

Kalkulation des fossilen Energieeinsatzes

Lagerung und Aufbereitung organischer Dünger

Die Methode der Energiebilanzierung in der Pflanzenproduktion wird mit einem Lösungsvorschlag zur Bilanzierung des fossilen Energieeinsatzes bei der Aufbereitung und Lagerung von Gülle und Stalldung komplettiert. Für den flächen- und produktbezogenen Energieeinsatz führt die Kalkulation der im Stall aufzuwendenden fossilen Energie bei Gülleaufstallung von Milchkühen gegenüber der ausschließlichen Mineraldüngung und der Düngung mit Stalldung zu geringeren Werten.

Dr. sc. techn. Wolf-Dieter Kalk und Dr.-Ing. Werner Berg sind Mitarbeiter der Abteilung „Technikbewertung und Stoffkreisläufe“ des Institutes für Agrartechnik Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zanke); e-mail: wkalk@atb-potsdam.de
Dr. agr. Kurt-Jürgen Hülsbergen ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Acker und Pflanzenbau der Martin-Luther Universität Halle, Ludwig-Wucherer Str. 2, 06108 Halle (Direktor: Prof. Dr. habil. Wulf Diepenbrock)

Schlüsselwörter

Fossiler Energieeinsatz, Energieausnutzung, organischer Dünger, Milchvieh

Keywords

Fossil energy input, energy efficiency, organic fertiliser, dairy cattle

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 02612 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Der Stoff- und Energiehaushalt ist für die Ermittlung der Umweltverträglichkeit landwirtschaftlicher Bewirtschaftungssysteme ein wesentlicher Bereich. Schwachstellen gegenwärtig verfügbarer Modelle für die Bewertung kompletter Betriebssysteme sind differenzierte Ansätze für den Energieeinsatz in Verfahren der Pflanzen- und Tierproduktion. Bei organischen Düngern sind im Bereich der Tierproduktion zwei Fakten umstritten: die Betrachtung als Abfall oder als Produkt der Tierhaltung [1] und der Ansatz eines NPK-Substitutionswertes als Energieeinsatz [2] anstelle des betrieblich schwer zu quantifizierenden Einsatzes fossiler Energie. Zielführend erscheint deshalb ein Ansatz zur Kalkulation des fossilen Energieeinsatzes für die Lagerung und Aufbereitung organischer Dünger.

Kalkulationsansatz

Zur Lösung des Problems wurde der zur Lagerung und Aufbereitung organischer Dünger erforderliche direkte Energieeinsatz für Dieselkraftstoff und Elektroenergie und der indirekte Energieeinsatz für Investitionsgüter in vier Milchvieh-Laufställen kalkuliert (Tab. 1 und 2). Wesentliche methodische Grundlage waren die Untersuchungsergebnisse zu Energieäquivalenten für Investitionsgüter [5]. Bei Festmistaufstallung sind jährlich zwischen 1480 und 1610 MJ/Kuh aufzuwenden. Die Zunahme bei größeren

Tierbeständen ist verursacht durch den wegen der Mehrarbeitszeit für Entmistung [3] zusätzlichen DK-Verbrauch (Tab. 1). Bei Gülleaufstallung ist der jährliche Primäraufwand je Kuh etwas größer (Tab. 2).

Die Nutzung der organischen Dünger wurde für einen Modellbetrieb (AF: 900 ha) kalkuliert, dessen Ackerflächenverhältnis dem im Land Brandenburg unter Vernachlässigung der Brache- und Grünlandflächen entspricht [9]. Der Viehbesatz wurde mit 0,4 GV/ha etwas geringer angesetzt als der aktuelle Viehbesatz Brandenburgs [9]. Auf einer Fläche von 540 ha erfolgt ausschließlich Minereraldüngung, auf 180 ha kombinierte Gülle- und Minereraldüngung und auf 180 ha kombinierte Stallmist- und Minereraldüngung mit jeweils einer GV/ha.

Es wird unterstellt, dass Stickstoff (Tab. 3) im Applikationsjahr bei Stalldung zu 30 % und bei Gülle zu 50 %, P wegen der Nachwirkung in Folgefrüchten zu 100 % und K wegen zu erwartender Verluste auf Sandböden zu 80 % genutzt wird [10, 11]. Als Basiserträge für ausschließliche Minereraldüngung und Nährstoffbedarf wurden Daten des Landes Brandenburg verwendet [12]. Bei Anwendung von Stallmist in Kombination mit Minereraldüngung sind auf vielen Standorten in Versuchen Ertragssteigerungen bis über 10 % ermittelt worden [10, 13]. In diesem Beitrag wurden bei Stallmistapplikation Ertragssteigerungen von 10 % und bei Gülleapplikation 5 % angenommen.

Tab. 1: Fossiler Energieeinsatz für die Lagerung und Aufbereitung von Festmist aus Milchviehlaufställen

Kennzahl	Einheit	Anzahl der Tiere			
		60	120	180	240
DK-Verbrauch ¹⁾	l a ⁻¹	681	1647	2994	4499
Maschinen ²⁾	kg a ⁻¹	2133	3145	4566	6204
Dunglege ³⁾	GJ a ⁻¹	24,6	45,9	66,6	87,1
Jauchegrube ⁴⁾	GJ a ⁻¹	23,6	38,6	48,7	66,0
Summe	GJ a ⁻¹	94,2	177,7	274,4	386,2
Energieeinsatz	MJ GV ⁻¹ a ⁻¹	1570	1481	1524	1609
Energieeinsatz	MJ t ⁻¹ FM	157	148	152	161

Table 1: Fossil energy input for the storage and processing of solid manure from loose dairy cattle houses

1) Arbeitszeit für Einstreu und Entmistung nach [3], Traktor 35 kW, 1 l DK entspricht 39,4 MJ Primärenergie [4]

2) Abschreibung der Primärenergie für Traktor, Schiebeschild, Kratzbodenwagen, 1 kg entspricht 9 MJ [5]

3) Flächenbedarf pro Kuh und 6 Monate 3,6 m² nach [6], Umfassungsmauer, Energieäquivalente nach [5]

4) Behälterbedarf nach [6], Jauchegrube nach [7] mit Betonboden und -deckel und Stahlbehälterwand

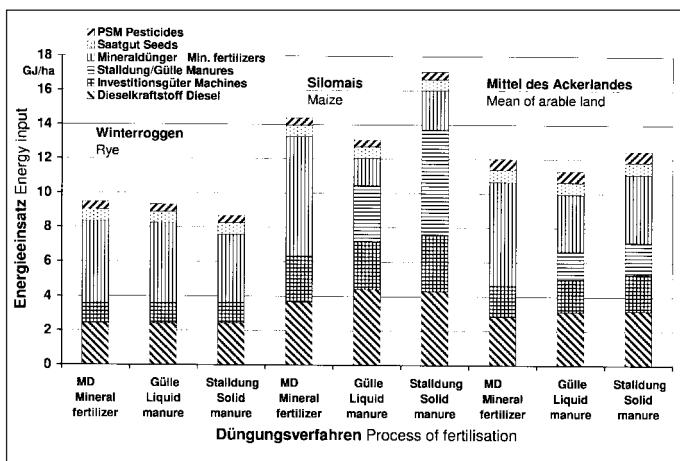


Bild 1: Energieeinsatz bei unterschiedlichen Düngerverfahren

Fig. 1: Energy input for different fertilisation applications in various crops

Tab. 2: Fossiler Energieeinsatz für die Lagerung und Aufbereitung von Gülle aus Milchviehlaufställen

Table 2: Fossil energy input for the storage and processing of liquid manure from loose dairy cattle houses

Kennzahl	Einheit	Anzahl der Tiere			
		60	120	180	240
DK-Verbrauch ¹⁾	l a ⁻¹	204	557	1079	1819
Stromverbrauch ²⁾	kWh a ⁻¹	135	270	405	540
Maschinen ³⁾	kg a ⁻¹	267	671	1270	2117
Güllebehälter ⁴⁾	GJ a ⁻¹	50	76	86	104
Güllekanäle ⁵⁾	GJ a ⁻¹	49	97	145	192
Summe	GJ a ⁻¹	113	206	292	394
Energieeinsatz	MJ GV ⁻¹ a ⁻¹	1879	1716	1621	1643
Energieeinsatz	MJ t ⁻¹ FM	94	86	81	82

1) s. Tabelle 1; 2) Stromverbrauch für Gülleförderung [3], Motor 15 kW, 1 kWh entspricht 10,41 MJ Primärenergie [8]; 3) Abschreibung der Primärenergie für Traktor, Schiebeschild, Güllepumpe: 1 kg entspricht 9 bzw. 13 MJ [4]; 4) Güllebehälter- und Vorgrubenbedarf nach [6], Vorgrube nach [7], Energieäquivalente nach [5]; 5) Güllekanäle, Spaltenrost nach [6], Energieäquivalente nach [5]

Für fruchtartenbezogene Energiebilanzen wurde das PC-Modell REPRO [14,15] eingesetzt, das von der Universität Halle zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktionssysteme entwickelt wurde. Gegenüber bisherigen Ansätzen können detaillierte Verfahrens- und Ertragsinflüsse sichtbar gemacht werden.

Ergebnisse

Wegen der unterschiedlichen Stickstoffdüngeräquivalente für Stalldung und Gülle (Tab. 3) konnten im beschriebenen Modellbetrieb 45 ha der Mistapplikationsfläche und 90 ha

Tab. 3: Anfall und Nutzung organischen Düngers

Table 3: Amount and contents of organic fertiliser

Kennzahl	Einheit ¹⁾	Stalldung	Jauche	Gülle
Menge	t GV ⁻¹ a ⁻¹	10	4	20
Trockensubstanz TS	kg t ⁻¹ FM	250	30	80
Stickstoff N	kg t ⁻¹ FM (MDÄ)	6,3 (30)	2,5 (20)	4 (50)
Phosphor P	kg t ⁻¹ FM (MDÄ)	1,88 (100)	0,1 (100)	0,96 (100)
Kalium K	kg t ⁻¹ FM (MDÄ)	8,8 (80)	5 (80)	4 (80)

1) GV Großvieheinheit (Kuh mit 500 kg Masse); FM Frischmasse; MDÄ Mineräldüngeräquivalent

Tab. 4: Energieausnutzung bei unterschiedlichen Düngerverfahren

Table 4: Energy efficiency for different fertiliser applications

Kennzahl	Einheit	Min.Dünger	Gülle	Stalldung
Fruchtart		Winterroggen ²⁾		
Energieeinsatz	GJ ha ⁻¹	9,46	9,33	8,67
GE-Ertrag	GE ha ⁻¹	40,4	42,4	44,4
Netto-Energieoutput	GJ ha ⁻¹	51,6	54,9	58,7
Energieintensität	MJ GE ⁻¹	241	226	201
Fruchtart		Silomais ³⁾		
Energieeinsatz	GJ ha ⁻¹	14,38	13,12	17,08
GE-Ertrag	GE ha ⁻¹	46,4	48,8	51,2
Netto-Energieoutput	GJ ha ⁻¹	145,0	154,5	158,8
Energieintensität	MJ GE ⁻¹	313	272	337
Fruchtart		Mittel des Ackerlandes ⁴⁾		
Energieeinsatz	GJ ha ⁻¹	12,01	11,29	12,46
GE-Ertrag	GE ha ⁻¹	48,9	51,2	55,1
Netto-Energieoutput	GJ ha ⁻¹	73,2	78,1	104,0 ¹⁾
Energieintensität	MJ GE ⁻¹	251	225	231

1) höherer Betrag wegen Strohernte für Stallmistverfahren

2) Fruchtart mit Nachwirkung der organischen Dünger

3) Fruchtart mit direkter Ausbringung der organischen Dünger

4) Mittelwerte des Ackerlandes (9 Fruchtarten)

der Gülleapplikationsfläche jährlich mit jeweils 40 t/ha organisch gedüngt werden. Legt man den für einen Milchviehstall mit 180 Tieren kalkulierten Einsatz fossiler Energie (Tab. 1 und 2) auf die gedüngten Flächen um, ergibt sich für die Lagerung

und Aufbereitung organischer Dünger bei Festmistaufstallung ein Energieeinsatz von 6,1 und bei Gülleaufstallung von 3,2 GJ/ha. Im Vergleich dazu wurden mit dem NPK-Substitutionswert bei Festmistaufstallung 8,4 GJ/ha und bei Gülleaufstallung 6,0 GJ/ha errechnet. Der je Tonne Frischmasse ermittelte Energieeinsatz (Tab. 1 und 2) unterscheidet sich erheblich von Werten, die mit Mineräldüngeräquivalenten (Tab. 3) errechnet wurden (210 und 175 MJ/t FM).

Die Einbeziehung der ermittelten Energiemengen für die Aufbereitung und Lagerung organischer Dünger in die Bilanz des gesamten Energieeinsatzes für die Pflanzenproduktion ergibt bei Fruchtarten, zu denen die organischen Dünger ausgebracht wurden (Bild 1, Silomais), mit Gülleapplikation einen niedrigeren Wert und mit Stalldungapplikation einen deutlich höheren Wert als bei ausschließlicher Mineräldüngerapplikation. Bei Fruchtarten mit Nachwirkung der organischen Dünger (Winterroggen) ist

der Energieeinsatz bei allen drei Verfahren fast ausgeglichen. Bei der Stalldungvariante infolge der Stalldungnachwirkung trotz höheren Ertrages einen geringeren Energieeinsatz zur Folge. Trotz dieser Verminderung ist beim Mittelwert des Ackerlandes mit neun Fruchtarten zwischen Gülle- und Stalldungapplikation eine Differenz von ~1GJ/ha vorhanden (Bild 1).

Der höhere flächenbezogene Energieeinsatz beim Stallungsverfahren kann bei direkter Applikation (Tab. 4, Silomais) mit unterstellten 10% höheren Erträgen produktbezogen (Energieintensität) nur teilweise ausgeglichen werden. Beim für Brandenburg typischen Mittel des Ackerlandes weist die Energieintensität das Verfahren mit kombinierter Stallung- und Mineräldüngung energetisch vorteilhafter aus als alleinige Mineräldüngerapplikation. Im ertragsbezogenen Energieeinsatz unterscheiden sich Gülle- und Stallungsverfahren nur wenig.

Bei der Nutzung der Indikatoren Energieeinsatz, Netto-Energieertrag und Energieintensität zur Bewertung der Produktionsverfahren hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit müssen die Vorteilswirkungen des Stallungsverfahrens im Rahmen von Anbauverhältnissen oder Fruchtfolgen berücksichtigt werden. Für die eindeutige Qualitätsbewertung sind auch Humus- und Nährstoffbilanzen einzubeziehen. Das Ergebnis unterstreicht die Notwendigkeit, auch für die Tierhaltung eine komplexe Methodik zur Energiebilanzierung und zur energetischen Bewertung der Verfahren zu erarbeiten.