

Nr.: V-xxx

## Von der Holzfaser zur differenzierten Erfassung pflanzlicher Gerüstsubstanzen

Leonhard Gruber<sup>1</sup> und Diane Dobberstein<sup>2</sup>

### Einleitung und Fragestellung

Fasern sind hochpolymere pflanzliche Substanzen, die von den Verdauungsenzymen der Säugetiere nicht gespalten werden können (Van Soest 1980). Hauptbestandteile sind Zellulose, Hemizellulose und Lignin sowie Pektin, Gummi, Galaktane etc. Die ersten Untersuchungen von pflanzlichen Gerüstsubstanzen gehen auf Einhof (1806) zurück. Henneberg & Stohmann (1860, 1864) begründeten mit der sog. Weender Analyse ein einfaches Verfahren zur Aufteilung der in den Futtermitteln enthaltenen Nährstoffe in Stoffgruppen (nicht einzelne Nährstoffe). Van Soest (1963, 1967) entwickelte die Detergentien-Analyse (NDF, ADF, ADL), die eine nahezu vollständige Erfassung der pflanzlichen Fasern (Ausnahme Pektin) und deren zutreffendere Aufteilung in Zellulose, Hemizellulose und Lignin ermöglicht. Beim Säure- und Laugen-Kochprozess im Zuge der Rohfaser-Analyse gehen nämlich Teile des Lignins (!) und auch der Zellulose sowie die Hemizellulose fast vollständig in Lösung. Dadurch ist auch die Berechnung der N-freien Extraktstoffe (NfE) mit großen Fehlern behaftet, die somit nicht nur die Nicht-Faserkohlenhydrate enthalten, sondern auch Teile der Gerüstsubstanzen. Dies führt auch dazu, dass die Verdaulichkeit der NfE in gewissen Fällen niedriger ist als die der Rohfaser, obwohl deren biologische Verfügbarkeit 90 – 100 % beträgt (Van Soest 1994). Die ebenfalls als Differenz berechneten Nicht-Faserkohlenhydrate (NFC) aus der Detergentien-Analyse sind daher biologisch besser begründet als die NfE.

Obwohl von Chemie und Aufbau der Zellwand gute Modellvorstellungen bestehen, ist deren Darstellung nicht einfach und vor allem in Abhängigkeit von Pflanzenspecies (und auch Züchtung sowie Umweltbedingungen) sehr variabel (besonders Art und Ausmaß der die Verdaulichkeit bestimmenden Lignifizierung). Eine Umrechnung von Rohfaser in Gerüstsubstanzen ist nicht möglich, da sowohl in den Anteilen von Zellulose, Hemizellulose und Lignin zwischen Gräsern, Leguminosen und Umbelliferen als auch deren Löslichkeit bei der Rohfaser-Analyse große Unterschiede bestehen. Die NDF-Analysenmethode wurde erst 2002 standardisiert (Mertens 2002). Probleme bestehen in der Schaumbildung und Filtration. Ursprünglich für Grundfutter entwickelt, stören die in Krafffutter vermehrt enthaltenen Nährstoffe wie Stärke, Protein und Fett den Analysengang mit neutraler Detergenz. Diese Nährstoffe werden vor der Analyse durch Amylase, Na-Sulfit und Äthanol entfernt. Diese zusätzlichen Behandlungen wurden auch terminologisch geregelt (Uden et al. 2005). Auf Grund der großen Komplexität in Chemie und Aufbau der Zellwände (besonders Lignifizierung) kann kein einzelner Faserparameter die Verdaulichkeit und Verzehrbareit eines Futtermittels optimal voraussagen.

Seit der Entwicklung der Detergentien-Analyse ab 1960 wird die NDF vor allem in den USA als wesentlicher Parameter in der Wiederkäuer-Ernährung herangezogen. Nach Mertens (1994) ist NDF ein geeigneter Parameter zur Definition der Füllwirkung eines Futtermittels im Pansen (rumen fill) und dient damit der Definition der physikalischen Regulation der Futteraufnahme. Weiters wird NDF zur Charakteristik der Wiederkäuergerechtheit von Rationen genutzt

---

<sup>1</sup> Univ.-Doz. Dr. Leonhard GRUBER, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Gumpenstein, A-8952 Irdning, leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at, 0043 (0)3682 22451 260

<sup>2</sup> Dipl.-Ing. Diane DOBBERSTEIN, Universität Hamburg, Abteilung für Lebensmittelchemie, Grindelallee 117, D-20146 Hamburg, diane.dobberstein@uni-hamburg.de, 0049 (0)40 42838 4350

(Mertens 1997, NRC 2001). Und im Cornell Net Carbohydrate and Protein System (Fox et al. 1992) beruht die Unterteilung der Kohlenhydrate in Faser- und Nicht-Faserkohlenhydrate (FC, NFC) auf der von Van Soest entwickelten Detergentien-Analyse (Sniffen et al. 1992), die mikrobielle Proteinsynthese im Rumen submodel (Russell et al. 1992) unterscheidet zwischen FC und NFC fermentierenden Pansenmikroben (mit unterschiedlicher Fermentationsrate und Effizienz) und die Fraktionierung des Futterproteins nach Geschwindigkeit des Abbaues im Pansen beruht u.a. auf dem in NDF und ADF gebundenem Protein. Dieses in den letzten Jahrzehnten erarbeitete umfangreiche Wissen sollte auch bei uns in der Futterbewertung und in den Bedarfsempfehlungen für die Nutztiere angewendet werden.

Die chemische Charakterisierung pflanzlicher Gerüstsubstanzen wird unterteilt in die Analytik der Polysaccharide, der Hydroxycimtsäuren und des Lignins. Neben der gaschromatographischen Bestimmung der Monosaccharidzusammensetzung der Zellwandpolysaccharide nach saurer Hydrolyse der Polysaccharide und Derivatisierung der Monosaccharide zu deren Alditolacetaten erfolgt eine photometrische Bestimmung des Gesamtkohlenhydratgehaltes. Mit Hilfe der Methylierungsanalyse, bei der die freien Hydroxylgruppen des Polysaccharidstranges vor dessen Hydrolyse methyliert werden, kann auf die Bindungsverhältnisse der Monosaccharide innerhalb des ursprünglichen Polysaccharids geschlossen werden. Hydroxycimtsäuren sind aufgrund ihrer Fähigkeit, Cross-Links zwischen Polysacchariden und Lignin sowie zwischen Polysacchariden untereinander auszubilden, für die physikochemischen Eigenschaften und die Abbaubarkeit pflanzlicher Gerüstsubstanzen von besonderer Bedeutung. Nach alkalischer Hydrolyse können sie u.a. mit flüssigchromatographischen Methoden (z.B. HPLC-DAD) bestimmt werden. Die Analytik der Lignin-Makromoleküle ist auf Grund deren komplexen Strukturen sowie der Abgrenzung zu anderen Zellwandbestandteilen stets schwierig. Die Bestimmung des Ligningehaltes als säureunlöslicher Rückstand, dem sog. Klason Lignin, sowie die photometrische Bestimmung des acetylbromidlöslichen Lignins haben sich zur Bestimmung des Ligningehaltes etabliert. Eine Möglichkeit zur Bestimmung der Monolignolzusammensetzung der Lignine stellt die DFRC-Methode (derivatization followed by reductive cleavage) dar, bei der die acetylierten Monolignole nach reduktiver Spaltung von  $\beta$ -O-4-Bindungen gaschromatographisch bestimmt werden.