

Bewertung ökologisch erzeugter Futtermittel mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

Evaluation of organically produced feedstuffs with Near-Infrared-Spectroscopy (NIRS)

KAREN AULRICH¹ UND HERWART BÖHM¹

¹ Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für ökologischen Landbau, Trenthorst
32, 23847 Westerau

E-mail: karen.aulrich@fal.de

Abstract

In the present work we address the development of a rapid technique – near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) – for the evaluation of organically produced feedstuffs including the analysis of the crude nutrients and the estimation of energy for dairy cattle, pigs and poultry. The exclusive use of organically produced animal feedstuffs is fixed in the EU-VO 2092/91 for the year 2011. The self-evident deviations of the contents of crude nutrients between the data of conventionally and the organically analysed feedstuffs as well as the possible differences of the contents from year to year point out, that a satisfying calculation of feed rations needs an exact knowledge of the contents of the feed components used. Therefore, well defined material of the years 2002-2005 from field trials of the experimental station of the Institute of Organic Farming in Trenthorst were used for the determination of the contents of crude nutrients and energy in different grain legumes and cereals. All samples were analysed by classical chemical methods and also scanned by NIRS. A set of 286 samples were selected to calibrate the crude nutrients contents and to estimate the energy. The validation of the derived equations was scrutinized by a set of 125 samples. Predictions of crude protein, ether extract, starch and energy contents for pigs and dairy cattle showed satisfactory accuracy. The correlation coefficients for crude protein, ether extract and starch were 0.98, respectively. Standard error of prediction was below 0.1 MJ ME kg DM⁻¹ for metabolizable energy (pig) and below 0.08 MJ NEL kg DM⁻¹. The prediction accuracy for crude fibre, crude ash, sugar and energy (poultry) was poor. During the next growing season should be worked on the improvement of prediction accuracy of the problematical ingredients.

Key words: feedstuffs, NIRS, ingredients, energy

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wird über die Entwicklung einer schnellen Methode, der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS), für die Bewertung ökologisch produzierter Futtermittel berichtet. Dies schließt sowohl die Analyse der Roh Nährstoffe als auch die Energieschätzung für Milchkühe, Schweine und Geflügel ein. Der alleinige Einsatz ökologisch erzeugter Futtermittel im Jahr 2011 ist in der EU-Öko-Verordnung (EWG) 2092/91 festgeschrieben. Die offenkundigen Abweichungen der Roh Nährstoffgehalte von konventionell und ökologisch erzeugten Futtermitteln als auch die möglichen Gehaltsschwankungen von Jahr zu Jahr

machen deutlich, dass eine zufriedenstellende Berechnung von Futterrationen exakte Kenntnisse der Rohnährstoffgehalte der einzusetzenden Futterkomponenten voraussetzt. Aus diesem Grund wurde gut definiertes Material der Jahre 2002-2005 aus Anbauversuchen, die auf dem Versuchsbetrieb des Instituts für ökologischen Landbau in Trenthorst durchgeführt wurden, für die Bestimmung der Rohnährstoffgehalte und die Energieschätzung in verschiedenen Körnerleguminosen und Getreiden verwendet. Alle Proben wurden sowohl mittels klassischer chemischer Methoden analysiert als auch mittels NIRS gescannt. Ein Probensatz von 286 Proben wurde für die Erstellung der Kalibrationen für die Schätzung der Rohnährstoffe und der Energie ausgewählt. Die Validierung der erzielten Kalibrationen erfolgte an weiteren 125 Proben. Die Vorhersage für Rohprotein, Rohfett, Stärke und die Energiegehalte (Umsetzbare Energie, Schwein (ME) und Nettoenergie-Laktation, Milchkuh (NEL)) zeigte sehr gute Genauigkeiten. Die Korrelationskoeffizienten für Rohprotein, Rohfett und Stärke betragen jeweils 0,98. Der Standardfehler der Vorhersage für die Energie war kleiner als $0,1 \text{ MJ ME kg T}^{-1}$ und kleiner als $0,08 \text{ MJ NEL kg T}^{-1}$. Die Vorhersagegenauigkeit für Rohfaser, Rohasche, Zucker und die Umsetzbare Energie fürs Geflügel war unbefriedigend. Im nächsten Anbaujahr soll an der Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit der problematischen Inhaltsstoffe gearbeitet werden.

Schlüsselwörter: Futtermittel, NIRS, Inhaltsstoffe, Energie

1 Einleitung

In der EU-Öko-Verordnung (EWG) 2092/91 ist die 100%-ige Biofütterung verankert, allerdings existieren derzeit noch Ausnahmegenehmigungen, die den Einsatz konventioneller Futterkomponenten bis zum 31.12.2011 erlauben. Dennoch sollten bis zu diesem Zeitpunkt alle Möglichkeiten und Wege erschlossen werden, Futtermittel zu evaluieren, die optimierte Öko-Futterrationen für alle Tierarten in den verschiedenen Leistungsstadien garantieren. Analysendaten zeigen, dass die Schwankungen in ökologisch erzeugten Futtermitteln deutlich höher sind als in konventionellen, so dass die DLG-Futterwerttabellen nicht geeignet sind, Öko-Futterrationen zu berechnen. Zahlreiche Untersuchungen belegen deutliche durch die Sortenwahl bedingte Schwankungen der Inhaltsstoffe, die zudem im erheblichen Maße durch die Jahreswitterung und die Standortbedingungen beeinflusst werden (Böhm und Berk 2007; Bramm und Böhm 2007). Durch Anbauoptimierungen wird man die Schwankungen demnach nicht vermeiden können. Eine optimierte Futterrationsberechnung setzt daher in der ökologischen Tierhaltung exakte Kenntnisse des Futterwertes der einzelnen Futterkomponenten voraus.

Zur Bestimmung des Futterwertes bzw. der Qualität eines Futtermittels kommen verschiedene analytische Methoden zum Einsatz, die sehr zeit- und kostenaufwendig sind wie die Rohnährstoffanalytik nach den Methoden der VDLUFA (1997). Die Optimierung der Rationen in der ökologischen Tierhaltung erfordert aber eine schnelle und zeitnahe Bestimmung der wichtigsten wertgebenden Inhaltsstoffe. Hier bietet sich die Schätzung mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) an. Voraussetzung für die Anwendung der NIRS sind stabile Kalibrierungen für jeden zu schätzenden Inhaltsstoff, die auf den Analysendaten aus klassischen Methoden beruhen. Der erfolgreiche Einsatz der NIRS für die Bestimmung verschiedener Inhaltsstoffe in Futtermitteln ist von mehreren Autoren beschrieben worden (Xiccato et al, 2003; Gonzalez-Martin et al, 2006; Aulrich und Böhm 2007).

Ziel der Untersuchungen war es, Eiweißfuttermittel und verschiedene Getreide aus Anbauversuchen der Jahre 2002-2005 zu bewerten und zu überprüfen, ob die NIRS geeignet ist, die schnelle Bestimmung der Gehalte an speziellen Nährstoffen und Energie in diesen ökologisch angebauten Futtermitteln vorzunehmen.

2 Material und Methoden

In den Jahren 2002 bis 2005 wurden auf dem Versuchsbetrieb des Instituts für ökologischen Landbau der FAL in Trenthorst Feldversuche zum Mischfruchtanbau von Körnerleguminosen mit Sommergetreide durchgeführt. Des weiteren wurden Parzellenversuche zur Anbaueignung der schmalblättrigen Süßlupine durchgeführt. Aus diesen Versuchen wurden Proben entnommen und für die Analytik aufbereitet. Hierzu wurden die Proben nach der Ernte getrocknet, gereinigt und auf 1 mm vermahlen. Die vermahlenden Proben wurden anschließend sowohl NIR-spektroskopisch als auch mittels klassischer Analytik untersucht.

Die Aufnahme der NIR-Spektren erfolgte am FT-NIR-Spektrometer (NIRLab 100, Fa. Büchi, Essen) im Spektralbereich von 1000 – 2500 nm mit einer Schrittweite von 1nm in diffuser Reflexion. Jede Probe wurde dabei dreimal gescannt und anschließend das Mittelwertspektrum berechnet.

Die Referenzanalytik zur Bestimmung der wichtigsten Inhaltsstoffe, die für die Futterbewertung erforderlich sind, erfolgte nach den Verbandsmethoden der VDLUFA (1997). Die energetische Bewertung der Ernteproben wurde mit Hilfe der von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) für die Nutztierarten Schwein und Milchkuh entwickelten und von der DLG veröffentlichten Formeln auf Grundlage der Referenzanalytik vorgenommen (Schwein: Umsetzbare Energie (ME),(DLG 1991); Milchkuh: Nettoenergie-Laktation (NEL), (DLG 1997)). Die Ermittlung des Energiegehaltes für das Geflügel erfolgte nach der Schätzformel der WPSA (1984) als N-korrigierte, scheinbare, Umsetzbare Energie (AME_N).

Die mit der Referenzanalytik ermittelten Analysenwerte dienten als Datengrundlage für die Erstellung der Kalibrierungen zur Schätzung der Gehalte an Rohprotein, -faser, -fett, -asche, Trockensubstanz, Stärke, Zucker und der Energiegehalte in den Ernteproben. Zwei Drittel der aufgenommenen Spektren und die dazugehörigen Referenzdaten wurden für den Kalibrationsdatensatz ($n=286$) und ein Drittel für den Validationsdatensatz ($n=125$) verwendet. Nach Export der spektralen Daten in das Softwarepaket NIRCal (Fa. Büchi, Essen) wurde für jeden zu schätzenden Inhaltsstoff das beste mathematische Modell ermittelt, wobei sich die PLS (Methode der partiellen kleinsten Fehlerquadrate) als geeignet für alle Inhaltsstoffe heraus kristallisierte. Im weiteren wurden verschiedene Ableitungen, Glättungen und Normalisierungen für jeden Inhaltsstoff einzeln geprüft und das Optimum der Vorhersage bestimmt. Zur Beurteilung der Güte der Vorhersage dienten der Standardfehler der Kalibration (SEE), der Standardfehler der Validation (SEP), die Regressionskoeffizienten von Kalibration (R_K) und Validation (R_V).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die für die Beurteilung der Schätzgenauigkeiten ermittelten statistischen Kennzahlen der erstellten Kalibrationsgleichungen der Inhaltsstoffe und der Energie sind in Tabelle 1 aufgeführt. Für die Schätzung der Rohproteingehalte wurden die Datensätze geteilt, so dass

die Schätzungen für Proben mit Gehalten unter 20 % Rohprotein (Getreide) vorgenommen wurden und in einem zweiten Datensatz die Eiweißfuttermittel Eingang fanden. Die Schätzgenauigkeiten sind sowohl für die proteinärmeren Getreideproben als auch für die Eiweißfuttermittel als gut einzustufen. Die Schätzfehler von 0,68 bzw. 1,09 % (SEP) wurden mit Hilfe der PLS (partial least square) Regression und anschließender Datenvorbehandlung über die 1. Ableitung nach Savitzky-Golay (9 Punkte) erreicht. Die Regressionskoeffizienten von 0,98 bestätigen die gute Übereinstimmung zwischen den analysierten und den geschätzten Proteingehalten.

Tabelle 1. Ergebnisse der NIR-Schätzung: statistische Kennzahlen zur Beurteilung der Schätzgenauigkeit der erstellten Kalibrationsgleichungen (SEE: Standardfehler der Kalibration; SEP: Standardfehler der Validation; RK: Regressionskoeffizient der Kalibration; RV: Regressionskoeffizient der Validation)

Inhaltsstoff	Spannbreite	SEE	R _K	SEP	R _V
In: %					
Rohprotein Gehalte < 20%	5,6 – 19,1	0,68	0,98	0,71	0,98
Rohprotein Gehalte > 20%	19,4 – 46,7	1,09	0,98	1,08	0,98
Rohfett	1,4 – 13,7	0,32	0,99	0,34	0,99
Rohfaser	2,5 – 39,7	1,93	0,97	1,93	0,96
Rohasche	1,7 – 10,8	0,47	0,94	0,50	0,94
Stärke	29,5 – 70,3	1,18	0,99	1,33	0,98
Zucker	1,8 – 15,2	0,68	0,96	0,74	0,95
In: MJ/kg T					
ME	15,26 – 16,55	0,09	0,93	0,10	0,90
NEL	8,16 – 9,66	0,08	0,95	0,08	0,95
AME _N	8,16 – 9,66	0,69	0,92	0,65	0,92

Die Schätzgenauigkeit für Rohfett mit einem Schätzfehler von 0,32 vs. 0,34 % ist als sehr gut einzuschätzen. Die Ergebnisse der Rohfaserschätzung sind bisher nicht zufriedenstellend, die Schätzfehler von 1,93 % sind als zu hoch für eine befriedigende Vorhersage einzustufen. Auch die Schätzfehler für Rohasche mit 0,47 vs. 0,50 erweisen sich als nicht zufriedenstellend, was auch von anderen Autoren beschrieben wurde (Xiccato, 2003). Die Vorhersage der Stärkegehalte, die in einem Bereich von 29,5 bis 70,3 % in die Erarbeitung der Schätzgleichungen einbezogen wurden, ist mit einem Fehler von 1,2 vs. 1,3 % als zufriedenstellend einzustufen. Die Regressionskoeffizienten von 0,99 und 0,98 belegen die Güte der Schätzung. Die Ergebnisse der Zuckerschätzung mit einem Fehler von 0,68 % in der Kalibration und 0,74 % in der Validation ist befriedigend.

Werden die Ergebnisse zur Energieschätzung betrachtet, so wird deutlich, dass die Vorhersage für die Umsetzbare Energie (Schwein) und die Nettoenergie-Laktation (Milchkuh) sehr gut ist. Die Schätzfehler von 0,1 MJ/kg T für ME bzw. 0,08 MJ/kg T für NEL sind sehr klein und erlauben eine genaue Energieschätzung. Die Vorhersage der N-korrigierten, scheinbaren, Umsetzbaren Energie fürs Geflügel kann bisher nur mit einem hohen Schätzfehler vorgenommen werden. Ähnlich schlechte Schätzergebnisse für AME_N wurden von (Valdes und Leeson 1992) beschrieben. An der Ursachenklärung muss künftig gearbeitet werden. Ein weiteres wichtiges Ziel muss es sein, ausreichend robuste Kalibrierungen für alle Inhaltsstoffe und die Energieschätzung für alle Tierarten zu entwickeln. Die Schätzfehler für die noch nicht mit Zufriedenheit zu bestimmenden Inhaltsstoffe müssen durch Erhöhung der Stichprobenanzahl, Erweiterung der Spannbreite bzw. gezielte Entwicklung von Kalibrationsgleichungen für Einzelkomponenten in den kommenden Anbaujahren minimiert werden.

Nach Erarbeitung ausreichend robuster Kalibrierungen erweist sich die Nah-Infrarot-Spektroskopie als eine geeignete Methode zur schnellen, umwelt- und kostenfreundlichen Schätzung der wichtigsten Inhaltsstoffe und zur Energieschätzung. Damit kann die NIRS als ein wichtiges Hilfsmittel zur Bewertung von Futtermitteln aus ökologischem Anbau entwickelt werden.

4 Literatur

- Aulrich K, Böhm H (2007): Evaluation of feed quality of organically grown feedstuffs by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 16:87
- Böhm H, Berk A (2007): Bewertung ausgewählter Leguminosen- und Leguminosen-Getreide-Gemenge im Ökologischen Landbau hinsichtlich der Ertragsleistung und des Futterwertes. In: Herrmann A, Taube F (eds) *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*. 18, pp 266-267
- Bramm A, Böhm H (2007): Erzeugung von proteinreichem Futter auf Basis von Körnerleguminosen in Reinsaat und im Mischanbau mit Sommergetreidearten. In: *UFOP-Schriften: Öl- und Proteinpflanzen - Oil 2005*. 28, pp 191-194
- DLG (1991): *DLG-Futterwerttabellen - Schweine*. Universität Hohenheim - Dokumentationsstelle (ed) 6., erw. und völlig neu gestaltete Auflage. Frankfurt am Main : DLG-Verlag
- DLG (1997): *DLG-Futterwerttabellen - Wiederkäuer*. Universität Hohenheim - Dokumentationsstelle (ed) 7., erw. und überarbeitete Auflage. Frankfurt am Main : DLG-Verlag
- Gonzalez-Martin I, Alvarez-Garcia N, Hernandez-Andaluz JL (2006): Instantaneous determination of crude proteins, fat and fibre in animal feeds using near infrared reflectance spectroscopy technology and a remote reflectance fibre-optic probe. *Animal Feed Science and Technology* 128(1-2):165-171
- Valdes EV, Leeson S (1992): The Use of Near-Infrared Reflectance Spectroscopy to Measure Metabolizable Energy in Poultry Feed Ingredients. *Poultry Science* 71(9):1559-1563
- VDLUFA (1997): *Methodenbuch Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*. Darmstadt : VDLUFA-Verlag
- WPSA (1984): The prediction of apparent metabolizable energy values for poultry in compound feeds. *World's Poultry Science Journal* 40:181-182
- Xiccato G, Trocino A, De Boever JL, Maertens L, Carabano R, Pascual JJ, Perez JM, Gidenne T, Falcao-E-Cunha (2003): Prediction of chemical composition, nutritive value and ingredient composition of European compound feeds for rabbits by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Animal Feed Science and Technology* 104(1-4):153-168

