

## **Bedarf an nicht erneuerbaren Energieressourcen und Treibhauspotenzial der Raufutterproduktion**

O. Huguenin-Elie und T. Nemecek

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191,  
CH-8046; Email: olivier.huguenin@art.admin.ch

### **Einleitung und Problemstellung**

Die begrenzten Energieressourcen und aktuell hohen Energiepreise verlangen nach einer Verbesserung der Energieeffizienz der Raufutterproduktion. Die Landwirtschaft ist auch gefordert möglichst sparsam mit den Energieressourcen umzugehen, um die negativen Umweltwirkungen der Produktion zu reduzieren. Um die Energie- und Ökoeffizienz der Produktion zu optimieren, müssen der Energiebedarf und die Umweltwirkungen der verschiedenen Produktionsverfahren umfassend quantifiziert werden. In diesem Artikel werden der Bedarf an nicht erneuerbaren Energieressourcen und die potenziellen Wirkungen der Bewirtschaftung von Grasland auf den Treibhauseffekt mit der Ökobilanzmethode SALCA (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment) analysiert. Diese Ergebnisse stellen einen kleinen Auszug einer umfassenden Ökobilanzstudie (NEMECEK *et al.*, 2005) dar.

### **Material und Methoden**

Die Bilanzierung wurde auf Schlagebene durchgeführt. Das betrachtete System umfasst die benötigte Infrastruktur, alle Inputs und Arbeitsschritte und die dabei auftretenden Emissionen bis und mit der Futterkonservierung. Die Emissionen aus der Verdauung der Tiere und die Stallemissionen sind nicht berücksichtigt. Die Ökoinventare stammen aus der Datenbank ecoinvent Version 1.2 (FRISCHKNECHT *et al.* 2005). Die Berechnung der Ökobilanzen erfolgte gemäss der SALCA-Methodik (NEMECEK *et al.*, 2005; GAILLARD *et al.*, 2008). Der Bedarf an nicht-erneuerbaren Energieressourcen wurde gemäss ecoinvent-Methodik berechnet und das Treibhauspotenzial über einen Zeitraum von 100 Jahren gemäss IPCC (IPCC, 2001). Die Umweltwirkungen wurden pro Hektare und Jahr einerseits sowie pro produzierte Menge an Mega-Joule Nettoenergie Milch (NEL) andererseits berechnet. Die analysierten Produktionsverfahren sind in Tab. 1 beschrieben. Details dazu sind in NEMECEK *et al.* (2005) zu finden.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Unter den Arbeitsschritten auf dem Grasland benötigen die Ernte-Arbeitsgänge wesentlich mehr nicht-erneuerbare Energieressourcen als die Düngung. Im Bezug auf den Energiebedarf sind deshalb die Weiden deutlich günstiger als das Eingrasen (Abb. 1). Das Treibhauspotenzial der Weiden wird dagegen höher geschätzt als für das Eingrasen, weil die Lachgasemissionen von Harnstellen

deutlich grösser sind als bei anderen Stickstoffquellen (Abb. 2). Unter den Arbeitsschritten auf dem Feld benötigen die Ernte-Arbeitsgänge wesentlich mehr nicht erneuerbare Energieressourcen als die Kulturanlage (Bodenbearbeitung und Saat für die Ansaatwiesen). In Bezug auf den Energiebedarf schneiden deshalb die Dauerwiesen nur wenig günstiger ab als die zwei-jährigen Ansaatwiesen (Abb. 1).

Der Energiebedarf pro produziertem Mega-Joule Nettoenergie Milch (MJ NEL) ist für die Produktion von Belüftungsheu mit Heubelüftung ohne Wärmekollektor zweimal höher als für die Produktion von Grassilage in einem Flachsilo (Abb. 1). Für die Erstellung von Rundballen braucht der Prozess «Ballen wickeln» viel Energie (im Ernte-Prozess berechnet). Zwischen den Konservierungsverfahren sind die Unterschiede bezüglich des Treibhauspotenzials viel geringer als die Unterschiede bezüglich des Energiebedarfs, denn die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen spielen im Vergleich zum Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Methan (CH<sub>4</sub>) eine untergeordnete Rolle (Abb. 2). Zudem ist der Schweizer Strommix – im Gegensatz zu vielen anderen Ländern – nur mit wenig CO<sub>2</sub> belastet, weil er v.a. auf Wasserkraft und Atomenergie beruht. Der Energiebedarf für die Produktion von Silomais liegt in der Schweiz nahe bei jenem von Grassilage (NEMECEK *et al.*, 2005).

Die eingesetzte Menge an Mineraldüngern spielt eine wesentliche Rolle für den Energiebedarf, weil die Produktion und der Transport von Mineraldüngern viel Energie benötigt (Abb. 1). Die Düngungsform beeinflusst das gesamte Treibhauspotenzial der Produktionsverfahren nur geringfügig. Die Verhältnisse zwischen den drei wichtigsten Treibhausgasen werden dagegen stark verändert (Abb. 2). Bei mineralischer N-Düngung wird im Vergleich zur Vollgülle fast kein CH<sub>4</sub> emittiert, dafür aber mehr CO<sub>2</sub> und mehr N<sub>2</sub>O. Auf einem Betrieb mit Viehhaltung würde aber eine mineralische Düngung der Wiesen zu einer Anwendung der Hofdünger auf den Ackerflächen führen und somit keine Reduktion der Methanemissionen des Betriebes bewirken.

Eine mittel intensive Produktion benötigt weniger Energieressourcen pro Hektare als eine intensive Produktion. Pro produziertem MJ NEL nimmt aber der Energiebedarf mit einer Extensivierung der Bewirtschaftung bis zu den wenig intensiven Verfahren (Abb. 1) zu.

### **Schlussfolgerungen**

Eine Extensivierung der Bewirtschaftung von intensiven zu mittel intensiven Wiesen und Weiden verursacht eine leichte Erhöhung des Energiebedarfs pro produziertem MJ NEL. Der Energiebedarf für die Bewirtschaftung der Schnittwiesen kann vor allem durch energiesparende Verfahren der Futterkonservierung und eine Minimierung der Mineraldüngung zugunsten eines effizienten Hofdüngereinsatzes verringert werden. Durch eine Erhöhung des Weideanteils lässt sich der Energiebedarf wirksam senken. Die Lachgasemissionen entwickeln sich dagegen negativ.

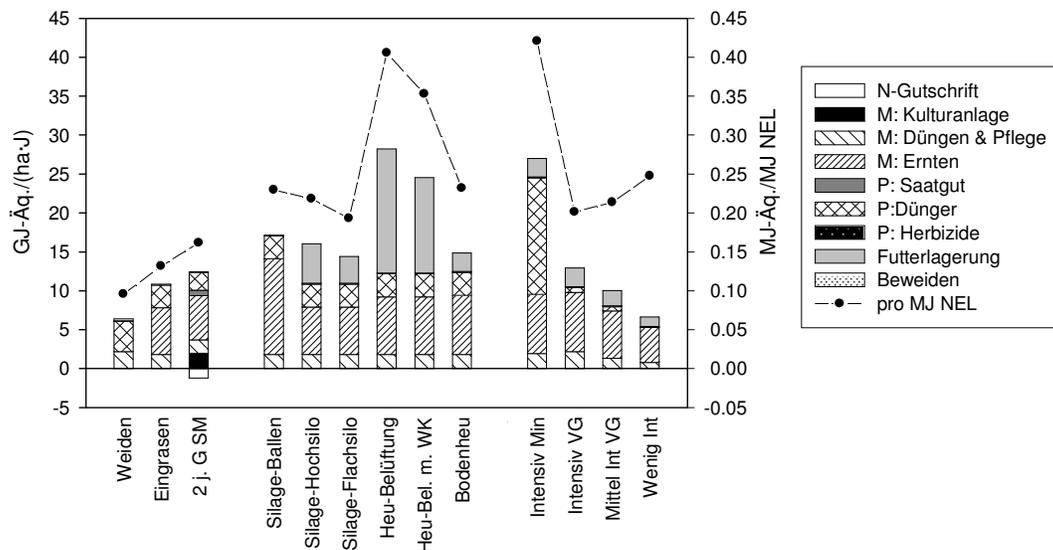
Das Treibhauspotenzial der Raufutterproduktion lässt sich vor allem durch eine Verminderung der Lachgas- und Methanemissionen reduzieren. Dies setzt einen sorgfältigen Umgang mit den Hofdüngern voraus (Lagerung und Ausbrin-

gung), was dank dem so gesparten Stickstoff-Mineraldünger auch einen positiven Effekt auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen hat.

**Tab. 1:** Beschreibung der Produktionsverfahren.

Bezeichnung	Produkt	Beschreibung	Ertrag dt TS/ha und Jahr	NEL- Gehalt MJ/kg TS	Anzahl Nutz- ungen /Jahr	kg N <sub>verf</sub> gedüngt / ha und Jahr	N <sub>verf</sub> aus Min. Dünger (%)
Weiden	Weidegras	3,4 GVE/ha/Weidep.	101,3	6,6	6	122	50
Eingrasen	Frisches Gras	Täglich eingrasen	127,0	6,5	5	146	20
2 j. G SM	Frisches Gras	2 jährige Gras- Weissklee-Ansaatw.	118,6 <sup>a</sup>	6,5	5	125	20
Silage-Ballen	Grassilage	Rundballen (700 kg)	116,8	6,4	5	146	20
Silage-Hochsilo	Grassilage	Kunststoff-Hochsilo	114,9	6,4	5	146	20
Silage-Flachsilo	Grassilage	Flachsilo	116,8	6,4	5	146	20
Heu-Belüftung	Belüftungsheu	Ohne Wärmekollekt.	116,0	6,0	5	146	20
Heu-Bel. m. WK	Belüftungsheu	Mit Wärmekollektor	116,0	6,0	5	146	20
Bodenheu	Bodenheu	Rundballen	110,7	5,8	5	146	20
Intensiv Min	Bodenheu	Nur Mineral-Dünger	110,7	5,8	5	146	100
Intensiv VG	Bodenheu	Nur Vollgülle	110,7	5,8	5	146	0
Mittel Int VG	Bodenheu	Mittel intensiv	90,2	5,2	4	99	0
Wenig Int	Bodenheu	Wenig intensiv	55,7	4,8	3	33	0

<sup>a</sup> Durchschnitt Saat im August – letztes Hauptnutzungsjahr  
N<sub>verf</sub> = verfügbarer Stickstoff, Weidep. = Weideperiode, Bel. = Belüftung, WK = Wärmekollektor, G SM = Gras-Weissklee-Standardmischung, VG = Vollgülle, Min = mineral.



**Abb. 1:** Bedarf an nicht erneuerbaren Energieressourcen pro Hektare und Jahr (Säulen) und pro MJ NEL (Punkte) für die verschiedenen Produktionsverfahren (Tab. 1). N-Gutschrift: Stickstoff-Gutschrift für die Nachkultur in Form von Ammoniumnitrat, entsprechend dem Düngerwert der Ansaatwiesen als Vorkultur; M: Mechanisierung; P: Produktionsmittel; Äq. = Äquivalent.

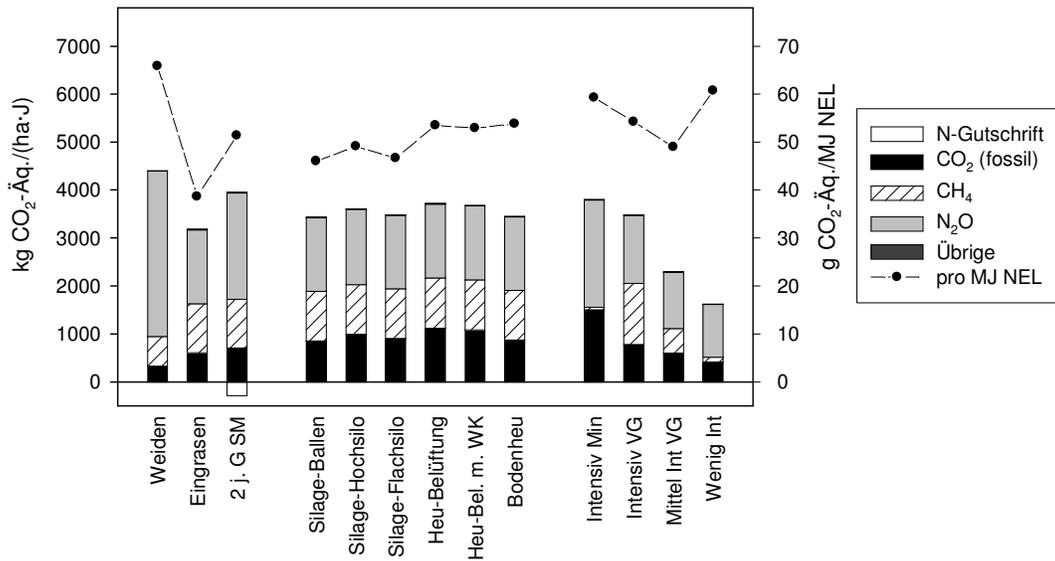


Abb. 2: Treibhauspotenzial über 100 Jahre pro Hektare Anbaufläche und Jahr (Säulen) und pro MJ NEL (Punkte) die verschiedenen Produktionsverfahren (Tab. 1). N-Gutschrift: Stickstoff-Gutschrift für die Nachkultur in Form von Ammoniumnitrat, entsprechend dem Düngerwert der Ansaatwiesen als Vorkultur; Äq. = Äquivalent.

### Literatur

FRISCHKNECHT, R., ALTHAUS, H.-J., BAUER, C., CAPELLO, C., DOKA, G., DONES, R., HISCHE R., JUNGLUTH, N., KELLENBERGER, D., MARGNI, M., NEMECEK, T. & SPIELMANN, M. (2005): Documentation of changes implemented in ecoinvent Data v1.2. ecoinvent report No. 16. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 98 S.

GAILLARD, G., FREIERMUTH, R., BAUMGARTNER, D., CALANCA, P. L., JEANNERET, P., NEMECEK, T., OBERHOLZER, H. R., PRASUHN, V., RICHNER, W. & WEISSKOPF, P. (2008): Methode zur Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Systeme. *Schriftenreihe der FAL* In Vorbereitung.

IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. In: Houghton, J. T. et al. (eds.), Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, The Edinburgh Building Shaftesbury Road, Cambridge, UK.

NEMECEK, T., HUGUENIN-ELIE, O., DUBOIS, D. & GAILLARD, G. (2005): Ökobilanzierung von Anbausystemen im schweizerischen Acker- und Futterbau. *Schriftenreihe der FAL* 58, 156 S.