5] Patyk, A. und G. A. Reinhardt: Düngemittel – Energie- und Stoffstrombilanzen. 1997
- [6] Patyk, A.: Telefonat vom 07.01.1997, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung
- [7] Reinhardt, G. A.: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung nachwachsender Rohstoffe. 1993
- [8] Eigene Berechnungen aus: Schattner-Schmidt, S.; A. Gronauer; H. Schön und M. Helm: Vergleich verschiedener Kompostierungsverfahren unter den Aspekten Stoffstrombilanz, Energiebilanz und Kosten. In: Institut für Agrartechnik Bornim (Hrsg.): Aufbereitung und Verwertung organischer Reststoffe im ländlichen Raum. Bornimer Agrartechnische Berichte, Potsdam-Bornim, 1996, H. 12, S. 22 – 34
- [9] Scholz, V. und P. Kaulfuß: Energiebilanz für Biofestbrennstoffe. Forschungsbericht 3, 1995

#### Vorschau

In der April-Ausgabe Ihrer LANDTECHNIK finden Sie:

- Teilflächenspezifische Düngung
- Querhacke statt Spritze
- Trennprozesse im Mähdrescher
- Kompostierung tierischer Exkremente
- Warmwasserbett für Saugferkel