

Gehalte an Kohlenhydraten und Protein in Wiesenfutter und Silomais nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) sowie Einfluss der Konservierung (Grünfutter, Silage, Heu)

L. Gruber¹, S. Graggaber², W. Wenzl³, G. Maierhofer¹, B. Steiner³, L. Haberl³

Einleitung und Fragestellung

Die Kohlenhydrate sind die wesentliche Energiequelle in der Ernährung sowohl der Wiederkäuer als auch deren Pansenmikroben. Die sog. Strukturkohlenhydrate erfüllen durch ihre Wirkung auf den Speichelfluss und damit über die pH-Wert-Regulation zusätzlich eine wichtige Aufgabe für die Funktion der Vormägen. In der Weender Analyse sollten mit der Rohfaser die Gerüstsubstanzen (mit niedriger Verdaulichkeit) und mit den N-freien Extraktstoffen die hochverdaulichen Nichtfaser-Kohlenhydrate erfasst werden. Unter Gerüstsubstanzen wird die in neutraler Detergentien-Lösung vollständig unlösliche Matrix-Faser verstanden (Van Soest et al. 1991). Sie besteht aus Zellulose, Hemizellulose und Lignin. Van Soest (1982, 1994) hat gezeigt, dass die Rohfaser allerdings die Gerüstsubstanzen aus mehreren Gründen nur unzureichend beschreibt. Erstens wird Hemizellulose überhaupt nicht erfasst und zweitens geht bei der Rohfaser-Bestimmung Lignin zum Teil in Lösung und wird daher den N-freien Extraktstoffen zugerechnet. Ein weiteres Problem besteht darin, dass sich die Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen zwischen den Pflanzenspezies unterscheidet, somit das Verhältnis von Rohfaser zu NDF nicht konstant ist.

Auch das Protein ist in den Futtermitteln hinsichtlich seiner Abbauraten im Pansen sehr unterschiedlich zusammengesetzt (Russel et al. 1992, Sniffen et al. 1992). Die Proteinabbauraten werden neben der Herkunft (Spezies) vor allem von der Konservierung und der technologischen Verarbeitung beeinflusst. Das CNCPS unterscheidet 5 verschiedene Proteinfractionen entsprechend ihrer Abbaugeschwindigkeit im Pansen (NPN, lösliches Protein, mittlere und langsame Abbaubarkeit, unverfügbares (an Gerüstsubstanzen gebundenes) Protein. Die Berücksichtigung der Proteinabbauraten ist wichtig für die Formulierung von Rationen mit hoher Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese. Diese wird erreicht, wenn Protein und Kohlenhydrate synchron abgebaut werden (Russel et al. 1992, Sinclair et al. 1993 und 1995, Blank et al. 1998).

In der vorliegenden Arbeit wurde der Gehalt von Wiesenfutter und Silomais an Kohlenhydraten und Protein nach dem CNCPS untersucht. Bei Wiesenfutter handelt es sich um Material von Dauerwiesen des österreichischen Alpenlandes sehr unterschiedlicher Vegetationsstadien. Auch Silomais wurde durch die Auswahl verschiedener Sorten und unterschiedlicher Erntezeitpunkte in Hinblick auf Kolbenanteil und Verdaulichkeit der Restpflanze in sehr variierender Qualität geerntet. Beide Grundfuttermittel wurden in frischem Zustand (als Grünpflanze), als Silage und als Heu (im Fall von Wiesenfutter) analysiert, um den Einfluss der Konservierung auf die Veränderungen der Kohlenhydrat- und Proteinfractionen zu quantifizieren.

¹ Institut für Viehwirtschaft, BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning, 0043 (0)3682 22451 258, Leonhard.Gruber@bal.bmlfuw.gv.at

² Institut für Nutztierwissenschaften, Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Str. 33, A-1180 Wien

³ Institut für Technik, Bauwesen und Ökonomie, BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning

Material und Methoden

Futtermittel

Die Proben zu den vorliegenden Untersuchungen wurden aus breit angelegten Versuchen zum Ertrag und Futterwert von Wiesenfutter bzw. Silomais herangezogen. Im Wiesenfutter-Versuch wurde der Einfluss der Nutzungsfrequenz auf Ertrag und Qualität nach folgendem Versuchsplan untersucht (Tab. 1):

Tabelle 1: Versuchsplan Wiesenfutter (Schnittzeitpunkte)

	Nutzungsintensität		
	2 Schnitte	3 Schnitte	4 Schnitte
1. Aufwuchs	25. Juni	30. Mai	20. Mai
2. Aufwuchs	30. September	30. Juli	30. Juni
3. Aufwuchs	-	30. September	10. August
4. Aufwuchs	-	-	30. September

- 3 Schnitthäufigkeiten (2, 3, 4 Schnitte pro Jahr), d.h. 9 Aufwüchse ($2 + 3 + 4 = 9$)
- 3 Düngungsniveaus (70, 140, 210 kg N pro ha)
- 3 Standorte (unterschiedliche Pflanzengesellschaften und Böden)
- 3 Konservierungsarten (Grünfutter, Grassilage, Heu)

[Die maximale Probenanzahl ergäbe sich aus:

9 Aufwüchse x 3 Düngung x 3 Standorte x 3 Konservierung = 243]

Aus Laborkapazitätsgründen wurde nicht auf jedem Standort jedes Düngungsniveau geprüft, sondern auf den drei Standorten unter systematischer Verteilung der drei Düngungsniveaus nur jede 3. Probe gezogen (siehe Tab. 2). Somit ergeben sich je Konservierungsform 27 Proben (9 Aufwüchse x 3 Düngung = 27). Bei den Silagen waren 1 Probe und bei Heu 4 Proben verdorben, daher $N = 76$ ($27 + 26 + 23 = 76$).

Tabelle 2: Verteilung der Düngungsniveaus auf die Standorte

Standort	Gumpenstein				Damwildgehege				Goschwiese			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2 Schnitte	N	M	-	-	M	H	-	-	H	N	-	-
3 Schnitte	M	H	N	-	H	N	M	-	N	M	H	-
4 Schnitte	H	N	M	H	N	M	H	N	M	H	N	M

N = 70 kg N/ha, M = 140 kg N/ha, H = 210 kg/ha

Der Silomais-Versuch bestand aus den Faktoren Erntezeitpunkt, Sorte, Standort und Konservierung:

- Erntezeitpunkt: Milchreife, Beginn Teigreife, Mitte Teigreife, Ende Teigreife
- Sorte: Fuxxol [RZ 240], Romario [RZ 270], Atalante [RZ 290]
- Standort: Gumpenstein (7.2 °C), Kobenz (6.9 °C), Lambach (8.2 °C Ø J.Temp.)
- Konservierung: Grünmais, Maissilage

4 Erntezeitpunkte x 3 Sorten x 3 Standorte x 2 Konservierungen = 72

Vom Erntezeitpunkt Milchreife wurden am Standort Lambach keine Proben gezogen, daher $N = 66$.

Chemische Analysen

Die Analysen erfolgten im Labor der BAL Gumpenstein sowie im Labor des Institutes für Futtermittel der AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit). Die Weender Analyse und die Untersuchung der Gerüstsubstanzen erfolgte nach den Methoden der ALVA (1983) und des VDLUFA (1976).

Die Kohlenhydrat-Fractionen des CNCPS wurden nach den Vorgaben von Van Soest et al. (1991) sowie Sniffen et al. (1992) und die Protein-Fractionen des CNCPS entsprechend den Arbeiten von Krishnamoorthy et al. (1982) sowie Licitra et al. (1996) ermittelt.

Die Kohlenhydrate (CHO) werden entsprechend ihrer Abbaurate im Pansen in Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate (FC, NFC) unterschieden. Unter FC sind die Gerüstsubstanzen zu verstehen, die in nicht-verfügbare (C) und verfügbare Faser (B₂) unterteilt werden. Die NFC bestehen aus Stärke (B₁) und Zucker (A).

Die Kohlenhydrate werden wie folgt ermittelt:

$$\text{CHO} = 1000 - \text{XP} - \text{XL} - \text{XA}$$

$$\text{C} = \text{ADL} * 2,4$$

$$\text{B}_2 = \text{NDF} - \text{NDFIP} - \text{C}$$

$$\text{FC} = \text{C} + \text{B}_2$$

$$\text{NFC} = \text{CHO} - \text{FC}$$

$$\text{B}_1 = \text{XS}$$

$$\text{A} = \text{NFC} - \text{B}_1 (= \text{XZ})$$

Die Berechnung des B₁-Anteils an den Nichtfaser-Kohlenhydraten (%) erfolgte nach folgenden Regressionsgleichungen (Gruber, unveröff. Ergebnisse):

Quelle für Wiesenfutter: FOX et al. (2000): Quelle für Silomais: DLG (1997):

Grünfutter: 61,19 – 0,319 NDF

Grünmais: 212,38 – 0,735 XF

Grassilage: 106,90 – 0,800 NDF

Maissilage: 107,16 – 0,057 XF

Heu: 54,72 – 0,173 NDF

Das Protein wird entsprechend der Proteinabbaurate in 5 Fraktionen unterteilt. Zuerst wird das lösliche Protein (SolXP) mit einem Phosphat-Borat-Puffer ermittelt. Das darin enthaltene echte Protein (B₁) wird durch Trichlor-Essigsäure präzipitiert. Der Rest ist NPN (Fraktion A). Das in der ADF-Matrix enthaltene Protein (ADFIP, acid detergent insoluble protein) wird als nichtverfügbares Protein betrachtet (Fraktion C). NDFIP (Neutral detergent insoluble protein) minus ADFIP stellt das langsam abbaubare Protein dar. Die Fraktion B₂ (mittlere Proteinabbaurate) wird als Differenz zum Rohprotein ermittelt.

$$\text{Rohprotein (XP)} = \text{Kjehldal-N} * 6,25$$

$$\text{SolXP} = \text{A} + \text{B}_1$$

$$\text{A} = \text{SolXP} - \text{B}_1 (= \text{NPN})$$

$$\text{B}_1 = \text{SolXP} - \text{A} \quad [\text{Albumin, Globulin}]$$

$$\text{C} = \text{ADFIP}$$

$$\text{B}_3 = \text{NDFIP} - \text{ADFIP} \quad [\text{Extensin, Prolamin}]$$

$$\text{B}_2 = \text{XP} - \text{A} - \text{B}_1 - \text{B}_3 - \text{C} \quad [\text{Glutelin}]$$

Statistische Auswertung

Der Datencheck und die deskriptive Statistik erfolgte mit dem Programm STAT-GRAPHICS Plus (1996). Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistik-Paket HARVEY (1987) durchgeführt (mehrfaktorielle Varianzanalyse mit Interaktionen).

Ergebnisse und Diskussion

Bei Wiesenfutter und Silomais handelt es sich auf Grund ihrer morphologischen und chemischen Zusammensetzung grundsätzlich um zwei sehr unterschiedliche Futtermittel. Wiesenfutter besteht aus Blättern und Stängeln, deren Verhältnis stark vom Vegetationsstadium bestimmt wird (Gruber et al. 2000). Samen machen bei Wiesenfutter nur einen geringen Anteil aus und sind meist nur im ersten Aufwuchs enthalten, da viele Gräser bei den Folgeaufwüchsen nur noch Blatt- und Stängelmasse bilden. Im Gegensatz dazu weist der Silomais neben der sog. Restpflanze (Blätter und Stängel) einen Anteil von etwa 50 % Kolben auf, was den Nährstoffgehalt entscheidend beeinflusst (Gruber et al. 1983, Hein et al. 1996). Denn der Kolben besteht überwiegend aus Körnern, d.h. hochverdaulichen Reservekohlenhydraten in Form von Stärke. Demgegenüber sind die Blätter und Stängel neben relativ geringen Anteilen an Protein überwiegend aus Gerüstsubstanzen aufgebaut. Daraus ergeben sich die großen Unterschiede im Nährstoffgehalt. Prinzipiell ist Silomais daher ärmer an Protein und besonders der Gehalt an Gerüstsubstanzen ist wegen des Kolbens deutlich geringer (Tab. 3). Im Mittel des untersuchten Datenmaterials betrug der Gehalt an XP, XF und NDF im Wiesenfutter 140, 274 und 539 g/kg TM, während die entsprechenden Gehaltswerte bei Silomais 78, 225 und 484 g ausmachten.

Wiesenfutter

Aus Tab. 3 geht weiters hervor, dass neben der Art des Grundfuttermittels (Wiesenfutter – Silomais) auch die Form der Konservierung (frisches Futter – Silage – Heu) einen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an den CNCPS-Fraktionen ausübt, während diese Unterschiede in der Weender Analyse und in den Gerüstsubstanzen nicht sichtbar werden. Der auffälligste Unterschied besteht in der Proteinfraktion A (NPN, sofort löslicher N). Durch die Silierung wird deren Anteil von ca. 20 % auf 40 % sowohl bei Wiesenfutter als auch bei Silomais verdoppelt. Daran wird der Proteinabbau während des Gärprozesses sichtbar (Groß & Riebe 1974, McDonald et al. 1991). Eine nähere Betrachtung zeigt, dass der Proteinabbau beim Gärprozess vor allem die Fraktionen B₁ und ganz besonders B₃ betrifft, die in Grassilagen gegenüber Grünfutter und Heu deutlich erniedrigt sind. Durch die Heuwerbung erhöht sich die Fraktion B₂ (mittlere Abbaurate) von 23 auf 40 %, zum geringen Teil auf Kosten von B₁, überraschender Weise überwiegend aus den Fraktionen B₃ und C. Bei Silomais werden im Gegensatz zu Wiesenfutter beim Proteinabbau neben B₃ auch B₂ herangezogen. Klarerweise wirkt sich der Silierprozess auch auf den Gehalt der Kohlenhydrat-Fraktionen aus. Die Gärmikroben ziehen Zucker (Fraktion A) zur Fermentation heran und produzieren daraus vorwiegend Milchsäure. Dadurch verringert sich der Anteil der Fraktion A von 20 % auf 9 % bei Wiesenfutter, noch stärker (auf 3 %) bei Silomais.

Die Nutzungshäufigkeit des Grünlandfutters übt einen überragenden Einfluss auf den Gehalt an Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen aus (Gruber et al. 2000). Der Proteingehalt stieg durch Erhöhung der Nutzungsfrequenz von 2 auf 4 Schnitte von 11 auf 16 %, während der Rohfasergehalt von 31 auf 25 % zurückging. Analog verringerten sich die Gerüstsubstanzen von 60 auf 49 %.

Im Mittel aller 3 Konservierungsstufen hatte die Nutzungshäufigkeit keinen großen Einfluss auf die Verteilung der Proteinfraktionen des CNCPS (Ausnahme Fraktion C). Die Fraktion A bewegte sich zwischen 26 und 28 % und B₁ zwischen 4 und 5 %. Auch bei B₂ und B₃ traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Nutzungsfrequenzen auf (ca. 29 bzw. 26 %). Allerdings war der Anteil der Protein-

Fraktion C bei Wiesenfutter aus niedriger Schnitthäufigkeit (d.h. bei überständigem Futter) signifikant erhöht. Dies bedeutet, dass bei physiologisch älterem Wiesenfutter ein höherer Prozentsatz (17 vs. 11 %) des Proteins für die mikrobielle Verdauung unverfügbar in den Gerüstsubstanzen gebunden ist. SNIFFEN et al. (1992) geben an, dass der Großteil des löslichen Proteins von Grünfutter aus der Fraktion B₁ besteht. Dies kann in den vorliegenden Ergebnissen nicht bestätigt werden. Auch NRC (2001) geht von höheren Anteilen der Fraktion B₁ aus (60 – 70 %).

Auf den Gehalt an Kohlenhydraten und deren Verteilung übt die Intensität der Grünlandnutzung einen sehr starken Einfluss auf. Der Anteil der Faser-Kohlenhydrate (B₂ und C) an den Gesamtkohlenhydraten ging durch steigende Nutzungsfrequenz von 75 auf 64 % zurück. Dagegen nahmen die schnell verfügbaren Nichtfaser-Kohlenhydrate (A und B₁) zu.

Die Kohlenhydrat- und Proteinfractionen des Wiesenfutters in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt sind in Abb. 1 und 2 dargestellt.

Tabelle 3: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter und Silomais in Abhängigkeit von der Konservierungsform

Parameter	Einheit	Wiesenfutter			Silomais		RSD	P-Wert F x K ¹⁾	R ² F x K ¹⁾
		Grün- futter	Gras- silage	Heu	Grün- mais	Mais- silage			
Anzahl Proben		27	26	23	33	33			
Weender Analyse									
TM	g/kg FM	227	278	826	301	283	56	0,000	0,933
XP	g/kg TM	138	150	130	78	78	22	0,000	0,679
XL	g/kg TM	20	25	22	25	28	5	0,000	0,251
XF	g/kg TM	280	274	268	218	232	43	0,000	0,260
XX	g/kg TM	448	396	460	629	614	38	0,000	0,870
XA	g/kg TM	113	155	120	49	48	31	0,000	0,667
Gerüstsubstanzen									
NDF	g/kg TM	547	537	532	482	486	78	0,002	0,117
ADF	g/kg TM	333	348	320	251	270	47	0,000	0,402
ADL	g/kg TM	44	54	43	28	30	10	0,000	0,439
CNCPS-Proteinfractionen									
A	% des XP	20,1	40,0	21,6	22,8	44,0	5,8	0,000	0,768
B ₁	% des XP	7,3	2,6	4,0	4,5	1,2	1,2	0,000	0,753
B ₂	% des XP	23,1	23,6	39,5	36,8	29,6	8,1	0,000	0,399
B ₃	% des XP	33,9	19,2	25,8	22,0	12,9	6,1	0,000	0,579
C	% des XP	15,7	14,5	9,1	13,9	12,3	3,7	0,000	0,253
CNCPS-Kohlenhydratfraktionen									
CHO	g/kg TM	728	670	728	848	846	39	0,000	0,779
FC	% der CHO	65,5	72,3	66,5	53,6	55,1	8,7	0,000	0,417
NFC	% der CHO	34,5	27,7	33,5	46,4	44,9	8,7	0,000	0,417
A	% der CHO	19,1	9,2	18,1	21,3	2,6	5,9	0,000	0,620
B ₁	% der CHO	15,5	18,5	15,4	25,1	42,2	9,5	0,000	0,556
B ₂	% der CHO	51,2	53,0	52,3	45,6	46,6	7,8	0,000	0,140
C	% der CHO	14,3	19,4	14,1	8,0	8,6	3,1	0,000	0,657

¹⁾ F x K = Futter x Konservierung =

Wiesenfutter [Grün], Wiesenfutter [Silage], Wiesenfutter [Heu]; Silomais [Grün], Silomais [Silage]

Abbildung 1: Proteinfraktionen von Wiesenfutter in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt

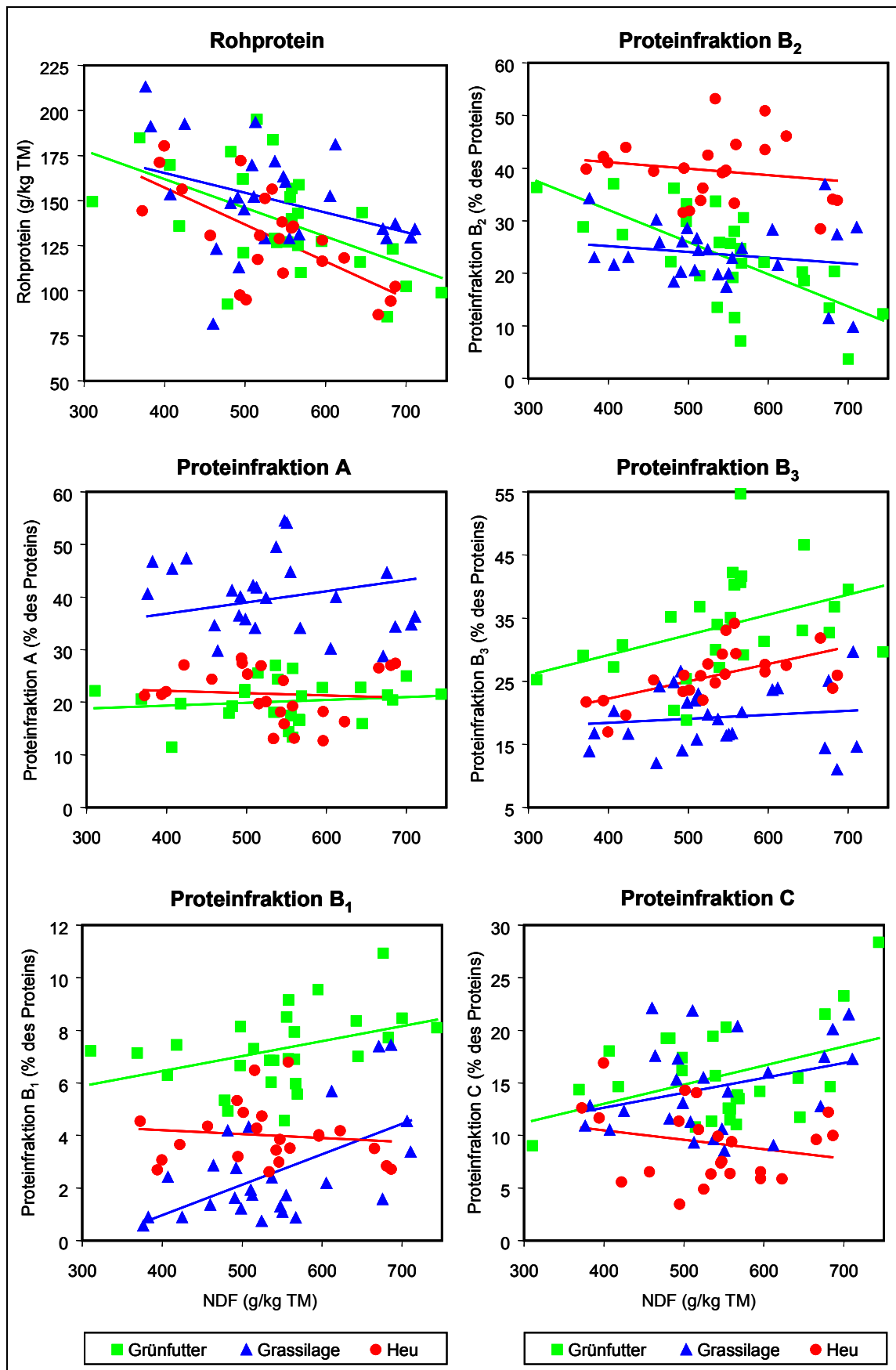
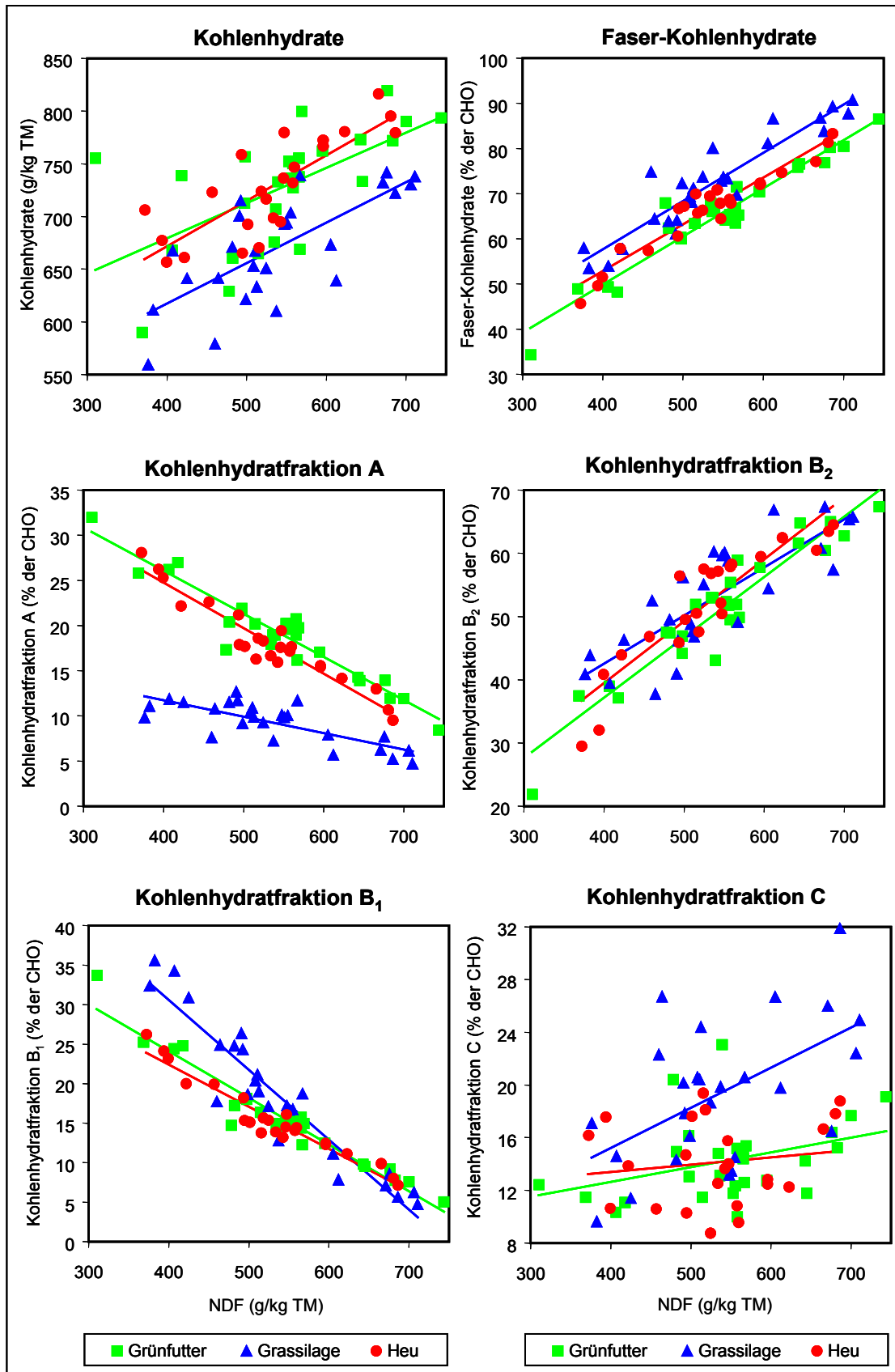


Abbildung 2: Kohlenhydratfraktionen von Wiesenfutter in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt



Silomais

Die Konservierung hatte auf den Gehalt an Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen von Silomais keinen großen Einfluss (Tab. 1). Die Gehalte an TM, XP und XF lagen bei 29 – 30 %, 8 % und 22 – 23 %, was durchschnittl. Gehaltszahlen entspricht (DLG 1997). Die Gehaltswerte für NDF, ADF und ADL betragen etwa 48, 26 und 2,9 %.

Wie bei Wiesenfutter wirkte sich die Silierung auch bei Silomais auf die Verteilung der Protein- und Kohlenhydratfraktionen aus. Die Proteinfraction A erhöhte sich von 23 auf 44 %. Im Gegensatz zu Wiesenfutter waren vom Proteinabbau nicht nur besonders die Fraktion B₃ betroffen, sondern auch B₂ und A (Tab. 1). Bezüglich der Kohlenhydrate traten durch die Silierung die durch den Gärvorgang zu erwartenden Verschiebungen der Nichtfaser-Kohlenhydrate auf. Der Anteil Zucker (Fraktion A) ging von 21 auf 3 % zurück, während die Stärke (Fraktion B₂) von 25 auf 42 % der Kohlenhydrate anstieg.

Der Zeitpunkt der Ernte und damit der physiologische Reifegrad der Maispflanze wirken sich auf den Gehalt an Nährstoffen und Gerüstsubstanzen hochsignifikant aus. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass mit fortschreitender Reife der Anteil des stärkereichen und somit hochverdaulichen Kolbens zunimmt (Groß & Peschke 1980, Gruber et al. 1983, Groß 1986). Als Folge davon geht der Gehalt an Rohfaser bzw. Gerüstsubstanzen zurück (24 – 22 % XF, 52 – 47 % NDF). Gleichzeitig kommt es folglich zu einem Anstieg der Nichtfaser-Kohlenhydrate (41 – 48 % der CHO) bzw. der N-freien Extraktstoffe (60 – 63 % der TM). Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass mit fortschreitender Reife nicht nur der Kolbenanteil zunimmt sondern die Verdaulichkeit der Restpflanze durch den Alterungsprozess eine starke Depression erfährt (Zunahme der Gerüstsubstanzen und der Lignifizierung). Dadurch wird der Effekt des zunehmenden Kolbenteils großteils wieder aufgehoben (Gruber et al. 1983, Pex et al. 1996). In verdauungsphysiologischer Hinsicht ergeben allerdings früh und spät geernteter Silomais trotz ähnlicher Verdaulichkeiten eine sehr unterschiedliche Produktion an flüchtigen Fettsäuren und damit Wirkung im Stoffwechsel (Beever & Mould 2000).

Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich, dass sich das Erntestadium von Silomais hauptsächlich auf die Zusammensetzung der Kohlenhydrat-Fraktionen auswirkt, während die Protein-Fraktionen weniger betroffen sind. Der Anteil des Zuckers (Fraktion A) ging mit fortschreitender Reife von 14 auf 9 % der Kohlenhydrate zurück, während der Anteil der Stärke (Fraktion B₁) von 27 auf 38 % anstieg. Daraus wird der zunehmende Kolbenanteil im Laufe der Maisentwicklung sichtbar. Insgesamt nahm der Anteil der Gerüstkohlenhydrate (FC) in der vorliegenden Untersuchung von 59 auf 52 % der Kohlenhydrate ab.

Die leichten Veränderungen in den Proteinfractionen sind ebenfalls mit den chemischen und morphologischen Veränderungen während der Entwicklung des Silomais zu erklären. Die Abnahme der Fraktion A ergibt sich aus der Reifung des Kornes und dem Alterungsprozess der Restpflanze. Aus den selben Gründen nimmt die Fraktion B₂ im Laufe der Vegetation etwas zu und die Fraktion B₃ eher ab. Die fortschreitende Lignifizierung der Restpflanze ist auch an der Zunahme der Proteinfraction C zu erkennen.

Die Kohlenhydrat- und Proteinfractionen des Silomais in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt sind in Abb. 3 und 4 dargestellt.

Abbildung 3: Proteinfraktionen von Silomais in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt

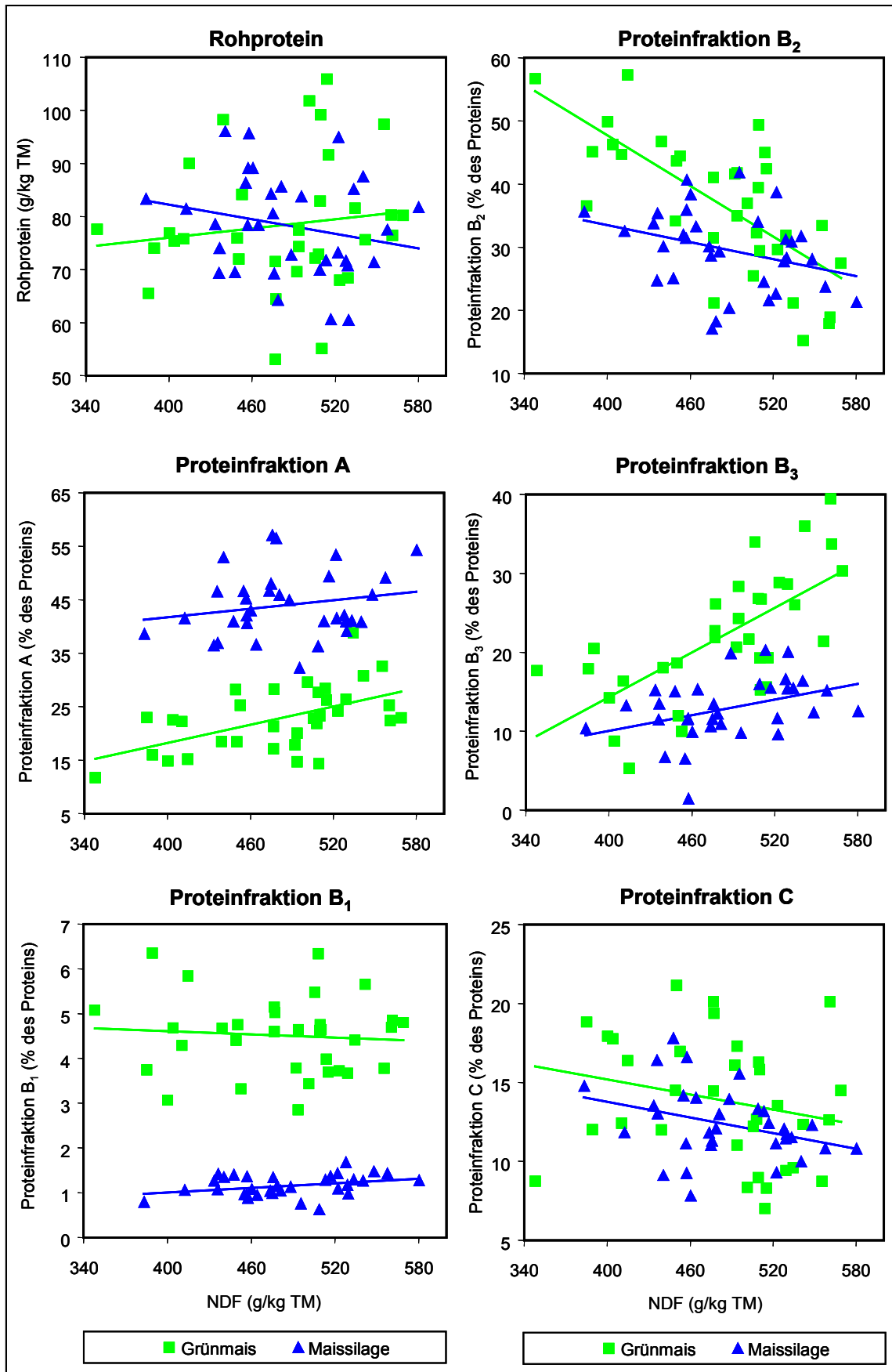
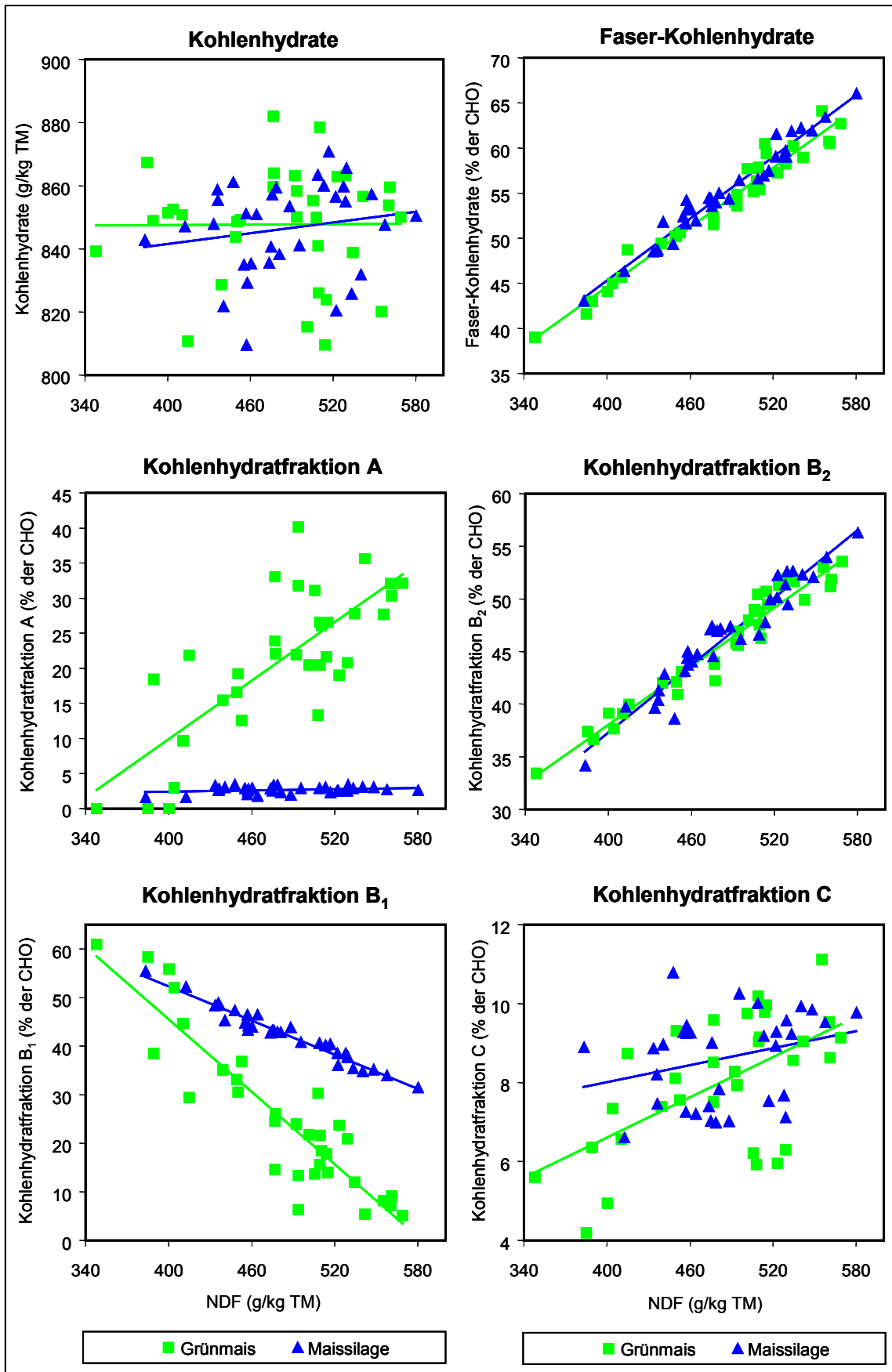


Abbildung 4: Kohlenhydratfraktionen von Silomais in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt



Literatur

- ALVA (Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten), 1986: Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Selbstverlag ALVA.
- Beever, D.E. und F.L. Mould, 2000: Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. In: Forage Evaluation in Ruminant Nutrition (Eds. Givens et al.), CABI, 15-42.
- Blank, R., K.-H. Südekum, I. Immig und J. Kleinmans, 1998: Synchroner Abbau von Kohlenhydraten und Rohprotein in den Vormägen – eine neue Variable für die Rationsgestaltung? Übers. Tierernährg. 26, 157-188.
- Fox, D.G., T.P. Tylutki, M.E. Van Amburgh, L.E. Chase, A.N. Pell, T.R. Overton, L.O. Tedeschi, C.N. Rasmussen und V.M. Durbal, 2000: The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. CNCPS version 4.0, Model Documentation. Animal Science Mimeo 213, Department of Animal Science, Cornell University, 130 Morrison Hall, Ithaca, New York 14853-4801, USA, 237 S.
- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen – Wiederkäuer. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.
- Groß, F. und K. Riebe, 1974: Gärfutter. Betriebswirtschaft, Erzeugung, Verfütterung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 283 S.
- Groß, F. und P. Peschke, 1980: Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais. 4. Mitteilung: Einfluß der Kolbenbildung auf Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais. Wirtschaftseig. Futter 26, 193-206.
- Groß, F., 1986: Der Stärkegehalt in Silomais und seine Beziehungen zum Kolbenanteil und Nettoenergiegehalt. Wirtschaftseig. Futter 32, 141-152.
- Gruber, L., H. Kopal, F. Lettner und F. Parrer, 1983: Einfluß des Erntezeitpunktes auf den Nährstoffgehalt und den Ertrag von Silomais. Wirtschaftseig. Futter 29, 87-109.
- Gruber, L., A. Steinwidder, T. Guggenberger, A. Schauer, J. Häusler, R. Steinwender und B. Steiner, 2000: Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. Bericht BAL Gumpenstein, 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung 6.-8. Juni 2000, 41-88.
- Harvey, W.R. (1987): User's Guide for LSMLMW PC-1 Version. Mixed model least-squares and maximum likelihood computer program, Ohio State University, 59 S.
- Hein, W., L. Gruber, G. Puchwein, G. Uray und J. Hinterholzer, 1998: Ertrag und Futterwert verschiedener Silomaisarten in Österreich. Bericht BAL Gumpenstein, 25. Viehwirtschaftliche Fachtagung 19.-20. Mai 1998, 73-78.
- Krishnamoorthy, U., T.V. Muscato, C.J. Sniffen und P.J. Van Soest, 1982: Nitrogen fractions in selected feedstuffs. J. Anim. Sci. 65, 217-222.
- Licitra, G., T.M. Hernandez und P.J. Van Soest, 1996: Standardization of procedure for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Anim. Feed Sci. Technol. 57, 347-358.
- McDonald, P., A.R. Henderson und S.J.E. Heron, 1991: The Biochemistry of Silage. Chalcombe Publications, 2nd Edition, 340 S.
- NRC, 2001: Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th Edition). National Academy Press, Washington, D.C., 381 S.
- Pex, E.J., F.J. Schwarz und M. Kirchgeßner, 1996: Zum Einfluß des Erntezeitpunktes von Silomais auf Verdaulichkeit und Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf. Wirtschaftseig. Futter 42, 83-96.
- Russel, J.B., J.D. O' Connor, D.G. Fox, P.J. Van Soest, C.J. Sniffen, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. J. Anim. Sci. 70, 3551-3561.
- Sinclair, L.A., P.C. Garnsworthy, J.R. Newbold und P.J. Buttery, 1993: Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. J. Agric. Sci. (Camb.) 120, 251-263.
- Sinclair, L.A., P.C. Garnsworthy, J.R. Newbold und P.J. Buttery, 1995: Effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release in diets with similar carbohydrate composition on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. J. Agric. Sci. (Camb.) 124, 463-472.
- Sniffen, C.J., J.D. O'Connor, P.J. Van Soest, D.G. Fox und J.B. Russel, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70, 3562-3577.
- STATGRAPHICS Plus for Windows (1996): Manugistics Working as one. User Manual and Advanced Regression.
- Van Soest, P.J., 1982 und 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. 1. und 2. Auflage, Cornell University Press, Ithaca und London.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson und B.A. Lewis, 1991: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583-3597.
- VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.