

Energiebilanz ressourcenschonender 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 die aktuellen Energiebilanzen von Zuckerrübenanbauverfahren dient, wurde in Feldversuchen ermittelt. Die Energiebilanzen wurden für einen Modellbetrieb errechnet.

Dr. Christoph Stephan ist Referent für den Bereich Koordination beim Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e. V. (BDP), Kaufmannstraße 71-73, 53115 Bonn; e-mail: cstephan@bdp-online.de. Er war in der Zeit von 1993 bis 1996 am Lehrstuhl für Landtechnik (Leiter Prof. Dr.-Ing. K.-H. Kromer).

Schlüsselwörter

Energiebilanz, Energieertrag, Energieaufwand

Keywords

Energy balance, energy yield, energy input

Literaturhinweise sind unter LT 01 SH 105 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Energiekrisen 1973/74 und 1978/79 haben die Endlichkeit fossiler Energieressourcen deutlich gemacht. Diese Energieverknappung und die dadurch eintretende Verteuerung zwangen auch den Landwirt, den Energieverbrauch zu senken. Die bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern entstehenden Schadgasemissionen haben die Öffentlichkeit dahingehend sensibilisiert, dass sie sich in verstärktem Maße für die Senkung des Energieverbrauches und damit für den Schutz der Erdatmosphäre und der Umwelt einsetzt. Umweltbelastungen, die durch das Verbrennen fossiler Energieträger entstehen, entwickeln sich zu einem noch größeren Problem als es die Begrenztheit fossiler Energieträger darstellt und sie zwingen dazu, wieder vermehrt über Energiebilanzen nachzudenken [1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 16].

Material und Methoden

Eine Möglichkeit zur Senkung des Energieverbrauchs ist beispielsweise der Einsatz der konservierenden Bodenbearbeitung. Aus diesem Grund werden die Zuckerrübenanbauverfahren: Konventionelle Saat (Konv. S.), Mulchsaat mit Sekundärbodenbearbeitung (MSmSBB), Mulchsaat ohne Sekundärbodenbearbeitung (MSoSBB) und Konventionelle Saat und Kompost (Konv. S. und Kompost) verglichen und diskutiert.

Zur Quantifizierung der Energieströme muss das untersuchte System der Zuckerrübenanbauverfahren räumlich, zeitlich und energetisch eindeutig beschrieben und abgegrenzt werden [15]:

Räumliche Systemgrenzen

Die räumliche Systemgrenze bildet ein repräsentativer Modellbetrieb von 60 ha mit einer Felderfolge:

- 20 ha Zuckerrüben
- 20 ha Winterweizen
- 15,2 ha Wintergerste
- 4,8 ha Phacelia.

Der Rübenanbau und der Kraftstoffverbrauch für die Verfahrensschritte der vier Anbauverfahren wurden in Feldversuchen (lehmgiger Schluff) ermittelt.

Zeitliche Systemgrenzen

Die Messung des Zuckerrübenanbaues erfolgte in den Versuchsjahren 1993 und 1994. Das System der Anbauverfahren wurde durch einen Produktionszyklus beschrieben, der von der „Ernte der Vorfrucht“ bis zur „Ernte der Zuckerrübe“ mit Ablage in einer Miete reicht.

Energetische Systemgrenzen

Die Energieertragsgrenze bildet die Zuckerrübe ohne Blatt als vermarktungsfähiges Ernteprodukt. Als vermarktungsfähige Ernteprodukte werden die in den Feldversuchen gemessenen, zweijährigen durchschnittlichen Rübenanbauverfahren verwendet.

Alle Endenergieträger werden auf Primärenergieträger umgerechnet.

Alle in den betrachteten Zuckerrübenanbauverfahren direkt oder indirekt eingesetzten Betriebsmittel und deren aufgewendete Energien werden erfasst. Nicht berücksichtigt werden menschliche und tierische Arbeit. Der Energieaufwand, der nicht exakt den Zuckerrüben zugeordnet werden konnte, wie beispielsweise für die Erstellung und die Unterhaltung von landwirtschaftlichen Gebäuden, wird nicht berücksichtigt.

Beim Anbauverfahren Konv. S. und Kompost wird eine Ausbringungsmenge von 6,65 t

Tab. 1: Energiefaktoren (jeweils mit Vorkette) der eingesetzten direkten und indirekten Energieträger sowie Bruttoenergiefaktor der Zuckerrüben

Table 1: Energy factors (each with pre-chains) of applied direct and indirect energy carriers as well as gross energy factor of sugar beets

Energieträger	Energiefaktoren
Dieselmotorkraftstoff	47,53 MJ/kg [11]
Schmierstoffe	54,00 MJ/kg [8]
Maschinen und Geräte	70,00 MJ/kg [7]
Mineraldünger	49,10 MJ/kg N
	17,70 MJ/kg P ₂ O ₅
	10,50 MJ/kg K ₂ O
	2,39 MJ/kg CaO [12]
Saatgut	250,00 MJ/U [9]
Pflanzenschutzmittel	236,00 MJ/kg aktive Substanz [13]
Kompost	1,87 MJ/kg FM [14]
Ernteprodukt	Bruttoenergiefaktor
Zuckerrüben	17,30 MJ/kg FM [6]

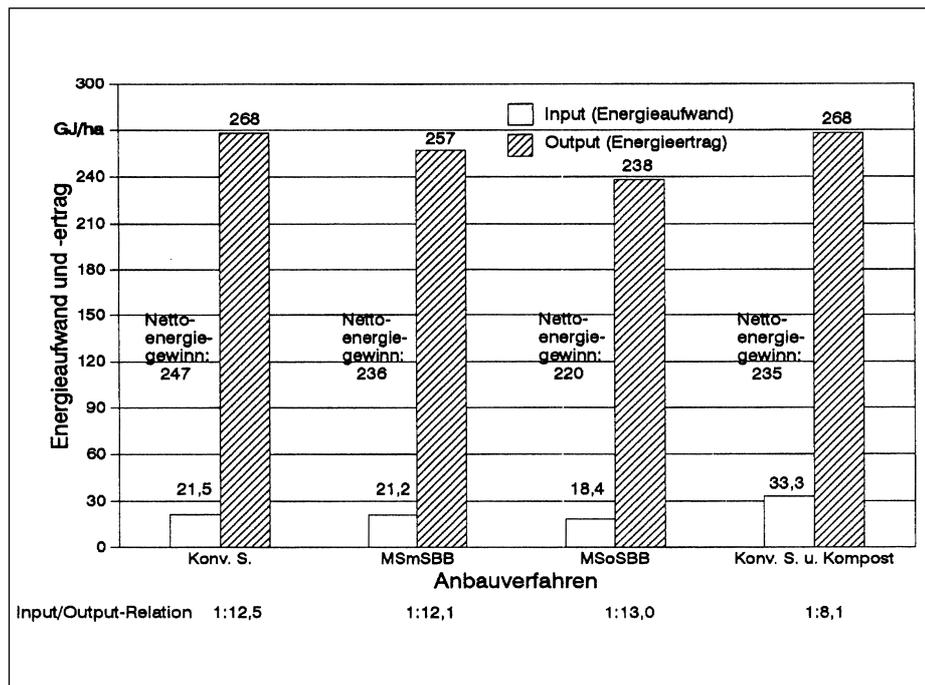


Bild 1: Energiebilanz für verschiedene Zuckerrübenanbauverfahren

Fig. 1: Energy balances for various sugar beet cultivation methods

Kompost-FM/ha aus einer durchschnittlich großen, teileingehausten Kompostieranlage, die nach einem zentralen Konzept geführt wird, zugrunde gelegt

Die aus der aktuellen Fachliteratur entnommenen Energiefaktoren sind in *Tabelle 1* aufgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Energieertrag

Beim Energieertrag kommen die unterschiedlichen Rübenenerträge der einzelnen Verfahren zur Geltung (Durchschnitt der Erträge von 1993 und 1994; Konv. S.: 674 dt/ha, MSmSBB: 646 dt/ha und MSoSBB: 599 dt/ha; korrigierter Ertrag: Konv. S. und Kompost: 674 dt/ha). Den höchsten Output (*Bild 1*) erzielen dabei mit jeweils 268 GJ/ha die Konv. S mit und ohne Kompost, einen geringeren Energieertrag erzielt die MSmSBB mit 257 GJ/ha, dahingegen fällt die MSoSBB mit nur 238 GJ/ha stark ab.

Nettoenergiegewinn

Der Nettoenergiegewinn, also das Maß für die tatsächlich von der Fläche gewonnene Energie, liegt bei der Konv. S. am höchsten. Der geringe Nettoenergiegewinn der MSoSBB von 220 GJ/ha ergibt sich daraus, dass die Senkung des Energieaufwandes im Vergleich zur Konv. S. nur 3,1 GJ/ha beträgt und somit der Energieertragsverlust von 30 GJ/ha nicht kompensiert werden kann. Das Anbauverfahren MSoSBB verbraucht im Vergleich zur Konv. S weniger Energie, und gleichzeitig wird weniger Energie in den

Pflanzen fixiert. Bei diesem Vergleich steht also die Intensität der Zuckerrübenproduktion in einem direkten Verhältnis zur Höhe des Energieertrages. Diese Aussage trifft ebenfalls auf die MSmSBB zu.

Input/Output-Relation

Um die Energieproduktivität der Zuckerrübenproduktion bewerten zu können, müssen die Ergebnisse der Input/Output-Relation betrachtet werden. Die Input/Output-Relation, also die Effizienz der MSoSBB mit 1 : 13,0, der Konv. S. mit 1 : 12,5 und der MSmSBB mit 1 : 12,1, liegen eng beieinander. Die niedrigste Input/Output-Relation der vier Anbauverfahren hat das Verfahren Konv. S. und Kompost mit 1 : 8,1. Aufgrund der Ertragsgleichheit der Verfahren Konv. S. mit und ohne Kompost wirkt sich die um 55 % mehr aufgewendete Energie der Kompostvariante natürlich extrem auf die Effizienz aus.

Energieaufwand

Bild 2 zeigt den Energieaufwand in Abhängigkeit vom Zuckerrübenanbauverfahren, in der Einheit MJ/ha. Das Anbauverfahren MSoSBB erfordert mit 18402 MJ/ha den geringsten Energieaufwand. Die Anbauverfahren MSmSBB und Konv. S liegen beim Energieaufwand von 21180 MJ/ha beziehungsweise 21498 MJ/ha deutlich über dem Wert der MSoSBB. Den höchsten Energieaufwand der vier Anbauverfahren erfordert mit 33268 MJ/ha das Verfahren Konv. S. und Kompost.

Die Unterschiede im Energieaufwand, bei den einzelnen Anbauverfahren, werden durch den unterschiedlichen Energieverbrauch bei den Kraft- und Schmierstoffen und bei der Maschinenherstellung verursacht. Zudem ist es entscheidend, ob Kompost eingesetzt wird.

Wird Kompost eingesetzt, dann ändert sich der Faktoreinsatz für die Energieträger Phosphor, Kalium und Calcium nur marginal. Der Faktoreinsatz für den Energieträger Stickstoff bleibt konstant.

Mit einem Energieaufwand von 12451 MJ/ha erzielt der Kompost den höchsten Anteil aller eingesetzten direkten und indirekten Energieträger. Der Energieaufwand erscheint im ersten Augenblick sehr hoch, doch muss man berücksichtigen, dass der Komposteinsatz bei 6,65 t FM/ha liegt. Die zweite wichtige Größe ist der Energiefaktor des Kompostes, denn ein Vergleich eines dezentralen Konzeptes mit vielen kleinen offenen Anlagen in einem Gebiet (650 t Kompostrohstoff/Anlage und Jahr) und der ausgewählten durchschnittlich großen teileingehausten Kompostieranlage (9000 t Kompostrohstoff/a) mit einem zentralen Konzept zeigt, dass sich der Energiefaktor für eine Tonne Kompost beim dezentralen Konzept um 63 % verringert.

Bild 2: Zusammensetzung des Energieaufwandes für verschiedene Zuckerrübenanbauverfahren

Fig. 2: Composition of energy input for various sugar beet cultivation methods

