

## Vergleich zweier *in vitro*-Methoden zur Schätzung der Energiegehalte von Futterleguminosen

B. Eickler<sup>1</sup>, M. Gierus<sup>1</sup>, E. M. Pötsch<sup>2</sup>, R. Resch<sup>2</sup>, und F. Taube<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

<sup>2</sup>Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Grünlandmanagement und Kulturlandschaft, HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Irdning/Österreich)

### Einleitung und Problemstellung

Zur Bestimmung der Verdaulichkeit bzw. Energieschätzung von Futtermitteln sind verschiedene Methoden und Schätzformeln entwickelt worden, um eine möglichst exakte Futterbewertung für eine optimale Rationsgestaltung bzw. Vorhersage der tierischen Leistung in der Wiederkäuerernährung zu erreichen. Als anerkannte Referenzmethoden werden sowohl die Methode von TILLEY & TERRY (1963) als auch die Cellulase-Methode nach DE BOEVER *et al.* (1986) genutzt, Ergebnisse vergleichender Studien zeigen aber, dass diese Methoden nicht bei allen Futtermitteln gleich präzise sind.

Aufgrund ihrer hohen Proteingehalte steigt die Bedeutung von Futterleguminosen in der Tierernährung. Untersuchungen belegen, dass in einigen Arten enthaltene sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (Tannine in Hornklee, Polyphenoloxidase in Rotklee) die Stickstoffverwertung verändern, aber auch einen Einfluss auf Pansenmikroorganismen haben können. Diese Unterschiede können zudem in Abhängigkeit von Pflanzenart und Pflanzenalter je nach Nutzungssystem und Termin im Jahresverlauf durch variierende Nährstoff- und Fasergehalte verstärkt auftreten. So könnten sich bei den genannten *in vitro*-Methoden Abweichungen durch die unterschiedliche Empfindlichkeit der eingesetzten Enzyme bzw. Mikroorganismen zeigen, welche in Fehlschätzungen der Energiegehalte der Futtermittel resultieren können.

Hinsichtlich dieser Fragestellung wurden die Schätzungen der Energiegehalte verschiedener Futterleguminosen aus unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen auf Basis der genannten *in vitro*-Methoden verglichen.

### Material und Methoden

Die *in vitro*-Analyse nach TILLEY & TERRY (TT) erfolgte modifiziert an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, die Cellulasemethode (CM) basierend auf DE BOEVER wurde nach VDLUFA-Vorgaben an der CAU Kiel durchgeführt. Als Pflanzenmaterial dienten bei 60°C getrocknete und auf 1 mm vermahlene Proben eines Feldversuches, der im Rahmen des EU-Projektes COST Action 852 im Jahr 2004 stattfand (KLEEN *et al.*, 2005). Es wurden 195 Proben analysiert, welche fünf Leguminosenarten (Weißklee, Rotklee, Kura-Klee, Luzerne, Hornklee) aus bis zu drei unterschiedlichen Nutzungssystemen (Siloschnitt, simulierte Weide, Umtriebsweide) in dreifacher Feldwiederholung einschlossen. Bei beiden Methoden wurden bis zu vier Standardproben mit bekannter *in vivo*-Verdaulichkeit mituntersucht (Grünlandfutter, Variationsbereich der Verdaulichkeit der organischen Masse (DOM))

41,9...75,2 %), die bei TT grundsätzlich zur Ermittlung von Korrekturfaktoren berücksichtigt werden und für den Methodenvergleich zusätzliche Aussagen zur Qualität der Analysen ermöglichen.

Die Energiegehalte der Proben wurden nach Korrektur der Rohdaten anhand der Standardproben aus der *in vitro*-Verdaulichkeit nach TT regressionsanalytisch getrennt für den ersten Aufwuchs bzw. die Folgeaufwüchse ermittelt. Die Schätzung der metabolisierbaren Energie (ME; MJ kg TS<sup>-1</sup>) nach CM erfolgte mittels Formel für Leguminosen und Leguminosenkonservate nach WEISSBACH *et al.* (1996). Die statistische Auswertung erfolgte innerhalb der Systeme als Vergleich der Differenzen der ME (ME<sub>Diff</sub>=ME<sub>TT</sub>-ME<sub>CM</sub>), die anhand eines Student t-Tests gegen Null geprüft wurden.

Weiterhin wurden die Ergebnisse der Standardproben den bekannten *in vivo*-Verdaulichkeiten (DOM<sub>vivo</sub>) gegenübergestellt. Die statistische Auswertung erfolgte ebenfalls mittels Differenzbildung. So ergibt sich für TT: DOM<sub>Diff</sub>=DOM<sub>TT</sub>-DOM<sub>vivo</sub>. Aus den Ergebnissen der CM wurde zunächst die Cellulaseverdaulichkeit der organischen Substanz (CDOM) berechnet (VDLUF<sub>A</sub>) und zur Differenzbildung genutzt (CDOM<sub>Diff</sub>=CDOM-CDOM<sub>vivo</sub>).

## Ergebnisse und Diskussion

Eine Gegenüberstellung der geschätzten ME-Gehalte der Leguminosen ergibt überwiegend höhere Energieschätzungen auf Basis der CM im Vergleich zu TT (Abb. 1). Die statistische Auswertung der Differenzen (Tab. 1) zeigt innerhalb jedes Systems signifikante Unterschiede zwischen den Methoden, die entgegen unserer Hypothese nicht nur auf die Arten mit sekundären Pflanzeninhaltsstoffen (Rotklee, Hornklee) beschränkt sind, sondern vielmehr eine grundsätzliche Über- bzw. Unterschätzung der Energiewerte auf Basis der erfolgten Auswertung anzeigen können.

Zur Beurteilung der Genauigkeit der einzelnen Methoden wird die geschätzte DOM der Standards mit den bekannten *in vivo*-Werten verglichen. Eine Darstellung der unkorrigierten DOM-Werte der Standards für jeden Analysendurchgang findet sich in Abb. 2. Die DOM<sub>TT</sub> zeigt erwartungsgemäß eine größere Streuung durch die biologische Schwankung der

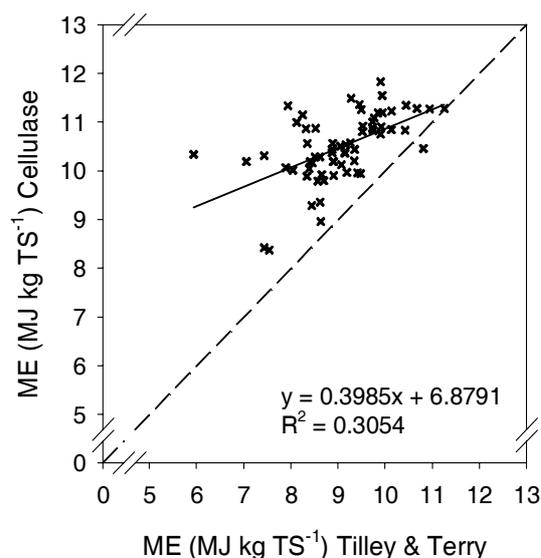


Abb. 1: Gegenüberstellung der ME-Schätzungen mittels TT bzw. CM (Mittelwerte der Feldwiederholungen).

Aktivität des Inokulums, die jedoch nach routinemäßiger Korrektur nicht mehr signifikant war (Daten nicht dargestellt). Die CDOM ergibt für drei der Standards stets eine Über- und für einen Standard eine Unterschätzung der DOM<sub>vivo</sub> (Abb. 2). Bei der CM ist in der Analytik keine vergleichbare Korrektur der Daten vorgesehen. Der statistische Vergleich der Differenzen ergibt auf dieser Basis signifikante Abweichungen der CDOM von der DOM<sub>vivo</sub> (Daten nicht dargestellt). Dies könnte darauf schließen lassen, dass auch die Werte der Leguminosenproben nicht zutreffend geschätzt werden und somit die signifikanten Unterschiede der ME verursachen. Zu diskutieren ist, ob eine obligatorische Einbeziehung von Standardproben mit bekannter *in vivo*-Verdaulichkeit bei der CM zu einer Verbesserung der Schätzgenauigkeit beitragen kann.

Tab. 1: Differenzen der ME-Schätzungen der Methoden ( $ME_{Diff} = ME_{TT} - ME_{CM}$ ; MJ kg TS<sup>-1</sup>); signifikante Unterschiede sind mit \* für  $P < 0,05$ , \*\* für  $P < 0,01$  sowie \*\*\* für  $P < 0,001$  gekennzeichnet.

System	Art	Aufwuchs 1	Aufwuchs 2	Aufwuchs 3	Aufwuchs 4	Aufwuchs 5
Silo	Weißklee	0,03	-0,85 **	-0,46	-1,25 ***	
	Rotklee	0,35	-1,37 ***	-0,33	-2,87 ***	
	Kura-Klee	-0,33	-1,27 ***	-1,22 ***	-3,40 ***	
	Luzerne	-1,22 ***	-0,84 **	-0,83 **	-1,50 ***	
	Hornklee	-0,55 *	-1,55 ***	-0,99 ***	-1,08 ***	
Simulierte Weide	Weißklee	-0,61	-0,41	-1,00 **	-1,34 ***	-0,85 **
	Rotklee	-1,31 ***	-1,40 ***	-1,71 ***	-1,29 ***	-2,35 ***
	Kura-Klee	-1,61 ***	-2,20 ***	-1,08 **	-1,29 ***	-1,31 ***
	Luzerne	-1,25 ***	-1,05 **	-0,78 *	-1,66 ***	-1,67 ***
	Hornklee	-0,71 *	-1,78 ***	-0,74 *	-2,18 ***	-2,55 ***
Umtriebsweide	Weißklee	-0,90 *	-1,15 ***	-0,99 ***	-1,09 ***	-1,92 ***
	Rotklee	-1,76 ***	-1,91 ***	-1,45 ***	-2,22 ***	-2,90 ***
	Luzerne	-1,68 ***	-1,29 ***	-1,77 **	-1,97 ***	-1,56 ***
	Hornklee	-1,10 *	-1,27 ***	-3,14 **	-4,40 ***	-2,88 ***

Ein Vergleich der unterschiedlichen Aufwüchse innerhalb der Systeme ergibt für die Leguminosen hinsichtlich der Differenzen der ME in jedem System eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren Termin\*Art (Daten nicht dargestellt). Die Unterschiede zwischen den ME-Schätzungen sind besonders im unteren ME-Bereich von TT (Abb. 1) bzw. bei den Herbstaufwüchsen (Tab. 1; Termine 4 und 5) ausgeprägt und lassen vermuten, dass zusätzlich eine unterschiedliche Empfindlichkeit der eingesetzten Enzyme bzw. der Pansenmikroorganismen gegenüber bestimmten Inhaltsstoffen durch ansteigende Konzentrationen gegen Ende der Vegetationsperiode ursächlich ist. Hier könnte ein Grund die bei TT empfindlichere Abbildung von Interaktionen zwischen Inhaltsstoffen im Futtermittel und Mikroorganismen sein; auch kann dies die Notwendigkeit zur Überprüfung der Zuverlässigkeit vorhandener Schätzformeln für Leguminosen insbesondere hinsichtlich der Herbstaufwüchse aufzeigen.

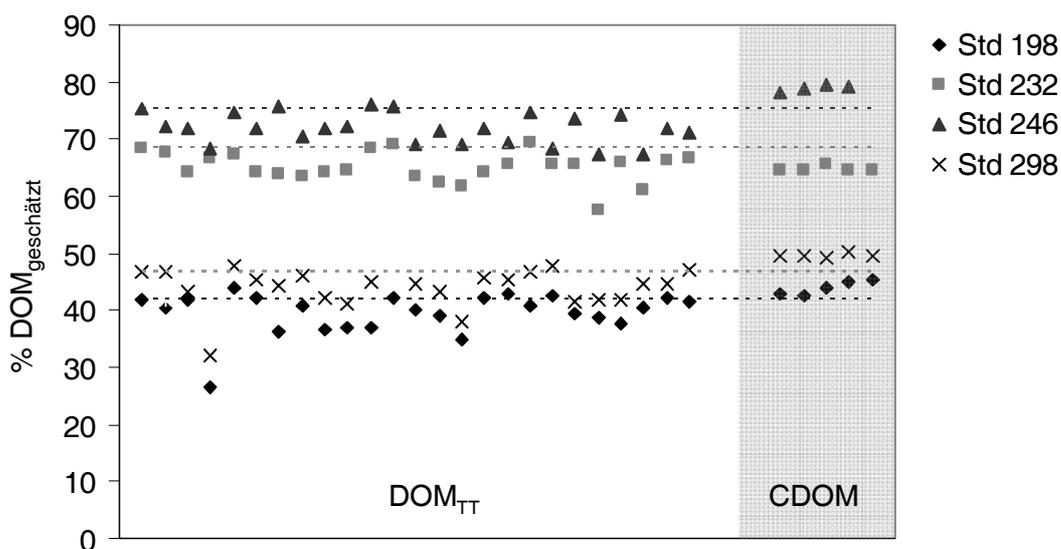


Abb. 2: Vergleich der geschätzten (DOM<sub>TT</sub> bzw. CDOM; unkorrigierte Daten) mit der *in vivo* ermittelten DOM % (gestrichelte Linien) der Standardproben in den Analysendurchgängen.

## Schlussfolgerungen

Hinweise auf einen Einfluss von in Leguminosen enthaltenen sekundären Pflanzeninhaltsstoffen auf die Schätzung der Energiegehalte konnten anhand der vorliegenden Ergebnisse vorerst nicht abgeleitet werden. Vielmehr zeigen sich generelle Defizite hinsichtlich der Vergleichbarkeit der beiden *in vitro*-Methoden bei der Analyse bzw. Energieschätzung von Futterleguminosen. Ansatzpunkte für Anpassungen sind sowohl bei der Methodik selbst als auch bei der Auswertung mittels Schätzformeln gegeben. Es sind weitere *in vivo*-Studien zur Entwicklung und Verbesserung von Schätzformeln erforderlich, die spezifisch an bestimmte Leguminosen angepasst sind. Damit könnte dem steigenden Interesse an Futterleguminosen in der Tierernährung besser Rechnung getragen werden.

## Literatur

DE BOEVER, J. L., COTTYN, B. G., BUYSSE, F. X., WAINMAN, F. W. & VANACKER, J. M. (1986): The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 14, 203-214.

KLEEN, J., GIERUS, M. & TAUBE, F. (2005): Einfluss von Schnitt und Beweidung auf die Ertragsbildung von Futterleguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 2005*, Band 7, 85-88.

VDLUFA Methodenbuch III Futtermitteluntersuchung, Kap. 6.6.1 Cellulasemethode, 4. Erg. 1997, 3-7.

WEISSBACH, F., KUHLA, S. & SCHMIDT, L. (1996): Schätzung der umsetzbaren Energie von Grundfutter mittels einer Cellulase-Methode. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 5, 115.

---