

Erweiterung der Weender-Analyse mit dem Cornell-System und NIRS

Qualification of Feed using Weender Analysis, Cornell System and NIRS

Wilfried Wenzl*, Barbara Steiner*, Lucia Haberl*

Einleitung

Die Bewertung der Energie ist eine ganz entscheidende Größe in der Ernährung der Tiere. Unabhängig von der Passagerate wird die Verdaulichkeit des Futters von der Summe der nutzbaren Energie (NEL, ME) aus dem verfügbaren Fett, den Proteinen, den Nichtfaserkohlenhydraten und schließlich den polymeren Faserstoffen bestimmt. Neben den jeweiligen Mengenanteilen ist dabei besonders ausschlaggebend, wie sich die einzelnen Komponenten der pflanzlichen Biomasse zwischen Zellinhalt und Zellwand aufteilen. Im verdaulichen Anteil der Rohfaser bzw. der Gerüstsubstanzen bestehen große Unterschiede zwischen den Futtermitteln. Bei der Weender Futteranalyse (HENNEBERG & STOHMANN, 1860) wird neben Rohprotein, Rohfett und Rohasche auch ein Rohfasergehalt bestimmt die sog. stickstofffreien Extraktstoffe (NFE) werden rechnerisch als Differenz ermittelt. Sie bestehen im Wesentlichen aus den faserfreien Kohlenhydraten Zucker und Stärke (GRUBER, 2010). Alternativ werden im sogenannten Cornell-System die Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL (Neutrale und Saure Detergentienfaser und Lignin) analytisch bestimmt (SNIFFEN et.al., 1992). Darüber hinaus wird Rohprotein weiter in Unterfraktionen aufgetrennt. Im Vergleich zur klassischen Weender-Analyse ergibt sich mit einer weitgehenden Zuordnung der Komponenten des Zellinhalts und der Zellwand eine botanisch exaktere Definition der Pflanzenmasse. NDF umfasst alle die Zellwand aufbauenden Bestandteile wie Hemicellulose, Zellulose und Lignin, ADF hingegen nur Zellulose und Lignin. Rohprotein wird nach Rein- und Nichtprotein aufgespalten. Ziel dieser Arbeit war es herauszufinden, ob als Entsprechung einer Rohstickstofffraktion eine Kohlenstoffhauptfraktion und ein kohlenstoffreicher Nichtstrukturanteil des Pflanzenmaterials mit NIRS ermittelt werden kann.

Material und Methoden

Insgesamt wurden 236 Rauhfutterproben einer Beprobung aus weiten Teilen Österreichs (RESCH 2009) einer klassischen Futteranalyse unterzogen und mit Hilfe der NIRS vermessen. Zum Einsatz gelangte das Gerät Spectrastar 2000. Die statistische Auswertung erfolgte mittels UNSCRAMBLER®. Es wurden eine PCA und zwei Kalibrationsmodelle mittels multivariater Analysemethoden (Partial Least Square Regression, PLS) erstellt und validiert (Full Cross Validation). Dabei wird jeweils eine Probe aus dem Gesamtprobensatz mit dem aus den übrigen Proben erstellten Modell vorhergesagt. Die in die Datenmatrix der NIR-Spektren eingehenden X-Variablen sind eine Kohlenstoffhauptfraktion als Entsprechung einer Stickstoffrohfraktion und eine Kohlenstoffunterfraktion in Form der Nichtfaserkohlenhydrate (NFC). Die Berechnung der Kohlenstoffhauptfraktion erfolgte durch Subtraktion des Rohproteins (RP) und der Rohasche (RA) von der Trockenmasse (TM) nach der Gleichung $K-HF = TM - RP - RA$. Die Ermittlung der Nichtfaserkohlenhydrate (NFC) erfolgte durch Abzug von der neutralen Detergentienfaser (NDF) von $K-HF$ nach der Gleichung $NFC = K-HF - NDF$.

Ergebnisse und Diskussion

Pflanzliche Biomasse wurde je nach dem dominierendem Bestandteil in den die vielfältigen physiologischen Funktionen bestimmenden Komponenten in 3 Hauptfraktionen unterschieden.

- Eine Rohproteinfraktion (definiert nach dem Gehalt an eiweißgebundenem Stickstoff)
- Eine Kohlenstoffhauptfraktion (kohlenstoffdominierte Pflanzenteile)
- Eine Rohaschefraktion (definiert nach der Summe aller mineralischen Rückstände)

Eine statistische Auswertung der 236 untersuchten Proben ist in Tab. 1 dargestellt: Die mittlere Menge an Trockenmasse betrug 915,7 g/kg, jene an Rohprotein 110,9 g/kg und jene an Asche 114 g/kg. Der mittlere Wert der gravimetrisch bestimmten neutralen Detergentienfaser betrug 440,8 g/kg. Aus die-

sen Grunddaten wurde eine Kohlenstoffhauptfraktion mit rund 690 g/kg und eine Fraktion von Nichtstrukturkohlenhydraten (NFC bzw. NSKH)) von rund 250 g/kg ermittelt. Anhand der Bandbreiten wird die Heterogenität des Raufutters in verschiedenen Gebieten Österreichs deutlich.

Tab. 1: Bandbreite von Kohlenstofffraktionen im Vergleich zu Rohprotein und Rohasche

Raufutter g/kg	TM	RP	K-HF	NDF	K-HF - NDF NSKH	Rohasche
MIN	902,2	52,5	537,8	323,6	140,5	61,7
MITTEL	915,7	110,9	689,7	440,8	248,6	114,0
MAX	926,5	186,5	809,6	639,6	365,1	245,9

Da ein den Ertrag dominierender Bestandteil des Futters Rohprotein ist, wurde der Frage nachgegangen, wie die Kohlenstofffraktionen K-HF bzw. NFC mit RP korrelieren. Es zeigte sich eine negative Korrelation zwischen der Kohlenstoffhauptfraktion und dem Rohprotein und weiter, wie anhand einer Ordinalskala ersichtlich, eine streng positive Beziehung zwischen den Nichtstrukturkohlenhydraten (NSKH) und dem Rohprotein. Da die NSKH vor allem als Zucker und Stärke Hauptkomponenten des Zellinhalts sind, folgt daraus, dass der Großteil des Rohproteins ebenfalls dem Plasma der Zelle zugeordnet werden kann. Die als Rechenwert in der WEENDER-Analyse definierten, sogenannten "N-freien Extraktstoffe" sind mit dem Großteil des verfügbaren Proteins verknüpft.

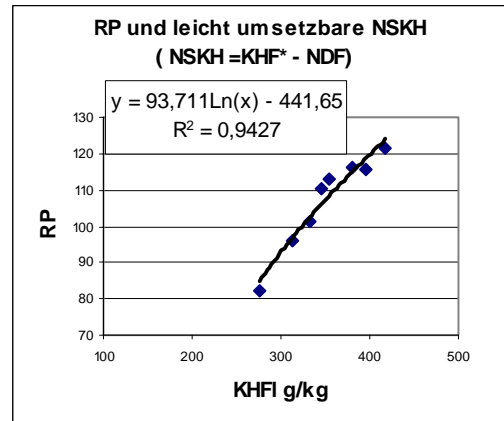
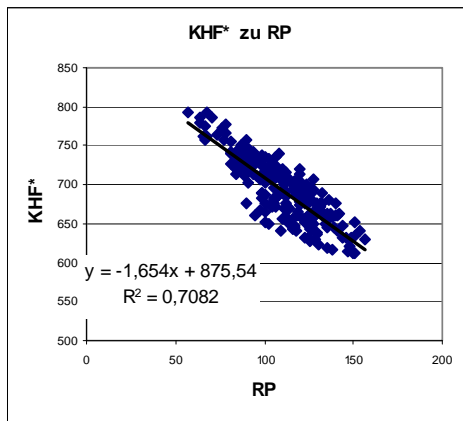


Abb. 1 Lineare Korrelation von RP und K-HF

Abb. 2 Korrelation der Ordinalskalenwerte

Um den Zusammenhang von Rohprotein, den Kohlenstofffraktionen (K-HF, NSKH, NDF, NDF-ADF), Rohfett und von Rohasche darzustellen und die Erklärbarkeit in einem multiplen Zahlenmodell zu überprüfen wurde eine prinzipielle Komponentenanalyse (PCA) durchgeführt. Wie der Abb. 3 und der Abb. 4 zu entnehmen ist, stehen die genannten Parameter in einem engen Zusammenhang. Demnach erwiesen sich in einem multiplen Modell die Kohlenstoffhauptfraktion (K-HF), die Nichtstrukturkohlenhydrate (NSKH) und die Zellwandbestandteile (NDF) mit geringstem Irrtum von weniger als 3 % als sehr gut erklärbar.

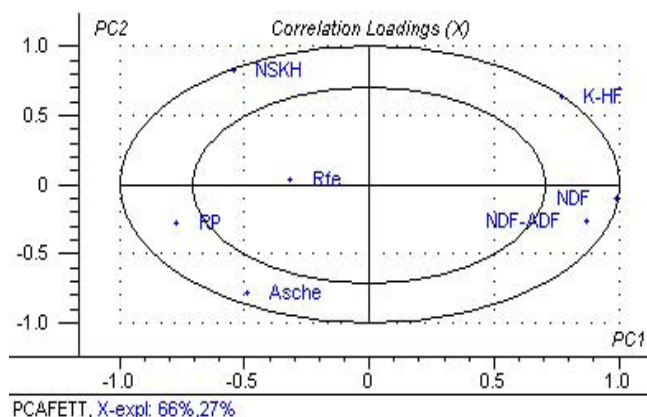


Abb. 3 Übereinstimmungsellipse für Kohlenstofffraktionen

Gut zu erklären sind NDF-ADF (Hemicellulosen), Rohasche und Rohprotein. Die sogenannten Loading Ellipsen bewerten die Varianz der Daten. Bis zu 100 % erklärbar sind die gemessenen Futterbestandteile im äußeren Segment, im inneren wird eine Erklärbarkeit von 50 % in Betracht gezogen. Die nächsten beiden Abbildungen zeigen, dass für eine den gesamten Kohlenstoff im Futter repräsentierende Fraktion und für die leicht pansenverfügbaren Kohlenhydrate des Zellplasmas eine sehr hohe Übereinstimmung zwischen chemisch ermittelten und spektroskopischen Werten zu erwarten ist.

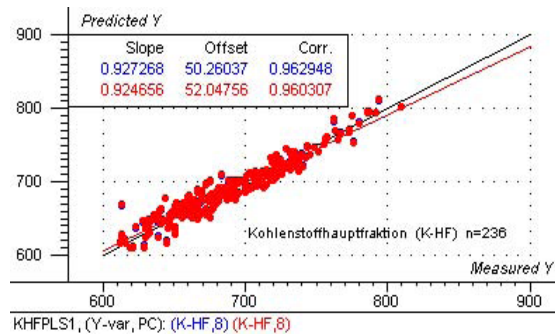


Abbildung 4: PLS-Modell für K-HF

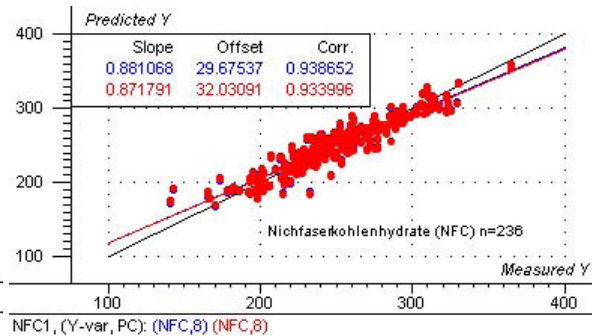


Abbildung 5: PLS-Modell für NSKH

Zusammenfassung

Einer Stickstoffhauptfraktion (Rohprotein) von 236 Raufutterproben wurde eine Kohlenstoffhauptfraktion (K-HF) gegenübergestellt. Nach chemischer Bestimmung der Gerüstfraktion "NDF" wurde eine Fraktion von Nichtstrukturkohlenhydraten (NSKH) als Differenz ermittelt. Eine prinzipielle Komponentenanalyse (PCA) zeigt die hohe Erklärbarkeit der Kohlenstofffraktionen und weist diesen bei geringen Restvarianzen einen hohen Einfluss auf den gesamten Datensatz aus. Eine spektroskopische Analyse kann durch den Ansatz der Kohlenhydratfraktionen K-HF und NSKH, wie sie den natürlichen botanischen Gegebenheiten bestmöglich nahe kommen, erleichtert und präzise gestaltet werden. Lineare Korrelationen zur Rohproteinfraktion zeigten, dass ein enger positiver Zusammenhang zu Nichtstrukturkohlenhydraten besteht und Futter umso weniger Rohprotein enthält, je größer die Kohlenstoffhauptfraktion ist. Diese Hauptfraktion kann in rasch verfügbaren Kohlenstoff und in Strukturbestandteile der Zellwand zerlegt werden. Aufgrund dieser Ergebnisse kann ein neues Analysenkonzept als Synthese der Weender-Analyse, des Cornell-Systems und der NIRS entwickelt werden. Neben der Nassanalytik erscheint damit eine ungleich kosteneffizientere spektroskopische Alternative realisierbar.

Abstract

Feed management can influence the efficiency of livestock breeding with reducing the import of nutrients to the farm and reduce the excretion of nutrients in manure. For this WEENDER and CORNELL SYSTEM (CNCPS) and NIRS has been developed to support the implementation of all the natural resources in farming. Looking to a convenient new method to analyse plant biomass for feeding a total hydrocarbon containing fraction to be separated in cell plasma and cell wall was tried to define. Calculations of chemical and spectroscopic data of 236 samples in a computer model via PCA and PLS showed, that a counterpart of raw protein in form of a raw total carbohydrate fraction (K-HF) makes sense as basic quantity for the definition of further parts of plant biomass. It could be shown, that NIRS based on this main parameters can be developed as a powerful tool for estimates of nutrient requirements and dynamic ration evaluation.

Literatur

Zitierte Arbeiten bei den Autoren erhältlich

Adressen der Autoren

LFZ Raumberg-Gumpenstein, Altirdning 11, 8952 Irdning