

Pflanzen

Nährwert von Wiesenpflanzen: Bruttoenergie-Gehalt

Roger Daccord und Yves Arrigo, Agroscope Liebefeld-Posieux, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft (ALP), CH-1725 Posieux

Bernard Jeangros und Jan Scheovic, Agroscope RAC Changins, Eidgenössische Forschungsanstalt für Pflanzenbau, CH-1260 Nyon

Franz X. Schubiger und Joseph Lehmann, Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich

Auskünfte: Roger Daccord, E-Mail: roger.daccord@alp.admin.ch, Fax +41 (0)26 407 73 00, Tel. +41 (0)26 407 71 11

Zusammenfassung

Der Bruttoenergie-Gehalt wurde mittels Kalorimetrie in 439 Proben von zehn wichtigen Wiesenpflanzen bestimmt. Der Bruttoenergiegehalt wird hauptsächlich durch den Gehalt an Rohprotein ($R^2 = 0,31$) und organischer Substanz ($R^2 = 0,26$) beeinflusst. Der Effekt dieser Komponenten ist bei den Kräutern ausgeprägter als bei den Leguminosen und Gräsern. Das Entwicklungsstadium und der Aufwuchs beeinflussen den Bruttoenergie-Gehalt nur wenig. Die Schätzgleichungen, die auf dem Gehalt an organischer Substanz und Rohprotein basieren, haben eine Genauigkeit von $\pm 0,3$ MJ/kg TS und ergeben Werte, die nahe an denjenigen sind, welche mit den in der Schweiz, Frankreich und Deutschland benutzten Standardgleichungen erhalten werden.

In den Hauptsystemen, mit denen der Energiebedarf und die Energiezufuhr beim Wiederkäuer geschätzt wird, stellt die umsetzbare Energie (UE) der Futtermittel eine gemeinsame Basis dar, von der sich die spezifischen Systeme in jedem Land unterscheiden. Definitiv gemäss wird dieser wesentliche Wert auf der Basis der Bruttoenergie (BE) berechnet, abzüglich der Energieverluste durch Kot, Methan und Harn. Die Genauigkeit des BE-Gehaltes beeinflusst also den UE-Gehalt und darüber hinaus die Nettoenergie-Gehalte für die Produktion von Milch und Fleisch. Für einen gleichen UE-Gehalt verringert eine Erhöhung des BE-Gehaltes um 1,0 MJ den Nettoenergie-Gehalt für die Milchproduktion um ca. 0,1 MJ und den Nettoenergie-Gehalt für die Fleischproduktion um 0,2 MJ. Der Einfluss des BE-Gehaltes ist also relativ gering. Es lohnt sich jedoch, ihn mit einer ausreichenden Genauigkeit zu schätzen, um so die Variations-

faktoren des Nettoenergie-Gehaltes der Futtermittel zu vermindern.

Im schweizerischen System wird die BE der Futtermittel an Hand ihrer Gehalte an organischer Substanz (OS) und Rohprotein (RP) berechnet. Eine Ausnahme ist die Berechnung für Mais-Ganzpflanzen, hier wird allein der OS-Gehalt berücksichtigt (RAP, 1999). Die Schätzgleichungen für BE wurden 1978 von Bickel und Landis veröffentlicht. Sie basieren auf den im französischen System verwendeten Standardgleichungen (Vermorel, 1978). Im Rahmen dieser Publikationsreihe, die den Nährwert der zehn bedeutendsten Wiesenpflanzen beschreibt, ergab sich die Gelegenheit, 25 Jahre später die Richtigkeit und Genauigkeit der Standardgleichung, die bei diesen Pflanzen angewandt wurde, zu überprüfen.

Versuchsordnung

Zehn Wiesenpflanzen, nämlich vier Gräser, drei Leguminosen,

ein Korbblütler und zwei Doldegewächse wurden als Reinbestände an drei Standorten (La Frêtaz, Reckenholz und Posieux) während zwei aufeinander folgenden Jahren im Verlaufe der Vegetationsperiode geerntet. Detaillierte Angaben zur Versuchsordnung und Probenahme finden sich in der ersten Publikation dieser Serie (Jeangros *et al.*, 2001a). Von 555 vorhandenen Proben konnten 439 berücksichtigt werden, bei denen die BE durch adiabatische Kalorimetrie bestimmt wurde (Leco AC-350, Leco GMBH, Kirchheim bei München). Dies geschah zur Vervollständigung einer Analysenreihe, deren Ergebnisse bereits publiziert sind (Jeangros *et al.*, 2001a und 2001b; Daccord *et al.*, 2001a und 2001b, 2002, 2004; Schubiger *et al.*, 2001).

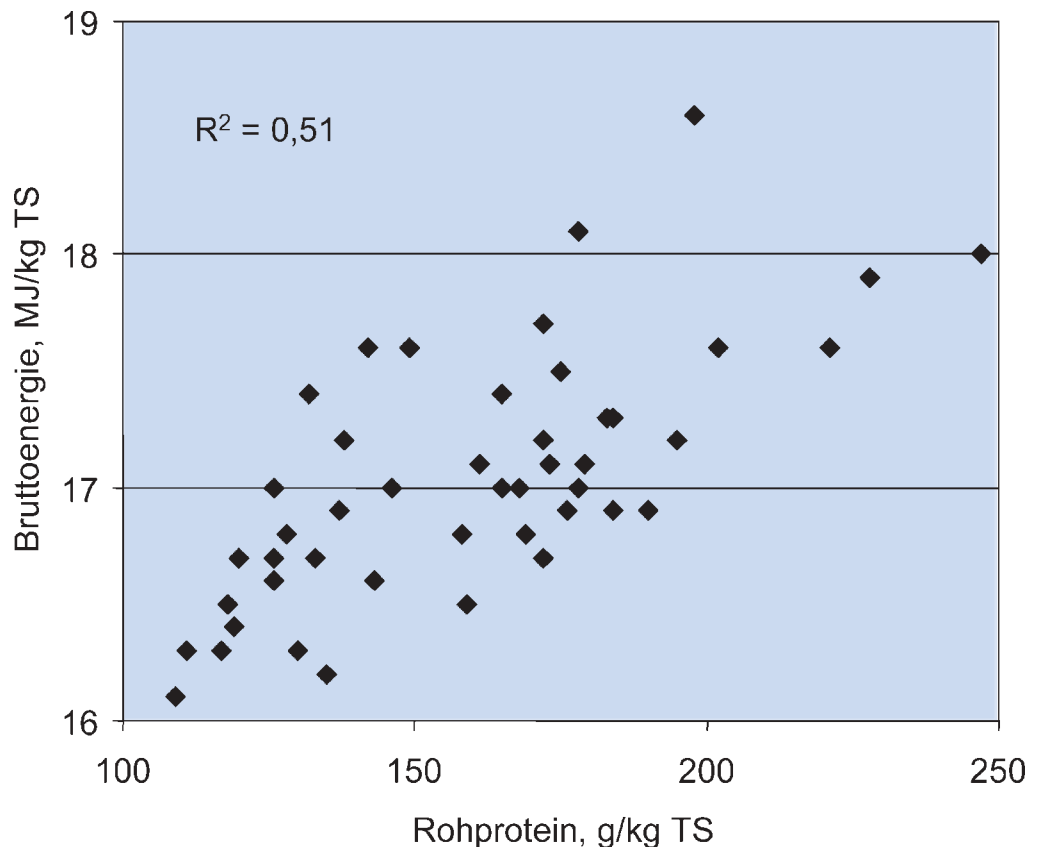
Variationsfaktoren des Bruttoenergie-Gehaltes

Der BE-Gehalt wird vor allem von den Gehalten an RP ($R^2 = 0,31$) und OS ($R^2 = 0,26$) beeinflusst sowie von den Gehalten an stickstofffreien Extraktstoffen ($R^2 = 0,32$), der grob die nicht-strukturbildenden Kohlenhydrate umfasst. Der Einfluss dieser Bestandteile unterscheidet sich je nach Pflanzentyp. Bei den Kräutern ist der Effekt von OS und RP viel deutlicher ($R^2 = 0,82$) als bei den Leguminosen ($R^2 = 0,60$) und Gräsern ($R^2 = 0,37$). Was die Arten betrifft, so übt das RP den stärksten Einfluss auf die BE aus, besonders bei Löwenzahn (Abb. 1). Bei Luzerne und Bärenklau wird die BE

hingegen am deutlichsten durch den Gehalt an Zellwandbestandteilen beeinflusst, bei Weissklee ist die Wirkung der OS am grössten. Die Ursachen für diese Unterschiede sind nicht offensichtlich. Teilweise widerspiegeln sie die unterschiedlichen Brennwertwerte von Rohprotein, Zellwandbestandteilen und nicht-strukturbildenden Kohlenhydraten.

Die Relation zwischen Entwicklungsstadium und BE-Gehalt ist schwach ($R^2 = 0,07$). Bei den Kräutern ist der Effekt des Entwicklungsstadiums deutlicher zu erkennen als bei den Gräsern und Leguminosen. Der Aufwuchs übt einen noch geringeren Einfluss aus ($R^2 = 0,05$).

Die Wirkung der chemischen Zusammensetzung auf die Entwicklung der BE erlaubt die Erstellung folgender Schätzgleichungen:



$$(1) \quad BE = -1,349 + 0,0201 \text{ OS} + 0,0079 \text{ RP}$$

$$R^2 = 0,65 \quad \text{Versuchsfehler} = 0,35 \quad n = 439$$

wobei: BE = Bruttoenergie, MJ/kg TS

OS = organische Substanz, g/kg TS

RP = Rohprotein, g/kg TS.

Diese Standardgleichung wird etwas genauer, wenn man eine Variable hinzufügt, welche die Zellwandbestandteile kennzeichnet:

$$(2) \quad BE = 1,968 + 0,0155 \text{ OS} + 0,0092 \text{ RP} + 0,0027 \text{ RF}$$

$$R^2 = 0,70 \quad \text{Versuchsfehler} = 0,32 \quad n = 439$$

$$(3) \quad BE = 0,543 + 0,0169 \text{ OS} + 0,0092 \text{ RP} + 0,0027 \text{ LC}$$

$$R^2 = 0,71 \quad \text{Versuchsfehler} = 0,32 \quad n = 439$$

wobei: RF = Rohfaser, g/kg TS

LC = Lignozellulose (ADF), g/kg TS.

Es ist interessant festzustellen, dass der Ersatz von Rohfaser durch Lignozellulose einen nicht signifikanten Einfluss auf die Art und die Genauigkeit der Schätzgleichung hat.

Vergleich mit den Standard-Schätzgleichungen

Die durch Anwendung der Schätzgleichung 1 erzielten Ergebnisse wurden mit denjenigen verglichen, die man mit Hilfe der Schätzgleichung des Grünen Buches erhält, die ebenfalls auf den OS- und RP-Gehalten basiert (RAP, 1999). Die Resultate sind ähnlich, liegen jedoch im Durchschnitt 1,0% tiefer (Abb. 2). Wird die Schätzgleichung 1 in der Weise angepasst, dass sie durch den Ursprung des Diagramms verläuft, sind die Regressionskoeffizienten der beiden Gleichungen ähnlich ($0,0186 \text{ OS} + 0,0077 \text{ RP}$ gegenüber $0,0188 \text{ OS} + 0,0078 \text{ RP}$ für die Standardgleichung des Grü-

Abb. 1. Relation zwischen Rohprotein- und Bruttoenergie-Gehalt bei Löwenzahn.

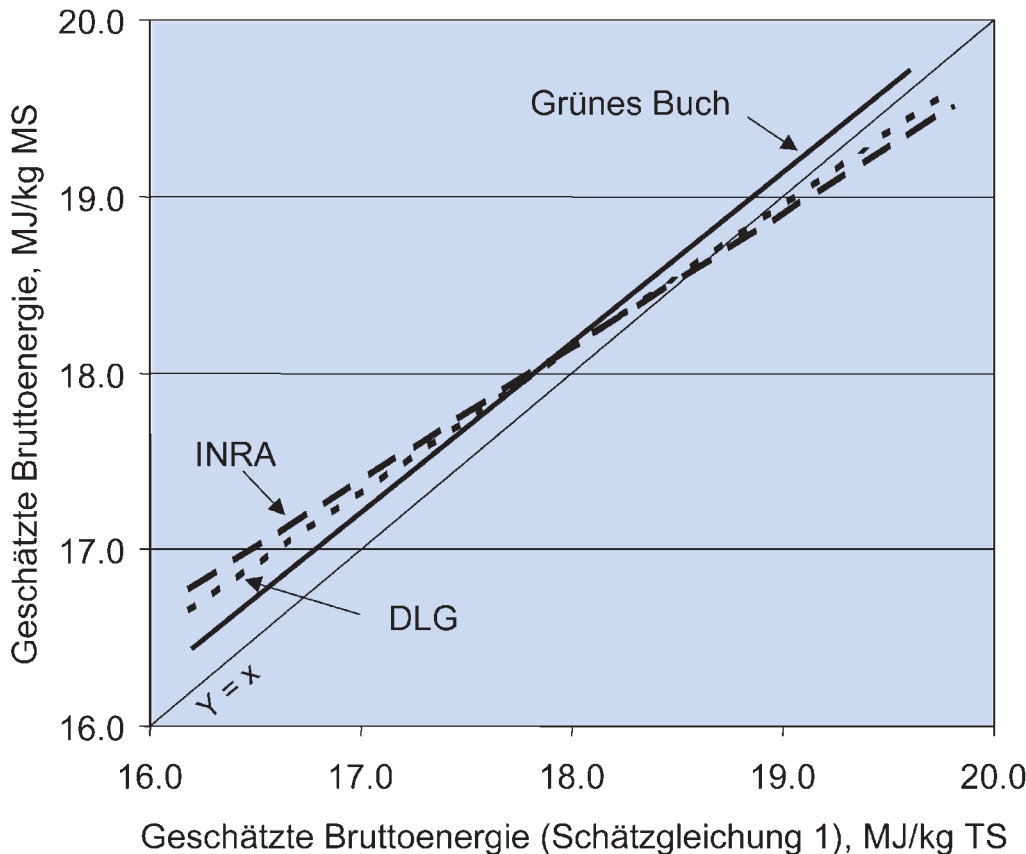


Abb. 2. Vergleich zwischen den Bruttoenergie Werten, die mittels Schätzgleichung 1 oder mit den Standardgleichungen aus dem Grünen Buch (RAP, 1999), vom INRA (Andrieu et Demarquilly, 1987) oder der DLG (1997) errechnet wurden.

nen Buches). Die Werte sind auch denjenigen ähnlich, die man mit den Schätzgleichungen des INRA (Andrieu und Demarquilly, 1987) und denjenigen der DLG (DLG, 1997) erhält. Die Abweichungen sind ein wenig grösser, wenn man die Werte mit denjenigen vergleicht, die man bei Anwendung der Schätzgleichung von Lanari *et al.* (1993) erhält. Insgesamt gesehen ergeben diese drei Standardgleichungen im Vergleich zur Standardgleichung 1 höhere Werte im Bereich der tiefen Gehalte, das heisst 0,7%, 0,7% und 2,1% für einen mittleren Gehalt von 18,1 MJ. Im Vergleich zu den mittels Kalorimetrie analysierten Gehalten liegt das Bestimmtheitsmass dieser drei Standardgleichungen bei 0,47, 0,61 und 0,48. Wahrscheinlich ist der relativ hohe Aschegehalt der untersuchten Proben (durchschnittlich 97 ± 20 g/kg TS) einer der

Gründe für die tieferen Werte, die mit Standardgleichung 1 errechnet wurden. Wenn der durchschnittliche Bruttoenergie-Gehalt auf einen Aschegehalt von 60 g korrigiert wird, wobei die Kontamination durch Erde ausgeschlossen wird, erhält man einen Gehalt von 18,5 MJ, der somit sehr dicht an dem von Van Es (1978) für Raufutter vorgeschlagenen mittleren Wert von 18,4 MJ liegt. Eine andere Ursache ist möglicherweise in der Homogenität der Proben und der Ähnlichkeit der angewandten Methoden in dieser Studie zu sehen (Probennahme, Vorbereitung und Analyse der Proben), da die übrigen berücksichtigten Schätzgleichungen sicherlich an Hand von weniger homogenen Ergebnissen aufgestellt wurden.

Schlussfolgerungen

■ Der BE-Gehalt der untersuchten Pflanzen kann an Hand

ihrer Gehalte an organischer Substanz und Rohprotein mit ausreichender Genauigkeit geschätzt werden ($\pm 0,3$ MJ/kg MS). Die Berücksichtigung des Rohfaser- oder Lignozellulose-Gehaltes erhöht die Genauigkeit etwas. Diese Genauigkeit konnte man mit den bislang angewandten Standardgleichungen nicht.

■ Die mittels der analysierten Proben aufgestellten Schätzgleichungen liefern Resultate, die dicht bei denjenigen liegen, die mit den Standardgleichungen aus dem Grünen Buch oder den in Frankreich und Deutschland verwendeten Standardgleichungen erhalten werden.

■ Unsere Ergebnisse bestätigen global die Resultate aus den Siebziger Jahren, auf denen unser Energie-Bewertungssystem bei Wiederkäuern basiert.

Literatur

- Andrieu J., Demarquilly C., 1987. Valeur nutritive des fourrages: tables et prévision. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA, **70**, 61-73.
- Bickel H., Landis J., 1978. Feed evaluation for ruminants. III Proposed application of the new system of energy evaluation in Switzerland. Livestock Production Science, **5**, 367-372.
- Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.- X., Lehmann J., 2001a. Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Zellwandbestandteilen. *Agrarforschung* **8**, 180-185.
- Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.- X., Lehmann J., 2001b. Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Ca, P, Mg und K. *Agrarforschung* **8**, 264-269.
- Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.- X., Lehmann J., 2002. Nährwert von Wiesenpflanzen: Energie- und Proteinwert. *Agrarforschung* **9**, 22-27.

- Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.- X., Lehmann J., 2004. Nährwert von Wiesenpflanzen: Aminosäuren-Gehalt. *Agrarforschung* **11**, 16-21.
- DLG, 1997. DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer. 7. Aufl., DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 212 p.
- Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.- X., Lehmann J., Daccord R., Arrigo Y., 2001a. Nährwert von Wiesenpflanzen: Trockensubstanz-, Rohprotein- und Zuckergehalte. *Agrarforschung* **8**, 78-86.
- Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.- X., Lehmann J., Daccord R., Arrigo Y., 2001b. Nährwert von Wiesenpflanzen: Phenolische Verbindungen. *Agrarforschung* **8**, 270-275.
- Lanari D., Tibaldi E., D'Agaro E., 1993. Equazioni di stima dell'energia lorda, della digeribilità della sostanza organica e dell'ingestione volontaria di sostanza secca in ovini per alcune categorie di alimenti italiani. *Zoot. Nutr. Anim.* **19**, 57-71.
- RAP, 1999. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer (4. Aufl.), LMZ, Zollikofen, 328 S.
- Schubiger F.- X., Lehmann J., Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., 2001. Nährwert von Wiesenpflanzen: Verdaulichkeit. *Agrarforschung* **8**, 354-359.
- Van Es A. J. H., 1978. Feed evaluation for ruminants. I The systems in use from May 1977 onwards in the Netherlands. *Livestock Production Science*, **5**, 331-345
- Vermorel M., 1978. Feed evaluation for ruminants. II The new energy systems proposed in France. *Livestock Production Science*, **5**, 347-365.

RÉSUMÉ

Valeur nutritive des plantes des prairies: teneur en énergie brute et son estimation

La teneur en énergie brute (EB) a été déterminée par calorimétrie dans 439 échantillons représentatifs de dix plantes importantes de nos prairies. Elle est principalement influencée par la teneur en matière azotée ($R^2 = 0,31$) et en matière organique ($R^2 = 0,26$). Les effets de ces constituants chimiques sont nettement plus marqués chez les autres plantes que chez les légumineuses et les graminées. Le stade de développement et le cycle ont peu d'influence sur l'EB. Basées sur les teneurs en matière organique et en matière azotée, les équations de prédiction donnent des valeurs d'EB qui ont une précision de $\pm 0,3$ MJ/kg MS. Elles sont proches des valeurs obtenues avec les équations standard suisse, française et allemande.

SUMMARY

Nutritive value of grassland plants: content and prediction of gross energy

The gross energy content (GE) was determined by calorimetry in 439 samples of ten main grassland plants. It is mainly influenced by the content of crude protein ($R^2 = 0.31$) and organic matter ($R^2 = 0.26$). The effect of these components is greater in herbs than in legumes and grasses. The stage of development and the cuts have a small effect on the GE content. Based on the content of organic matter and crude protein, the equations of prediction give GE values with a precision of $\pm 0,3$ MJ/kg DM which are close to the values obtained with the standard equations used in Switzerland, France and Germany.

Key words: grasses, legumes, herbs, gross energy, prediction