

**Universität für Bodenkultur, Wien
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Nutztierwissenschaften**

**Bundesanstalt
für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irtdning
Institut für Viehwirtschaft und Ernährungsphysiologie
der landwirtschaftlichen Nutztiere**

**Einfluss der Konservierung von Wiesenfutter und
Silomais auf die Gehalte an Kohlenhydraten und Protein
nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System
(CNCPS)**

**Diplomarbeit
eingereicht von
STEFAN GRAGGABER**

**Beurteiler:
Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. L. GRUBER**

**Betreuer:
Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. L. GRUBER
Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. W.F. KNAUS
Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. W. ZOLLITSCH**



Wien, Jänner 2004

Vorwort

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich während des gesamten Studiums und bei der Erstellung der Diplomarbeit unterstützt haben. Besonderer Dank gilt

... Herrn Dr. Leonhard Gruber für das Thema dieser Arbeit, die zum Teil sehr zeitaufwendige und arbeitsintensive Betreuung und die gute und interessante Zusammenarbeit.

... Herrn Dr. Werner Zollitsch und Herrn Dr. Willi Knaus für die umfangreiche Betreuung an der BOKU und die Zurverfügungstellung eines Großteils der Literatur.

... dem gesamten Team des Chemielabors an der BAL Gumpenstein, für die sorgfältige Durchführung der Analysen und vor allem für die herzliche Aufnahme während meiner Praxis.

... dem Team des Institutes für Viehwirtschaft und Ernährungsphysiologie an der BAL Gumpenstein für die Probenaufbereitung und für die Aufbereitung und Bearbeitung der Daten. Für mich wäre es wahrscheinlich unmöglich gewesen, eine Ordnung in diesen großen und schwer überschaubaren Zahlenkomplex zu bringen.

... meinen Eltern und meiner ganzen Familie, ohne deren Hilfe und deren Rückhalt dieses Studium nicht möglich gewesen wäre.

... meiner Freundin für die Unterstützung während des gesamten Studiums.

... all meinen Freunden.

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	5
TABELLENVERZEICHNIS	6
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
1. EINLEITUNG	8
2. LITERATURÜBERSICHT	10
2.1 CORNELL NET CARBOHYDRATE AND PROTEIN SYSTEM (CNCPS).....	10
2.1.1 Protein.....	10
2.1.2 Kohlenhydrate.....	13
2.1.3 Mikrobielles Wachstum.....	13
2.2 GRÜNFUTTER, KONSERVIERUNG UND INHALTSSTOFFE	16
2.2.1 Grünfutter.....	16
2.2.2 Silierung.....	17
2.2.3 Heugewinnung	17
3. MATERIAL UND METHODEN	18
3.1 VERSUCHSANSTELLUNG DER GRUNDFUTTERMITTEL.....	18
3.1.1 Wiesenfutter	18
3.1.2 Silomais.....	19
3.2 CHEMISCHE ANALYSEN.....	20
3.3 WICHTIGE UNTERSCHIEDE DES CNCPS	23
3.3.1 Rohprotein – Proteinfractionen des CNCPS.....	23
3.3.2 Rohfaser/N-freie Extraktstoffe – ADF, NDF, ADL – Kohlenhydratfraktionen des CNCPS	24
3.4 STATISTISCHE AUSWERTUNG	25
4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	27
4.1 INHALTSSTOFFE VON WIESENFUTTER UND SILOMAIS.....	27
4.2 INHALTSSTOFFE VON WIESENFUTTER.....	33
4.2.1 Einfluss der Konservierung.....	33

4.2.2 Einfluss der Nutzungshäufigkeit.....	34
4.2.3 Einfluss der Düngung.....	35
4.3 INHALTSSTOFFE VON SILOMAIS	43
4.3.1 Einfluss der Konservierung.....	43
4.3.2 Einfluss des Erntestadiums	43
4.3.2 Einfluss der Sorte	44
5. ZUSAMMENFASSUNG	50
6. SUMMARY	51
7. LITERATUR.....	52
8. ANHANG.....	55

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Unterteilung der Futternährstoffe (nach KIRCHGESSNER 1997)..	9
Abbildung 2: Proteinfraktionen im CNCPS (nach SNIFFEN et al. 1992)	11
Abbildung 3: Stickstoff-Fraktionen in Futtermitteln (nach KRISHNAMOORTHY et al. 1982).....	12
Abbildung 4: Kohlenhydratfraktionen im CNCPS (nach SNIFFEN et al. 1992).	13
Abbildung 5: Standort Gumpenstein.....	18
Abbildung 6: Beispiel Eichkurve des Spektralphotometers	22
Abbildung 7: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter und Silomais.....	30
Abbildung 8: CNCPS-Fraktionen von Wiesenfutter und Silomais in Abhängigkeit von der Konservierungsform	31
Abbildung 9: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter in Abhängigkeit von der Nutzungshäufigkeit	36
Abbildung 10: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter in Abhängigkeit von den Aufwüchsen	39
Abbildung 11: Proteinfraktionen von Wiesenfutter in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt.....	40
Abbildung 12: Kohlenhydratfraktionen von Wiesenfutter in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt.....	41
Abbildung 13: NDF- und ADF-unlöslicher N sowie Kohlenhydrate nach Weender und CNCPS Analyse in Wiesenfutter.....	42
Abbildung 14: Inhaltsstoffe von Silomais in Abhängigkeit vom Erntestadium	46
Abbildung 15: Proteinfraktionen von Silomais in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt	47
Abbildung 16: Kohlenhydratfraktionen von Silomais in Abhängigkeit vom NDF- Gehalt.....	48
Abbildung 17: NDF- und ADF-unlöslicher N sowie Kohlenhydrate nach Weender und CNCPS Analyse in Silomais.....	49

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Proteinfraktionen herkömmlicher Futtermittel (nach SNIFFEN et al. 1992)	11
Tabelle 2: Abbauraten der Nährstoffe in Grundfuttermitteln (%/h) (nach SNIFFEN et al. 1992)	15
Tabelle 3: Standortbeschreibungen Wiesenfutter	18
Tabelle 4: Verteilung der Düngungsniveaus auf die Standorte	19
Tabelle 5: Schnittzeitpunkte von Wiesenfutter	19
Tabelle 6: Standortbeschreibungen Silomais	20
Tabelle 7: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter und Silomais	28
Tabelle 8: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter und Silomais in Abhängigkeit von der Konservierungsform.....	32
Tabelle 9: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter in Abhängigkeit von den Versuchshauptfaktoren (Konservierung, Nutzungshäufigkeit, Düngung)....	37
Tabelle 10: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter in Abhängigkeit von den Aufwüchsen (Durchschnitt aller Konservierungen).....	38
Tabelle 11: Inhaltsstoffe von Silomais.....	45

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADF.....	acid detergent fiber
ADFN.....	Stickstoff in ADF
ADFP.....	Protein in ADF
CHO.....	CHO (Carbohydrates, Kohlenhydrate)
FC.....	Fiber Carbohydrates (Faser-Kohlenhydrate)
N.....	Stickstoff
NDF.....	neutral detergent fiber
NDFN.....	Stickstoff in NDF
NDFP.....	Protein in NDF
NFC.....	Non-fiber Carbohydrates (Nicht-Faser-Kohlenhydrate)
NSC.....	Nichtstrukturkohlenhydrate
NSP.....	Nichtstärkepolysaccharide
P.....	Protein
RDP.....	ruminal digestible protein (im Pansen abbaubares Protein)
SC.....	Strukturkohlenhydrate
SolP.....	Soluble Protein (lösliches Protein)
T.....	Trockenmasse
UDP.....	undigestible Protein (im Pansen unabbaubares Protein)
XA.....	Rohasche
XF.....	Rohfaser
XL.....	Rohfett
XP.....	Rohprotein
XX.....	Stickstofffreie Extraktstoffe

1. Einleitung

In Österreich hat das Grünland einen Anteil von ca. 57 % an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche. Die Rinderhaltung nimmt einen beträchtlichen Teil der landwirtschaftlichen Produktion ein (94.000 rinderhaltende Betriebe) (GRÜNER BERICHT 2001). Im Westen Österreichs kommt der Großteil der Grundfuttermittel aus der Grünlandwirtschaft. Im Osten haben zusätzlich die Futtermittel aus dem Ackerbau eine Bedeutung. Die wichtigsten Grundfuttermittel in Österreich sind Wiesenfutter und Silomais.

Die genaue Kenntnis über die Nährstoffzusammensetzung der betriebseigenen Futtermittel hat für den Landwirt besondere Bedeutung. Bei der Umwandlung von pflanzlichen Futtermitteln zu den tierischen Produkten entstehen Verluste. Diese können vermindert und dadurch die betriebliche Erfolgsrechnung positiv beeinflusst werden. Weiters bringt eine Optimierung der Futterrationen auch eine Verbesserung der Tiergesundheit und damit auch eine bessere Qualität der tierischen Erzeugnisse.

Um die Rationen optimieren zu können, müssen die Gehaltswerte der Futtermittel bekannt sein. Diese werden nach verschiedenen Analysenverfahren bestimmt. Im deutschsprachigen Raum ist die WEENDER Futtermittelanalyse das gängigste Verfahren.

Bei genauerer Betrachtung weist dieses Verfahren gewisse Mängel auf KIRCHGESSNER (1997). Die Weender Analyse ist ein summarisches Verfahren und erfasst nur Stoffgruppen. Diese sind in ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrem physiologischen Wert für das Tier nicht einheitlich. Ein weiterer Mangel ist die Unterteilung der Kohlenhydrate in N-freie Extraktstoffe und Rohfaser. Dabei wird bei manchen Futtermitteln nur ein Teil der Gerüstsubstanzen erfasst, der Rest geht in Lösung und wird missverständlich zu den leichter verdaulichen Kohlenhydraten gezählt.

Van Soest entwickelte ein mittlerweile weit verbreitetes Analysensystem zur weiteren Differenzierung der Kohlenhydrate. Dabei gibt es eine Unterteilung in Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) und einen organischen Rest, d.h. Nicht-Gerüstsubstanzen (Zucker, Stärke, Pektine) (KIRCHGESSNER 1997). Die Weender Futtermittelanalyse und das System von Van Soest sind kombinierbar und ergeben anschaulich die Zusammensetzung der Futtermittel.

Vor 20 Jahren wurde mit der Entwicklung des Cornell Net Carbohydrate and Protein Systems (CNCPS) unter der Leitung von D.G. Fox begonnen. Dieses System erweitert die beiden oben genannten Systeme. Im Cornell-System werden die Kohlenhydrate in vier Fraktionen und das Rohprotein in fünf Fraktionen

unterteilt. Grundlage dieser Unterteilung ist deren Abbaugeschwindigkeit im Pansen (RUSSEL et al. 1992).

Abbildung 1: Unterteilung der Futternährstoffe
(nach KIRCHGESSNER 1997)

WEENDER-ANALYSE		WEENDER-ANALYSE / VAN SOEST	
Rohasche		Rohasche	Zellinhalstoffe
Rohprotein		Rohprotein	
Rohfett		Rohfett	
N-freie Extraktstoffe*		Organischer Rest*	
Rohfaser		Hemicellulose*	NDF (Gerüstsubstanzen)
		Cellulose*	
	ADL		

* durch Differenz errechnet

In diesem Projekt soll der Gehalt an den CNCPS-Fractionen von Wiesenfutter und Silomais untersucht werden, wobei auch der Einfluss der Konservierung (Grünfutter, Silage und Heu (bei Wiesenfutter)) berücksichtigt wird. Da es in Österreich bislang noch keine wissenschaftlichen Untersuchungen zu diesem Thema gibt, können die Ergebnisse als Grundlage für die Anwendung des CNCPS unter österreichischen Fütterungsbedingungen verwendet werden.

2. Literaturübersicht

2.1 Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)

Das CNCPS ist ein sehr umfangreiches und breit gegliedertes System zur Bewertung von Futtermitteln, Berechnung von Futterrationen und Vorhersage von tierischen Leistungen.

Dabei werden auch physiologische Vorgänge im Wiederkäuer wie Fermentation, Passage und Mikrowachstum miteinbezogen. Das System hat Gleichungen zur Berechnung von Nährstoffbedarf, Futteraufnahme und Futtermittelverwertung für Fleisch-, Milch- und Zweinutzungsrasen abhängig von Futter, Management und Umweltbedingungen (FOX et al. 1992, RUSSEL et al. 1992, SNIFFEN et al. 1992).

Das CNCPS setzt voraus, dass sich Futtermittel aus Protein, Kohlenhydraten, Fett, Asche und Wasser zusammensetzen. Protein und Kohlenhydrate werden durch ihre chemische Zusammensetzung, physikalischen Eigenschaften, ruminale Abbaubarkeit und postramidale Verdaulichkeit weiterunterteilt. Die wichtigste Grundlage der Unterteilung in die Fraktionen von Protein und Kohlenhydraten liegt aber in den verschiedenen Fermentations- und Abbauraten der Nährstoffe im Pansen (SNIFFEN et al. 1992). Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf den Einfluss der Futtermittel (Wiesenfutter und Silomais) und deren Konservierung (Grünfutter, Silage, Heu) auf die Verteilung der Protein- und Kohlenhydratfraktionen im Futter.

2.1.1 Protein

Rohprotein wird in drei Hauptfraktionen unterteilt: A, B und C. Die Fraktion A enthält alle Nicht-Protein-Stickstoffverbindungen (NPN), Fraktion B ist das verfügbare „Echte Protein“ und Fraktion C ist unverfügbares Protein.

Die NPN-Verbindungen sind sehr rasch verfügbar und werden im Pansen zu Ammoniak umgebaut. C ist nicht verfügbares, gebundenes Protein und ist in saurer Detergentienlösung unlöslich (= P in ADF). Meist sind es Verbindungen mit Lignin oder Tannin-Protein-Komplexe, welche weder von den Verdauungsenzymen noch von den Mikroorganismen im Pansen abgebaut werden können.

Die Fraktion B wird weiter in drei Subfraktionen unterteilt: B₁, B₂ und B₃. Diese weitere Unterteilung bezieht sich auf die verschiedenen Abbauraten des Echten Proteins. B₁ ist rasch abbaubar und wird laut CNCPS im Pansen verwertet. B₃ ist langsam abbaubar und ist in saurer Detergentienlösung löslich. Proteine dieser Fraktion sind in Zellwandbestandteilen (z.B. Hemicellulose) gebunden. Hohe Anteile an B₃ gehen der Verdauung im Pansen verloren. B₂ wird aus der Differenz zwischen Rohprotein und den anderen Protein-Fraktionen ermittelt und hat eine

mittlere Abbaubarkeit (KRISHNAMOORTHY et al. 1982, SNIFFEN et al. 1992, NRC 2001).

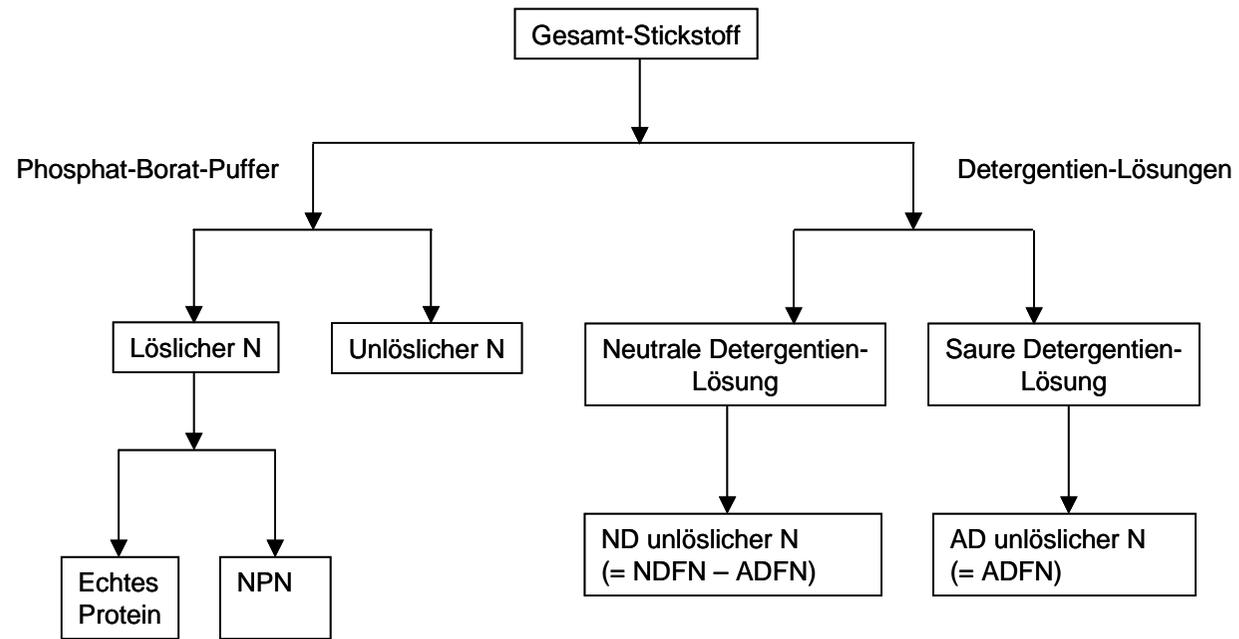
Abbildung 2: Proteinfractionen im CNCPS
(nach SNIFFEN et al. 1992)

A	=	NPN
B ₁	=	lösliches, echtes Protein
B ₂	=	Rohprotein – (A + B ₁ + B ₃ + C)
B ₃	=	(NDFN – ADFN) * 6,25 (= in saurer Detergentienlösung lösliches Protein)
C	=	ADFN * 6,25 (= in saurer Detergentienlösung unlösliches Protein)

Tabelle 1: Proteinfractionen herkömmlicher Futtermittel
(nach SNIFFEN et al. 1992)

Futtermittel	XP (% der TM)	SolP (% des XP)	NPN (% des SolP)	ADFP (% des XP)	NDFP (% des XP)
Gras (Frühling)	24,0	41,0	2,4	2,0	14,5
Gras (Sommer)	15,0	42,0	4,8	2,2	24,0
Heu (Mitte Blüte)	9,0	25,0	96,0	5,7	31,0
Heu (Ende Blüte)	7,0	25,0	96,0	6,5	31,0
Maissilage	8,7	50,0	100,0	8,2	16,2

Abbildung 3: Stickstoff-Fractionen in Futtermitteln
(nach KRISHNAMOORTHY et al. 1982)



2.1.2 Kohlenhydrate

Wenn die Stoffgruppen Rohprotein, Rohasche und Rohfett gegeben sind, lässt sich der Gehalt an Gesamtkohlenhydraten aus der Differenz errechnen ($100 - XP - XA - XL$). Gleich wie die Proteinfractionen können auch die Kohlenhydrate aufgrund ihrer Abbauraten differenziert werden. Als erstes kann man Strukturkohlenhydrate (SC) und Nichtstrukturkohlenhydrate (NSC) unterscheiden.

Die Kohlenhydrate werden in vier Fraktionen unterteilt: A, B₁, B₂ und C.

Fraktion A und B₁ zählen zu den NSC und B₂ und C zu den SC. Fraktion A sind die Zucker, diese sind rasch abbaubar. Zu B₁ zählen die Stärke und Pektine mit einer mittleren Abbauraten. Fraktion C errechnet sich aus $ADL * 2,4$ und ist für den Wiederkäuer nicht verfügbar. B₂ wird langsam fermentiert und wird aus der Differenz von NDF (korrigiert um NDFP) minus $ADL * 2,4$ (SNIFFEN et al. 1992).

Abbildung 4: Kohlenhydratfraktionen im CNCPS
(nach SNIFFEN et al. 1992)

A	=	Zucker	}	Nichtstrukturkohlenhydrate
B ₁	=	Stärke und Pektine		
B ₂	=	$NDF - (NDFP + ADL * 2,4)$	}	Strukturkohlenhydrate
C	=	$ADL * 2,4$		

2.1.3 Mikrobielles Wachstum

Kohlenhydrate dienen als Energiequelle für den Wiederkäuer, aber auch für die Pansenmikroben. Nach RUSSEL et al. (1992) unterscheidet das CNCPS SC- und NSC-verwertende Mikroorganismen im Pansen. Die SC-Mikroben fermentieren nur Kohlenhydrate aus Zellwandbestandteilen (Fraktion B₂ und C) und können nur Ammoniak als N-Quelle nutzen. Die NSC-Mikroorganismen verwerten nur Zucker, Stärke und Pektine (Fraktion A und B₁). Ihnen dienen Ammoniak, Peptide und Aminosäuren als N-Quelle und sie können auch selbst Ammoniak produzieren.

Solange eine entsprechende N-Versorgung gegeben ist, verhält sich das Wachstum der Mikroorganismen proportional zur Abbaubarkeit der Kohlenhydrate. Wird aber mehr Protein abgebaut als Kohlenhydrate fermentiert werden (XP-Überschuss im Futtermittel oder zu wenige KH der Fraktionen A und B₁), muss überschüssiges Ammoniak über die Leber zu Harnstoff umgebaut werden und geht zum Großteil durch Ausscheidung verloren. Umgekehrt kommt es durch eine höhere Fermentation von Kohlenhydraten bei niedrigem Proteingehalt zu einem Mangel an abbaubarem N, der jedoch bis zu einem gewissen Grad durch N-Recycling über den ruminohepatischen Kreislauf kompensiert werden kann. Ein zu hoher Gehalt der Ration an NSC (rasch verfügbare Zucker (Fraktion A)) führt zu einer Übersäuerung im Pansen und mit dem fallenden pH sinkt auch das mikrobielle Wachstum.

Aus den im CNCPS zu Grunde gelegten Abbaugeschwindigkeiten und Passageraten kann die Verdaulichkeit der Fraktionen errechnet werden. Wenn diese Verdaulichkeitsraten summiert werden, ergibt sich daraus die Gesamtverdaulichkeit. Diese dient auch im CNCPS als Grundlage für die Energiebewertung (SNIFFEN et al. 1992).

Tabelle 2: Abbauraten der Nährstoffe in Grundfuttermitteln (%/h)
(nach SNIFFEN et al. 1992)

Futtermittel									
	A	B₁	B₂	C	A	B₁	B₂	B₃	C
Maissilage									
<i>> 40 % T</i>									
grob gehäckselt	200-300	10-20	3-6	0	-	150-250	8-9	0,06-0,10	0
fein gehäckselt	250-350	20-30	4,8	0	-	250-350	10-12	0,10-0,20	0
<i>30 - 40 % T</i>									
grob gehäckselt	200-300	15-25	4-8	0	-	200-300	9-10	0,10-0,20	0
fein gehäckselt	250-350	25-30	8-10	0	-	250-350	10-11	0,15-0,25	0
<i>> 40 % T</i>									
grob gehäckselt	200-300	25-35	4-8	0	-	250-350	10-11	0,15-0,25	0
fein gehäckselt	250-350	35-40	8-10	0	-	250-350	10-12	0,20-0,30	0
Heu	200-300	25-35	2-4	0	-	120-150	10-12	0,06-0,10	0
Grassilage									
grob geschnitten	200-300	35-40	3-5	0	-	200-250	12-14	1,0-1,2	0
fein geschnitten	200-300	40-45	4-6	0	-	250-300	13-15	1,1-1,3	0

2.2 Grünfutter, Konservierung und Inhaltstoffe

Der Erfolg der Konservierung und deren Einfluss auf den Futterwert bzw. den Gehalt an Futterinhaltsstoffen hängt von mehreren grundsätzlichen Faktoren ab:

- Pflanzenart
- Artengesellschaft
- Vegetationsstadium
- Nutzungsintensität
- Düngung
- Konservierungsart
- Klima
- Boden

2.2.1 Grünfutter

Futterpflanzen, die vor ihrer physiologischen Reife geerntet werden, bezeichnet man als Grünfutter. Dieses besteht z.B. bei Gräsern und Futterleguminosen hauptsächlich aus vegetativen Pflanzenorganen (Blatt und Stengelmasse) oder bei Silomais aus vegetativen und generativen Pflanzenorganen (Blätter, Stängel, Blüten- und Fruchtstände). Grünfutter hat relativ hohe Wassergehalte und ist dadurch in der Haltbarkeitsdauer sehr beschränkt (JEROCH et al. 1993, JEROCH et al. 1999).

60 bis 80 Prozent der organischen Masse sind laut JEROCH et al. (1993) Kohlenhydrate. Der Gehalt variiert je nach Pflanzenart und Vegetationsstadium. So hat junges Gras im Schossen beträchtliche Gehalte an Zucker. Dieser nimmt aber bis zur Blüte stark ab, während der Gehalt an SC ansteigt. Bei Silomais nimmt der Gehalt an Zucker während des Wachstums ab und der Gehalt an Stärke steigt mit zunehmender Ausbildung der generativen Organe.

Der XP-Gehalt von jungen Pflanzen ist im Vergleich zu älteren viel höher. SNIFFEN et al. (1992) stellen fest, dass der größte Anteil an löslichem Protein in frischem Gras aus der B₁-Fraktion (verfügbares Echtes Protein) stammt. Der Gehalt an NPN-Verbindungen in frischem Grünfutter ist sehr gering (SNIFFEN et al. 1992 und NRC 2001).

Da die unter unseren Klimabedingungen die Futtermittel nicht über den gesamten Zeitraum anfallen, in dem sie benötigt werden, ist eine Konservierung notwendig. Sie dient dazu, die Futtermittel über längere Zeit vor dem Verderb und dem Verlust der Nährstoffe zu schützen. Aber gewisse qualitative und quantitative Veränderungen bzw. Verluste lassen sich auch bei besten Verhältnissen nicht verhindern. Die wichtigsten Verfahren der Grünfutterkonservierung sind die Silierung und die Trocknung (JEROCH et al. 1993, BUCHGRABER et al. 1994, JEROCH et al. 1999).

2.2.2 Silierung

Die wichtigsten Faktoren für die Silagebereitung sind:

- Die Lagerung unter Luftabschluss und
- Die rasche Absenkung des pH-Wertes durch Milchsäuregärung

Die anaerobe Lagerung bewirkt, dass sich die Milchsäurebakterien im Gegensatz zu ihren Gegenspielern besser entwickeln können. Clostridien und Schimmelpilze werden im Wachstum gehemmt, d.h. der kritische pH-Wert (= Aktivitätsgrenze der Buttersäurebakterien) wird unterschritten. Laut BUCHGRABER et al. (1994) sollte der pH-Wert für Nass- und Feuchtsilagen (20 – 28 % TM) niedriger als 4,2 und für Anwelksilagen und Gärheu (28 – 50 % TM) niedriger als 4,5 sein. Um eine luftdichte Lagerung zu erhalten, ist es wichtig, das Futter zu zerkleinern und gut zu verdichten und den Silo mit größter Sorgfalt abzuschließen.

Der Zuckergehalt (die für die Milchsäurebakterien verwertbaren Kohlenhydrate) ist der wichtigste Faktor für die Vergärbarkeit von Futtermitteln. Aufgrund der verschiedenen Zuckergehalte der Grünfütterarten ergeben sich unterschiedliche Siliereignungen. Gräser und Futterleguminosen sollten grundsätzlich auf einen Trockenmassegehalt von ca. 30 % angewelkt werden. Dadurch wird die Zellsaftkonzentration erhöht und die Siliereignung verbessert (WILHELM 1991, JEROCH et al. 1993, JEROCH et al. 1999, BUCHGRABER et al. 1994).

Maisganzpflanzen haben durch ihren Gehalt an Zucker und Stärke eine gute Silierbarkeit. Um die Verdaulichkeit für Wiederkäuer zu verbessern, sollte das Futter nicht nur gehäckselt, sondern auch gequetscht werden. Gerade bei Maissilagen sollte auf eine gute Verdichtung und luftdichte Lagerung geachtet werden, da sie eine geringe aerobe Stabilität aufweisen (JEROCH et al. 1999). Laut SNIFFEN et al. (1992) besteht das lösliche Protein von Silagen zum Großteil aus NPN-Verbindungen. Die Fraktion B₁ hat nur geringe Anteile von ca. 5 %.

2.2.3 Heugewinnung

Die gängigsten Verfahren in Österreich sind die Bodentrocknung und die Heubelüftung. Der beste Schnitzeitpunkt liegt ca. im Stadium des Ähren- und Rispschiebens, da das Futter vorher nur schwer zu trocknen ist. Belüftungsheu wird auf der Wiese bis ca. 60 % TM vorgetrocknet und erst dann in die Belüftungsanlage eingebracht. Diese Anlagen werden mit kalter oder vorgewärmter Luft durch Zwangsbelüftung betrieben. Bei der Bodentrocknung wird das Futter auf der Wiese bis zu einem TM-Gehalt von ca. 80 % getrocknet. Die größten Nachteile der Heugewinnung sind die Abhängigkeit vom Wetter, die relativ hohen Bröckel- und Atmungsverluste auf dem Feld und im Heustapel (BUCHGRABER et al. 1994, JEROCH et al. 1999).

3. Material und Methoden

3.1 Versuchsanstellung der Grundfuttermittel

Die Proben für das Wiesenfutter wurden aus einem laufenden Forschungsprojekt des Institutes für Viehwirtschaft und Ernährungsphysiologie der landwirtschaftlichen Nutztiere der BAL Gumpenstein entnommen. Für den Silomais stammen die Proben aus laufenden Sortenversuchen der Abteilung Ackerbau im Alpenraum der BAL Gumpenstein.

3.1.1 Wiesenfutter

Standorte: Für den Versuch wurden drei Standorte in der Umgebung der BAL Gumpenstein (Seehöhe 710 m, Jahresdurchschnittstemperatur 7.2 °C, Niederschlag 1010 mm) ausgesucht. Diese unterscheiden sich jedoch hinsichtlich Exposition, Bodentyp, Bodenart, Gründigkeit und Pflanzengesellschaft. Durch diese breitere Gliederung soll eine bessere Aussagekraft des Versuches erreicht werden.

Tabelle 3: Standortbeschreibungen Wiesenfutter

Standort	Gumpenstein	Damwildgehege	Goschwiese
Exposition	ebene Lage	ebene Lage	ebene Lage
Bodentyp	kalkfreie Lockersedimentbraunerde	vergleyter Auboden	extremer Augley
Bodenart	sandiger Lehm	sandiger Schluff	Schluff
Gründigkeit	tiefgründig	mittelgründig	mittelgründig
Pflanzengesellschaft	Weißkleeweide mit Gemeiner Rispe, Quecke und Knaulgras	Weißkleeweide mit Fuchsschwanz, Feuchtwiesen- und Flutrasen-Elementen	Fuchsschwanzwiese in Kontakt mit Kohldistelwiesen-Elementen

Abbildung 5: Standort Gumpenstein



Versuchsplan: Der Versuchsplan sah drei verschiedene Schnitthäufigkeiten (2, 3 und 4 Schnitte pro Jahr) und drei unterschiedliche Düngungsintensitäten (70, 140 und 210 kg N pro Hektar und Jahr) vor. Um den Einfluss der Konservierung studieren zu können, wurde das Wiesenfutter in frischem Zustand als Grünfutter untersucht, aber von jeder Variante auch Silagen und Heu hergestellt und ebenfalls untersucht.

Tabelle 4: Verteilung der Düngungsniveaus auf die Standorte

Standort	Gumpenstein					Damwildgehege					Goschwiese			
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
Aufwuchs														
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

Tabelle 5: Schnittzeitpunkte von Wiesenfutter

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

Probenumfang des Wiesenfutters:

9 Aufwüchse x 3 Standorte x 3 Konservierungsarten = 81 Proben

Auf Grund von ungünstigen Konservierungsbedingungen konnten beim Heu 4 Proben nicht analysiert werden. Eine Silageprobe war verdorben. Dies ergibt eine für die Untersuchung zur Verfügung stehende Probenanzahl von 76 Wiesenfutterproben.

3.1.2 Silomais

Standorte: Die Sortenversuche sind auf drei verschiedenen Standorten angelegt. Sie unterscheiden sich bezüglich Seehöhe, Jahresdurchschnittstemperatur, Niederschlag und Bodentyp.

Tabelle 6: Standortbeschreibungen Silomais

Standort	Lambach	Kobenz	Gumpenstein
Seehöhe	366 m	673 m	710 m
Ø Jahrestemperatur	8,2 °C	6,9 °C	7,2 °C
Ø Jahresniederschlag	957 mm	849 mm	1010 mm
Exposition	ebene Lage	ebene Lage	ebene Lage
Bodentyp	Tagwasservergleyte Braunerde	Lockersediment-Braunerde	Braunerde
Bodenart	sandiger Lehm	lehmiger Sand	sandiger Schluff
Gründigkeit	mittel- bis tiefgründig	mittel- bis tiefgründig	mittelgründig

Versuchsplan: Der Versuchsplan sah vier verschiedene Erntezeitpunkte (Milchreife, Beginn, Mitte Teigreife und Ende Teigreife) bei drei Sorten (Fuxxol [FAO 240], Romario [FAO 270] und Atalante [FAO 290]) und auf drei Standorten vor. Im Falle von Silomais wurden die Varianten als Grünfutter und Silage untersucht.

Probenumfang von Silomais:

3 Sorten x 4 Reifestadien x 3 Standorte x 2 Konservierungsarten = 72 Proben

Der erste Schnittzeitpunkt konnte am Standort Lambach nicht durchgeführt werden. Somit ergibt sich eine Probenanzahl von n = 66.

Gesamtprobenumfang:

76 Wiesenfutterproben + 66 Silomaisproben = 142 Futtermittelproben

3.2 Chemische Analysen

Die chemischen Analysen erfolgten im Labor der BAL Gumpenstein sowie dem Labor des Institutes für Futtermittel der AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit) und wurden nach den Methoden der ALVA (1983) und den Methoden der VDLUFA (1976) durchgeführt.

Das lösliche Protein des CNCPS wurde nach den Vorschriften von LOWRY et al. (1951) und LICITRA et al. (1996) bestimmt. Die Präparate für NDF und ADF wurden mit den Detergentien nach Van Soest auf dem Fibercap-System hergestellt, anschließend mit Aceton gespült und bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der im Präparat enthaltene Stickstoff wurde nach dem Kjehldal-System nach den Methoden der ALVA (1983) bestimmt.

Die Vorschriften von LOWRY et al. (1951) und LICITRA et al. (1996) wurden wie folgend modifiziert:

Chemikalien: Natriumtetraborat $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$
Natriumdihydrogenphosphat $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Folin-Ciocalteus-Reagens
Natriumcarbonat Na_2CO_3
K-Na-Tartrat (2 %-ige Lösung)
Kupfersulfat (1 %-ige Lösung) $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$
Trichloressigsäure
Rinderalbumin
Natronlauge NaOH
Lowry Reagensgemisch

Reagentien: Extraktionspuffer:
8,91 g Natriumtetraborat und 12,2 g Natriumdihydrogenphosphat mit destilliertem Wasser auf 1 l auffüllen, pH-Kontrolle: 6,7 – 6,75

Lowry-Reagensgemisch:
2 g Natriumcarbonat in 100 ml Natronlauge lösen,
0,5 ml Kupfersulfatlösung und 0,5 ml K-Na-Tartrat

Durchführung:

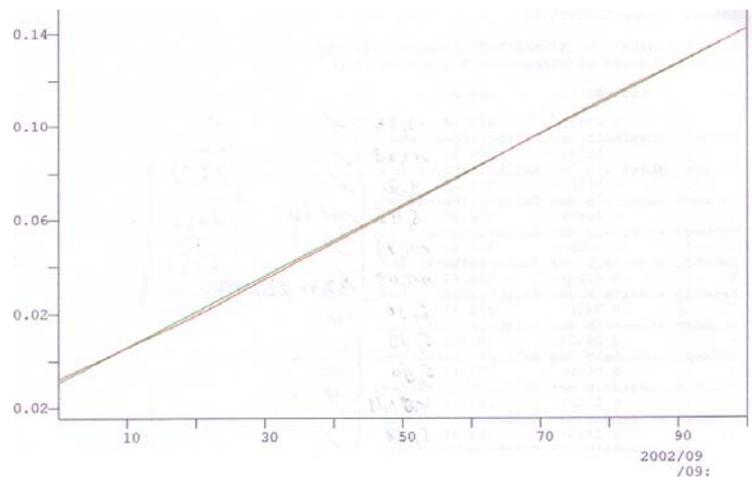
- 10 g Probe in ein Schüttelgefäß (ca. 100ml) geben
- 130 ml Extraktionspuffer dazugeben und eine Stunde bei 110 bis 120 U/min mit 39 °C schütteln
- Filtrieren mit Whatman Nr. 54
- 1 ml entnehmen und Proteingehalt nach LOWRY et al. bestimmen → gesamte Lösung inkl. NPN
- Weitere 20 ml aliquot entnehmen und mit Trichloressigsäure auf 10 % Endkonzentration bringen (1 ml)
- Niederschlag abzentrifugieren und Präzipitat mit Extraktionspuffer aliquot auffüllen (10 ml) und ebenfalls Proteingehalt nach LOWRY et al. bestimmen → B₁

Bestimmung des „löslichen Proteins“ nach LOWRY et al.:

- Proben werden mit 10 ml Lowry-Reagensgemisch vermischt und 10 min bei Raumtemperatur stehen gelassen.
- 1 ml Folin-Reagens dazugeben und weiter 30 min stehen lassen
- Extinktion der Probe bei 750 nm messen
- Proteinkonzentration anhand einer Eichkurve aus mindestens 3 Rinderalbumin-Standards ermitteln
- Eichung: Standard 100-Lösung: 100 mg Rinderalbumin/ l
100 mg Albumin in 1000 ml Boratpuffer = 1mg/10 ml = 100 µg/ml

100-Lsg	Extraktionspuffer	µg Rinderalbumin/ml
0	100	0
20	80	20
40	60	40
60	40	60
80	20	80
100	0	100

Abbildung 6: Beispiel Eichkurve des Spektralphotometers



Modell I : $y=a_0+a_1*x$

Korr. : 0.99981

Die Kohlenhydrate wurden nach den Angaben von FOX et al. (1992) nach folgendem Schema berechnet:

Kohlenhydrate: $1000 - XP - XL - XA$

Fraktion C: $ADL * 2,4$

Fraktion B₂: $NDF - NDF\text{-insoluble} - XP - C$

Fiber carbohydrates (Faser-Kohlenhydrate): $B_2 + C$

Nonfiber-carbohydrates (Nichtfaser-Kohlenhydrate):

$Kohlenhydrate - Faser\text{-Kohlenhydrate}$

Fraktion B₁: Berechnung des B₁-Anteils an den Nichtfaser-Kohlenhydraten (%) nach folgenden Regressionsgleichungen

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

Grünfutter: $61,19 - 0,319 NDF$

Grassilage: $106,90 - 0,800 NDF$

Heu: $54,72 - 0,173 NDF$

Grünmais: $212,38 - 0,735 XF$

Maissilage: $107,16 - 0,057 XF$

Fraktion A: $100 - B_1$ (in % der Nichtfaser-Kohlenhydrate)

3.3 Wichtige Unterschiede des CNCPS

Im CNCPS werden Protein in 5 und Kohlenhydrate in 4 Fraktionen entsprechend ihrer Abbaurate im Pansen unterteilt. Bei anderen Futterbewertungssystemen wird bei Protein größtenteils nur zwischen abbaubarem (RDP) und unabgebautem (UDP) Protein unterschieden. Bei den Kohlenhydraten wird in vielen Fällen noch auf die aus der Weender Futtermittelanalyse kommende Unterscheidung zwischen Rohfaser (für Gerüstsubstanzen) und N-freien Extraktstoffen (für Nicht-Gerüstsubstanzen) zurückgegriffen. Doch Rohfaser repräsentiert die Faserstoffe nicht vollständig und die N-freien Extraktstoffe erfassen nicht alle Nicht-Gerüstsubstanzen (SNIFFEN et al. 1992, NRC 2001).

3.3.1 Rohprotein – Proteinfraktionen des CNCPS

Bei der Bestimmung von Rohprotein wird der N-Gehalt der Probe analysiert. Es wird ein mittlerer N-Gehalt von 16 % in Proteinen angenommen und daraus das Rohprotein errechnet. Dabei werden neben dem Reineiweiß die Nicht-Protein-N-Verbindungen außer Nitrat erfasst (z.B. freie Aminosäuren, Harnstoff, Säureamide, ...). Bei Futtermitteln mit hohen NPN-Gehalten treten Probleme in der Aussagekraft zwischen Rohprotein und Reinprotein auf. Wenn Futtermittel mit

größeren bzw. kleineren N-Gehalten als 16 % analysiert werden, so ist die Berechnung des Rohproteingehaltes fehlerhaft (MENKE und HUSS 1987, JEROCH et al. 1999).

Bei CNCPS wird, wie bereits beschrieben, das Rohprotein der Weender Analyse in fünf Fraktionen weiter aufgeteilt.

Die Fraktionen A (= NPN) und B₁ (= lösliches echtes Protein) sind im Extraktionspuffer löslich (= gesamte Lösung). B₁ wird mit Trichloressigsäure gefällt und aus der Differenz von gesamter Lösung minus B₁ wird die Fraktion A errechnet (Proteinbestimmung mit Spektralphotometer). Für die Fraktionen B₃ und C wird die NDF bzw. die ADF analysiert und weiters die darin enthaltene N-Menge bestimmt. B₂ wird aus der Differenz von XP minus der restlichen vier Fraktionen berechnet (SNIFFEN et al. 1992, LICITRA et al. 1996).

3.3.2 Rohfaser/N-freie Extraktstoffe – ADF, NDF, ADL – Kohlenhydratfraktionen des CNCPS

In der Weender Analyse werden die Kohlenhydrate in Rohfaser (= XF) und stickstofffreie Extraktstoffe (= XX) unterteilt.

Nach der Behandlung mit Salzsäure und Natronlauge mit bestimmter Konzentration bleibt ein unlöslicher organischer Rest, welcher die XF darstellt. Diese Fraktion enthält neben den pflanzlichen Gerüstsubstanzen (Cellulose, Hemicellulose) auch andere Stoffe wie Lignin und Cutin (VDLUFA 1976, LENGERKEN und ZIMMERMANN 1991).

Die zweite Fraktion der Kohlenhydrate wird als XX bezeichnet. Diese errechnen sich aus der Differenz der Trockenmasse und der restlichen Rohnährstoffgruppen ($XX = T - (XA + XP + XL + XF)$). Fehler der Analysen der Nährstoffe führen damit zu Verzerrungen des Gehaltes an XX.

Die XX sind eine sehr heterogene Nährstoffgruppe. Sie setzen sich aus Polysacchariden (Stärke, Glykogen), den löslichen Zuckern (Glucose, Fructose, Saccharose, Lactose, Maltose), Pektinen und den löslichen Anteilen von Cellulose, Hemicellulose und Lignin zusammen (MENKE und HUSS 1987, JEROCH et al. 1999).

Laut JEROCH et al. (1999) zeigt diese Unterteilung in XF und XX darin den größten Mangel, dass die Gerüstsubstanzen nur zum Teil in der XF erfasst werden und der lösliche Teil zu den XX gezählt wird. Die löslichen Anteile der Cellulose, Hemicellulose und des Lignins sind aber schlechter verdaulich als der Rest der XX und dadurch wird die Verwertbarkeit dieser Nährstoffgruppe negativ beeinflusst. Dies kann soweit gehen, dass Futtermittel mit hohen Anteilen an

löslichen „Gerüstsubstanzen“ eine höhere Verdaulichkeit der XF aufweisen als die XX.

Durch die Unterteilung der Gerüstsubstanzen nach Van Soest ist ein wesentlicher Schritt zur besseren Differenzierung geschehen, obwohl auch hier nicht einzelne Nährstoffe bestimmt werden sondern ebenfalls nur Stoffgruppen.

Nach dem Kochen der Futtermittelprobe mit neutraler Detergentienlösung bleibt die NDF übrig, welche die Summe der Gerüstsubstanzen (Cellulose, Hemicellulose und Lignin) darstellt. Durch Kochen der Probe mit saurer Detergentienlösung geht Hemicellulose in Lösung und man erhält die ADF (= Cellulose und Lignin). Kocht man die ADF mit höher konzentrierter Schwefelsäure weiter, so geht Cellulose in Lösung und als wesentliche Komponente bleibt das Lignin übrig (= ADL) (VDLUFA 1976, ALVA 1986, VAN SOEST et al. 1991).

Durch die Bestimmung dieser Stoffgruppen und spezifischer Analysen, wie der Zucker- und Stärkebestimmung, können die Fraktionen des CNCPS unterschieden werden und so eine bessere Aussage über den Wert des Futtermittels gemacht werden.

Die Fraktion A enthält die löslichen Zucker, welche in der Weender Analyse zu den XX gezählt werden (siehe oben). B₁ enthält Stärke und Pektine. Pektine zählen zu den Nichtstärke-Polysacchariden (= NSP). Diese sind hauptsächlich in den Zellwänden enthalten und gehören somit eigentlich zu den Gerüstsubstanzen. Durch ihre leichte Löslichkeit werden sie aber der Fraktion B₁ zugeteilt. Die Fraktion C enthält das nicht verwertbare ADL. Lignin ist eine Gerüstsubstanz, jedoch kein Kohlenhydrat. Es geht nur mit verschiedenen NSP strukturelle Bindungen ein und bildet verschiedene Kohlenhydrat-Lignin-Komplexe. B₂ wird aus der Differenz von NDF und Lignin berechnet und enthält hauptsächlich Hemicellulose und Cellulose (SNIFFEN et al. 1992, JEROCH et al. 1999).

3.4 Statistische Auswertung

Der Datencheck und „Summary Statistics“ erfolgte mit dem Programm STATGRAPHICS Plus (1996). Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistik-Paket HARVEY (1987) nach folgenden Modellen durchgeführt.

1: Vergleich Wiesenfutter – Silomais (Tabelle 7):

$$y = \text{Futtermittel}$$

Futtermittel (Wiesenfutter, Silomais)

2: Vergleich Wiesenfutter – Silomais innerhalb Konservierung (Tabelle 8):

$$y = \text{Futtermittel_Konservierung}$$

Futtermittel_Konservierung:
(Grünfutter, Grassilage, Heu, Grünmais, Maissilage)

3: Wiesenfutter (Versuchshauptfaktoren) (Tabelle 9):

$y =$ Konservierung, Nutzungshäufigkeit, Düngung, Standort
Nutzungshäufigkeit * Konservierung
Konservierung (Grünfutter, Silage, Heu)
Nutzungshäufigkeit (2 Schnitte, 3 Schnitte, 4 Schnitte pro Jahr)
Düngung (70 kg N, 140 kg N, 210 kg N pro ha und Jahr)
Standort (Gumpenstein, Damwildgehege, Goschwiese)

4: Wiesenfutter (Versuchshauptfaktoren innerhalb Aufwüchse)
(Tabelle 10, Anhang Tabellen 1A, 2A, 3A):

$y =$ Nutzungshäufigkeit_Aufwuchs, Konservierung, Düngung, Standort
Nutzungshäufigkeit_Aufwuchs * Konservierung
Nutzungshäufigkeit_Aufwuchs:
(2-Schnitt 1.Aufwuchs, 2-Schnitt 2.Aufwuchs)
(3-Schnitt 1.Aufwuchs, 3-Schnitt 2.Aufwuchs, 3-Schnitt 3.Aufwuchs)
(4-Schnitt 1.Aufwuchs, 4-Schnitt 2.Aufwuchs, 4-Schnitt 3.Aufwuchs, 4-
Schnitt 4.Aufwuchs)
Konservierung (Grünfutter, Silage, Heu)
Düngung (70 kg N, 140 kg N, 210 kg N pro ha und Jahr)
Standort (Gumpenstein, Damwildgehege, Goschwiese)

5: Silomais (Versuchshauptfaktoren) (Tabelle 11):

$y =$ Konservierung, Erntestadium, Sorte, Standort
Konservierung * Erntestadium, Konservierung * Standort, Erntestadium *
Sorte, Erntestadium * Standort, Sorte * Standort
Konservierung (Grünmais, Maissilage)
Erntestadium:
(Ende Milchreife, Beginn Teigreife, Mitte Teigreife, Ende Teigreife)
Sorte (Fuxxol, Romario, Atalante)
Standort (Lambach, Kobenz, Gumpenstein)

4. Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 7 werden zunächst die Futtermittel Wiesenfutter und Silomais gegenübergestellt, um die wichtigsten Unterschiede im Gehalt an Nährstoffen und den Fraktionen des Cornell-Systems herauszuarbeiten. In Tabelle 8 werden diese Futtermittel getrennt nach ihren Konservierungsformen angeführt, da die Konservierung die Aufteilung besonders der rasch abbaubaren Fraktionen des Cornell-Systems deutlich beeinflusst. In den Tabellen 9 und 10 werden die Inhaltsstoffe des Wiesenfutters und in Tabelle 11 des Silomaises angeführt.

4.1 Inhaltsstoffe von Wiesenfutter und Silomais

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 Stängelmassen 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 (Cellulose, Hemicellulose, Lignin) 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 (siehe Tabelle 7 und Abbildung 7). 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. Die großen Unterschiede im Gehalt an Rohasche rühren sowohl vom Gehalt als auch von der Erntetechnik her. Doch auch bei den Fraktionen des CNCPS bestehen gewisse Unterschiede, besonders in den Kohlenhydrat-Fraktionen B₁ (Stärke) und C (nichtabbaubare Faser), was sich aus den bereits angesprochenen morphologischen Unterschieden (Kolbenanteil) erklärt. Bei den Protein-Fraktionen besteht der deutlichste Unterschied in B₂ (26,4 bzw. 17,5 % bei Wiesenfutter bzw. Silomais), d.h. Wiesenfutter hat einen signifikant höheren Anteil an sehr langsam abbaubarem Protein.

Tabelle 7: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter und Silomais

Parameter	Einheit	Futtermittel		RSD	P-Wert	R ²
		Wiesen- futter	Silo- mais			
Anzahl Proben		76	66			
WEENDER ANALYSE						
TM	g/kg FM	426	292	203	0,000	0,099
XP	g/kg TM	140	78	23	0,000	0,655
XL	g/kg TM	22	26	5	0,000	0,147
XF	g/kg TM	274	225	43	0,000	0,246
XX	g/kg TM	434	622	43	0,000	0,828
XA	g/kg TM	129	48	33	0,000	0,600
GERÜSTSUBSTANZEN						
NDF	g/kg TM	539	484	77	0,000	0,113
ADF	g/kg TM	334	261	48	0,000	0,373
ADL	g/kg TM	47	29	11	0,000	0,413
CNCPS PROTEIN-FRAKTIONEN						
A	% des XP	27,4	33,4	11,4	0,002	0,066
B ₁	% des XP	4,7	2,8	2,2	0,000	0,146
B ₂	% des XP	28,2	33,2	10,0	0,004	0,059
B ₃	% des XP	26,4	17,5	8,2	0,000	0,233
C	% des XP	13,3	13,1	4,3	0,787	0,001
CNCPS KOHLENHYDRAT-FRAKTIONEN						
CHO	g/kg TM	708	847	44	0,000	0,718
FC	% der CHO	68,1	54,4	8,9	0,000	0,374
NFC	% der CHO	31,9	45,6	8,9	0,000	0,374
A	% der CHO	15,4	11,9	9,2	0,027	0,035
B ₁	% der CHO	16,5	33,7	11,1	0,000	0,377
B ₂	% der CHO	52,1	46,1	7,8	0,000	0,134
C	% der CHO	16,0	8,3	3,6	0,000	0,538

Tabelle 8 und Abbildung 8 zeigen, 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 Proteinfraction A (NPN, sofort löslicher N). Durch die Silierung wird deren Anteil von etwa 20 % auf etwa 40 % sowohl bei Wiesenfutter als auch bei Silomais verdoppelt. Daran wird der seit langem bekannte Proteinabbau während des Gärprozesses sichtbar (GROSS und 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.

Abbildung 7: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter und Silomais

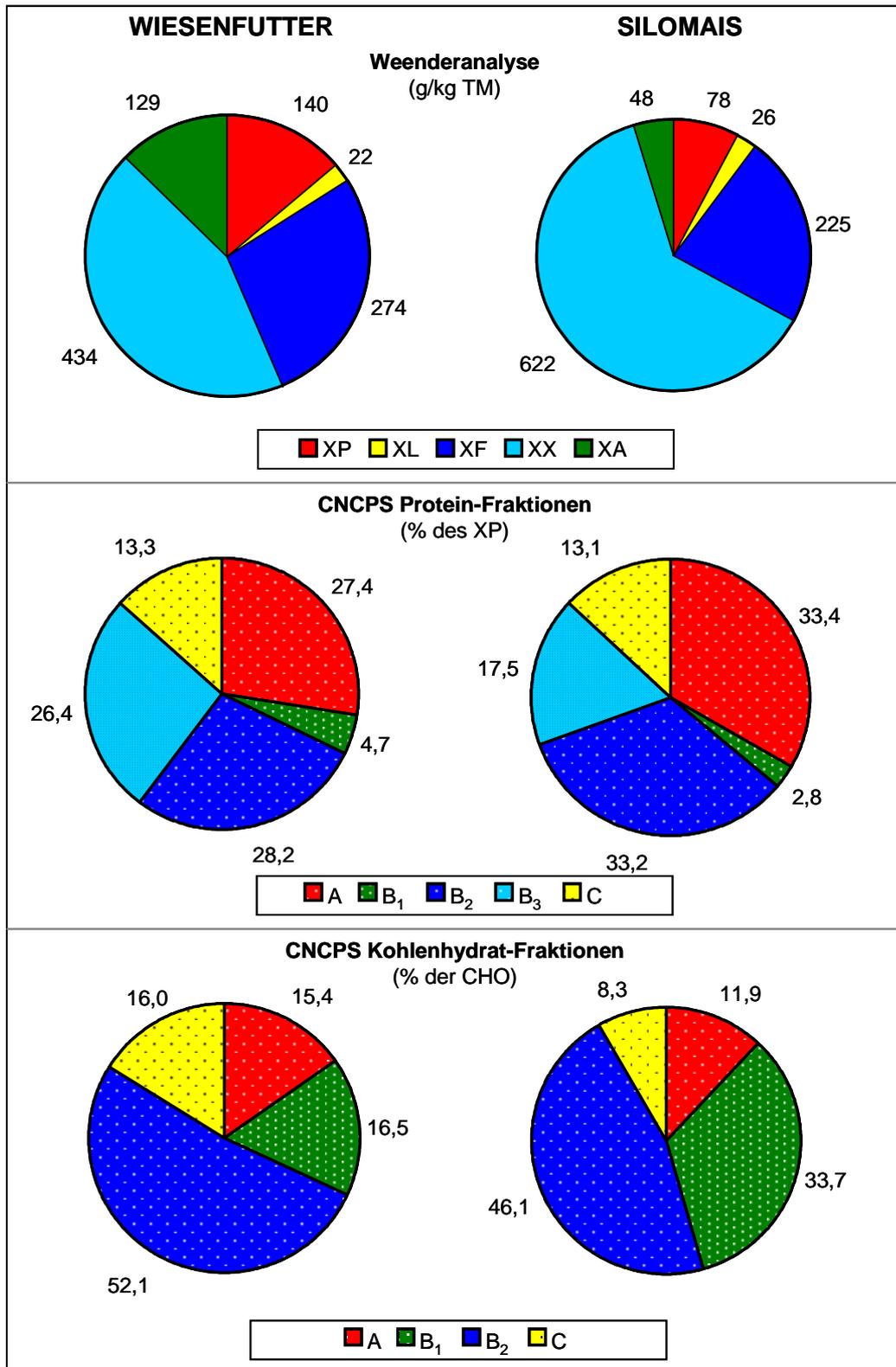


Abbildung 8: CNCPS-Fractionen von Wiesenfutter und Silomais in Abhängigkeit von der Konservierungsform

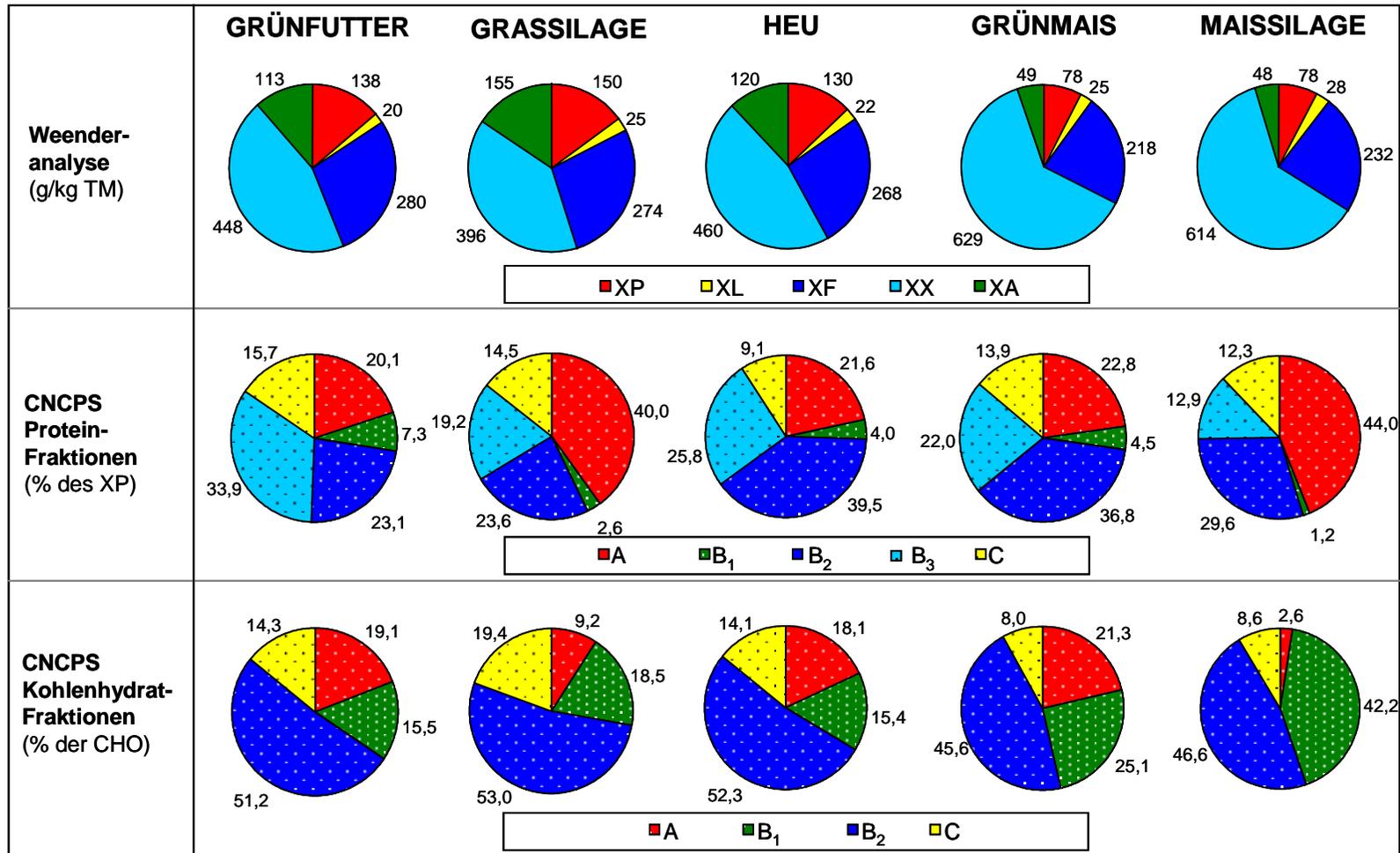


Tabelle 8: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter und Silomais in Abhängigkeit von der Konservierungsform

Parameter	Einheit	Wiesenfutter			Silomais		RSD	P-Wert	R ²
		Grünfutter	Silage	Heu	Grünmais	Silage		Futter*Kons.	Modell
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 PROTEIN-FRAKTIONEN									
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 KOHLENHYDRAT-FRAKTIONEN									
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

4.2 Inhaltsstoffe von Wiesenfutter

Die Ergebnisse zu den Untersuchungen des Wiesenfutters sind in den Tabellen 9 und 10 sowie im Tabellenanhang 3A – 5A angeführt. Tabelle 9 zeigt die Inhaltsstoffe des Wiesenfutters in Abhängigkeit von den Versuchshauptfaktoren Konservierung, Nutzungshäufigkeit und Düngung. Grafische Darstellungen finden sich in den Abbildungen 9 und 10, um besonders den Einfluss der Nutzungshäufigkeit herauszuarbeiten. In den Abbildungen 11 und 12 werden die Protein- und Kohlenhydrat-Fractionen in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt geplottet, um einen möglichen Zusammenhang zum Vegetationsstadium des Wiesenfutters aufzuzeigen. Ein solcher Zusammenhang läßt sich aus der Feed Library des CNCPS in vielen Fällen ableiten (FOX et al. 2000).

4.2.1 Einfluss der Konservierung

Mit Ausnahme der Rohfaser wirkte sich die Konservierung auf alle Weender Nährstoffe signifikant aus. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich Silagen und Heu wegen Verderbs einiger Proben nicht vollständig mit dem Grünfutter decken. Besonders augenscheinlich sind die Veränderungen durch die Silagebereitung im Gehalt an Rohprotein und Rohasche. Analog zur Rohfaser wirkte sich die Konservierung auch nicht auf den Gehalt an den Van Soest-Gerüstsubstanzen aus (Ausnahme Lignin).

Wie schon in Abschnitt 4.1 diskutiert, hat die Konservierung allerdings einen signifikanten Einfluss auf die Anteile einiger Protein- und Kohlenhydrat-Fractionen des CNCPS. Durch die Silierung verdoppelte sich die Proteinfraction A (sofort löslicher N = NPN) von 20 auf 39 %, während durch die Heubereitung kaum eine Änderung auftrat (22 %). Da sich die Fractionen B₂ und C zwischen Grünfutter und Grassilage kaum unterscheiden (im Mittel 23 und 16 %), muss diesen Proteinabbau vorwiegend die Fraction B₃ betroffen haben, die durch die Silierung von 34 auf 19 % zurückgegangen ist. Einen gewissen Teil des Proteinabbaus betraf auch die Fraction B₁ (lösliches wahres Protein), die sich durch die Silierung von 7 auf 3 % verminderte. Auch durch die Heubereitung traten hochsignifikante Veränderungen der Proteinfractionen auf. Es kam nahezu zu einer Verdoppelung der Fraction B₂ (Protein mit mittlerer Abbaurate), und zwar von 22 auf 39 %. Dies ging auf Kosten der Anteile von B₃ und C, die sich durch die Heubereitung gegenüber frischem Grünfutter von 34 auf 26 % bzw. von 16 auf 9 % verringerten. Dies ist überraschend, da in vielen Proteinsystemen dem Protein von Heu eine niedrigere Abbaurate zugeschrieben wird. Es sind am vorliegenden Probenmaterial in situ-Untersuchungen geplant, um die Ergebnisse

zu verifizieren. Wie ebenfalls bereits diskutiert, kommt es durch die Silierung zu einer Fermentation des Zuckers zu Milchsäure, was sich am Rückgang der Kohlenhydratfraktion A bei den Silagen zeigt.

4.2.2 Einfluss der Nutzungshäufigkeit

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 Proteinfractionen 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.

Noch deutlicher wird der Einfluss der Nutzungsintensität, wenn die einzelnen Aufwüchse betrachtet werden (Tabelle 10). Es zeigt sich, dass die Unterschiede vor allem in den ersten Aufwüchsen entstehen, während die Folgeaufwüchse auch bei unterschiedlicher Nutzungsintensität (d.h. Aufwuchsdauer) relativ ähnlich sind. So betrug der Rohfasergehalt bei 2-, 3- und 4-Schnitt-Nutzung im ersten Aufwuchs 36, 33 und 27 %, während die Folgeaufwüchse 26, 26 und 24 % Rohfaser aufwiesen (analog auch die Gerüstsubstanzen). Die deutlichsten Unterschiede in den Proteinfractionen traten wiederum in der Fraktion C auf, deren Anteil bei physiologisch jüngerem Futter signifikant niedriger war. Hochsignifikant waren auch die Unterschiede zwischen den einzelnen

Aufwüchsen im Anteil an Faser- und Nichtfaserkohlenhydraten. Beim 1. Aufwuchs der 2-Schnittnutzung machen die Faser-Kohlenhydrate 84 % der Kohlenhydrate aus, bei den Folgeaufwüchsen der 4-Schnittnutzung dagegen nur 63 %. Die Ergebnisse der Einzelaufwüchse aufgeteilt auf die 3 Konservierungsformen finden sich in den Anhangstabellen 1A – 3A.

4.2.3 Einfluss der Düngung

Der Einfluss der Düngung auf die Futterqualität war im vorliegenden Untersuchungsmaterial relativ gering. Es kam zu einer leichten Erhöhung des Proteingehaltes (13,2 vs. 14,4 %), was durch die höhere N-Versorgung der Pflanzen zu erklären ist. Auch der Lignin-Gehalt wurde erhöht. Es ist bekannt, dass die N-Düngung das Wachstum der Pflanzen beschleunigt. Dadurch wurde der Anteil der unverfügbaren Faserkohlenhydrate signifikant erhöht. Auf alle anderen Fraktionen der Kohlenhydrate und des Proteins wirkte sich das Düngungsniveau nicht aus.

Abbildung 9: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter in Abhängigkeit von der Nutzungshäufigkeit

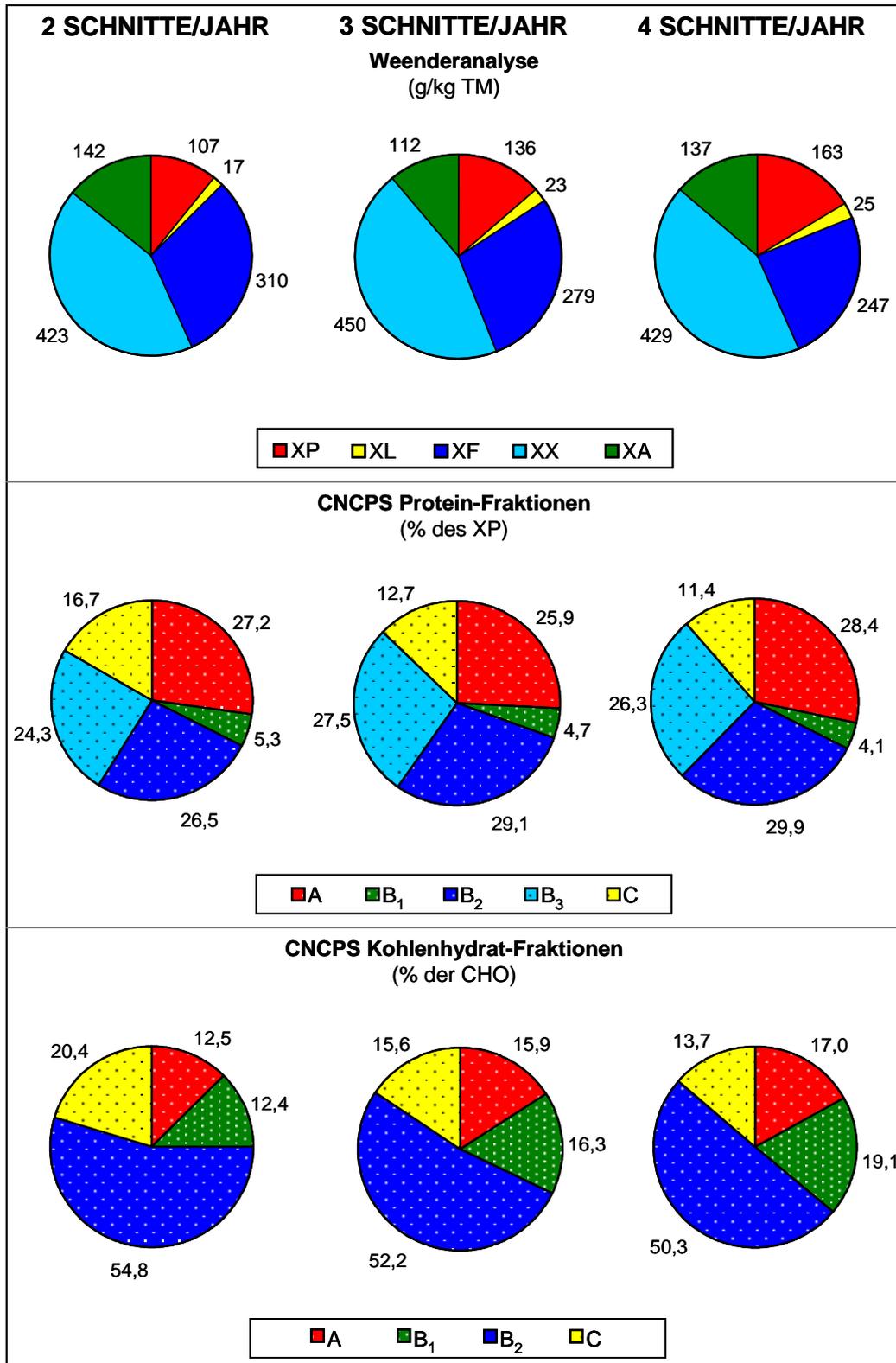


Tabelle 9: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter in Abhängigkeit von den Versuchshauptfaktoren (Konservierung, Nutzungshäufigkeit, Düngung)

Parameter	Einheit	Konservierung			Nutzung			Düngung			RSD	P-Wert	P-Wert	P-Wert	R ²
		Grünf.	Silage	Heu	2 x	3 x	4 x	N	M	H		Kons.	Nutz.	Düng.	
Anzahl Proben		27	26	23	18	27	31	26	26	24					
WEENDER ANALYSE															
TM	g/kg FM	237	285	825	474	457	416	452	454	441	30	0,000	0,000	0,258	0,990
XP	g/kg TM	132	146	128	107	136	163	132	132	142	18	0,003	0,000	0,058	0,682
XL	g/kg TM	19	24	21	17	23	25	20	23	21	4	0,001	0,000	0,125	0,553
XF	g/kg TM	287	278	271	310	279	247	282	281	273	48	0,521	0,000	0,787	0,262
XX	g/kg TM	449	396	458	423	450	429	428	450	423	38	0,000	0,044	0,034	0,479
XA	g/kg TM	113	157	122	142	112	137	138	114	140	40	0,001	0,021	0,039	0,349
GERÜSTSUBSTANZEN															
NDF	g/kg TM	560	544	535	596	549	493	543	557	539	89	0,633	0,001	0,764	0,244
ADF	g/kg TM	341	352	323	370	343	303	338	342	338	51	0,170	0,000	0,954	0,293
ADL	g/kg TM	46	57	44	62	47	38	47	48	52	9	0,000	0,000	0,248	0,622
CNCPS PROTEIN-FRAKTIONEN															
A	% des XP	20,4	39,0	22,1	27,2	25,9	28,4	27,1	27,1	27,2	4,9	0,000	0,193	0,999	0,820
B ₁	% des XP	7,3	2,8	4,0	5,3	4,7	4,1	4,8	4,9	4,5	1,5	0,000	0,017	0,560	0,718
B ₂	% des XP	22,3	24,3	38,8	26,5	29,1	29,9	28,4	28,6	28,4	6,7	0,000	0,234	0,993	0,649
B ₃	% des XP	33,7	18,8	25,8	24,3	27,5	26,3	25,7	25,6	26,8	6,1	0,000	0,233	0,752	0,569
C	% des XP	16,3	15,1	9,3	16,7	12,7	11,4	13,9	13,8	13,1	3,5	0,000	0,000	0,651	0,586
CNCPS KOHLENHYDRAT-FRAKTIONEN															
CHO	g/kg TM	736	674	729	734	729	676	710	732	697	44	0,000	0,000	0,020	0,520
FC	% der CHO	66,9	73,1	66,9	75,1	67,8	64,0	68,8	68,8	69,3	9,9	0,049	0,002	0,977	0,301
NFC	% der CHO	33,1	26,9	33,1	24,9	32,2	36,0	31,2	31,2	30,7	9,9	0,049	0,002	0,977	0,301
A	% der CHO	18,4	9,1	17,9	12,5	15,9	17,0	15,2	15,3	14,8	3,8	0,000	0,001	0,896	0,671
B ₁	% der CHO	14,7	17,8	15,2	12,4	16,3	19,1	16,0	15,9	15,9	6,6	0,216	0,005	0,997	0,244
B ₂	% der CHO	51,9	52,9	52,4	54,8	52,2	50,3	52,7	53,0	51,5	9,6	0,930	0,300	0,847	0,127
C	% der CHO	15,0	20,2	14,5	20,4	15,6	13,7	16,1	15,8	17,8	3,1	0,000	0,000	0,053	0,640

Tabelle 10: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter in Abhängigkeit von den Aufwüchsen (Durchschnitt aller Konservierungen)

Parameter	Einheit	2-Schnitt-Nutzung		3-Schnitt-Nutzung		4-Schnitt-Nutzung		RSD	P-Wert	R ²
		1. Aufwuchs	Folgeaufw.	1. Aufwuchs	Folgeaufw.	1. Aufwuchs	Folgeaufw.			
Anzahl Proben		9	9	9	18	8	23			
WEENDER ANALYSE										
TM	g/kg FM	482	465	473	449	414	414	24	0,000	0,994
XP	g/kg TM	108	106	126	140	162	163	18	0,000	0,731
XL	g/kg TM	16	17	21	24	26	25	4	0,000	0,622
XF	g/kg TM	361	260	325	256	265	242	36	0,000	0,651
XX	g/kg TM	415	431	430	460	436	427	39	0,077	0,541
XA	g/kg TM	99	185	98	119	111	144	31	0,000	0,650
GERÜSTSUBSTANZEN										
NDF	g/kg TM	691	502	640	504	537	478	64	0,000	0,670
ADF	g/kg TM	419	321	388	321	314	300	42	0,000	0,590
ADL	g/kg TM	67	56	48	47	34	40	9	0,000	0,710
CNCPS PROTEIN-FRAKTIONEN										
A	% des XP	27,6	26,8	26,6	25,6	33,5	27,0	4,5	0,008	0,873
B ₁	% des XP	6,1	4,6	5,0	4,6	4,8	3,7	1,1	0,000	0,853
B ₂	% des XP	24,3	28,6	27,2	30,0	24,8	31,6	5,7	0,016	0,778
B ₃	% des XP	24,8	23,8	28,6	27,0	28,4	25,2	6,2	0,426	0,624
C	% des XP	17,2	16,1	12,5	12,8	8,5	12,5	3,1	0,000	0,718
CNCPS KOHLENHYDRAT-FRAKTIONEN										
CHO	g/kg TM	776	691	755	716	701	669	36	0,000	0,713
FC	% der CHO	83,6	66,7	78,2	62,6	68,0	62,5	7,9	0,000	0,616
NFC	% der CHO	16,4	33,3	21,8	37,4	32,0	37,5	7,9	0,000	0,616
A	% der CHO	9,3	15,7	11,9	17,9	16,0	17,5	3,0	0,000	0,828
B ₁	% der CHO	7,1	17,6	10,0	19,5	16,0	20,0	5,4	0,000	0,564
B ₂	% der CHO	62,6	47,0	62,9	46,8	56,3	48,1	7,4	0,000	0,558
C	% der CHO	21,0	19,7	15,3	15,8	11,7	14,4	3,0	0,000	0,701

Abbildung 10: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter in Abhängigkeit von den Aufwüchsen

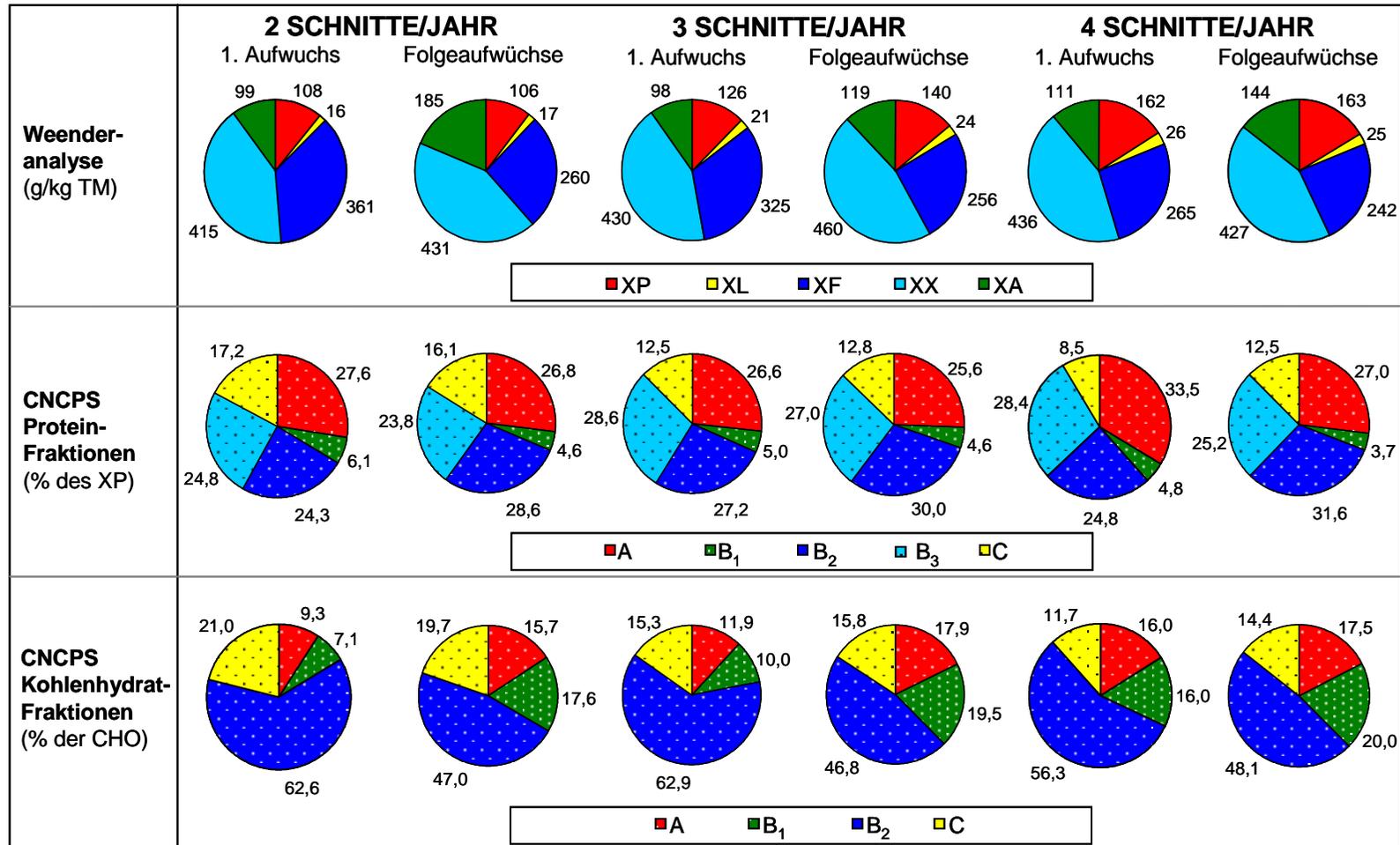


Abbildung 11: Proteinfraktionen von Wiesenfutter in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt

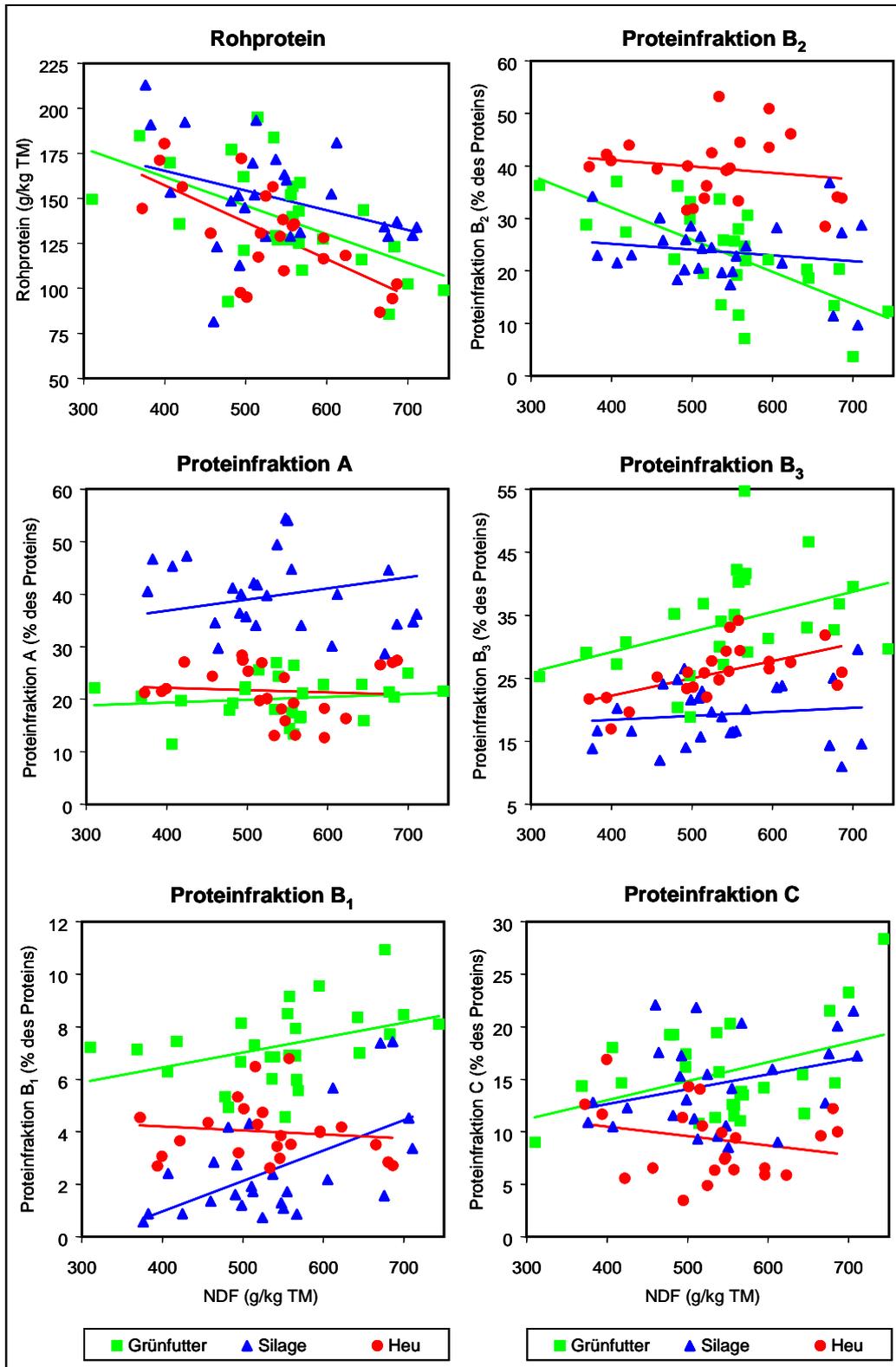


Abbildung 12: Kohlenhydratfraktionen von Wiesenfutter in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt

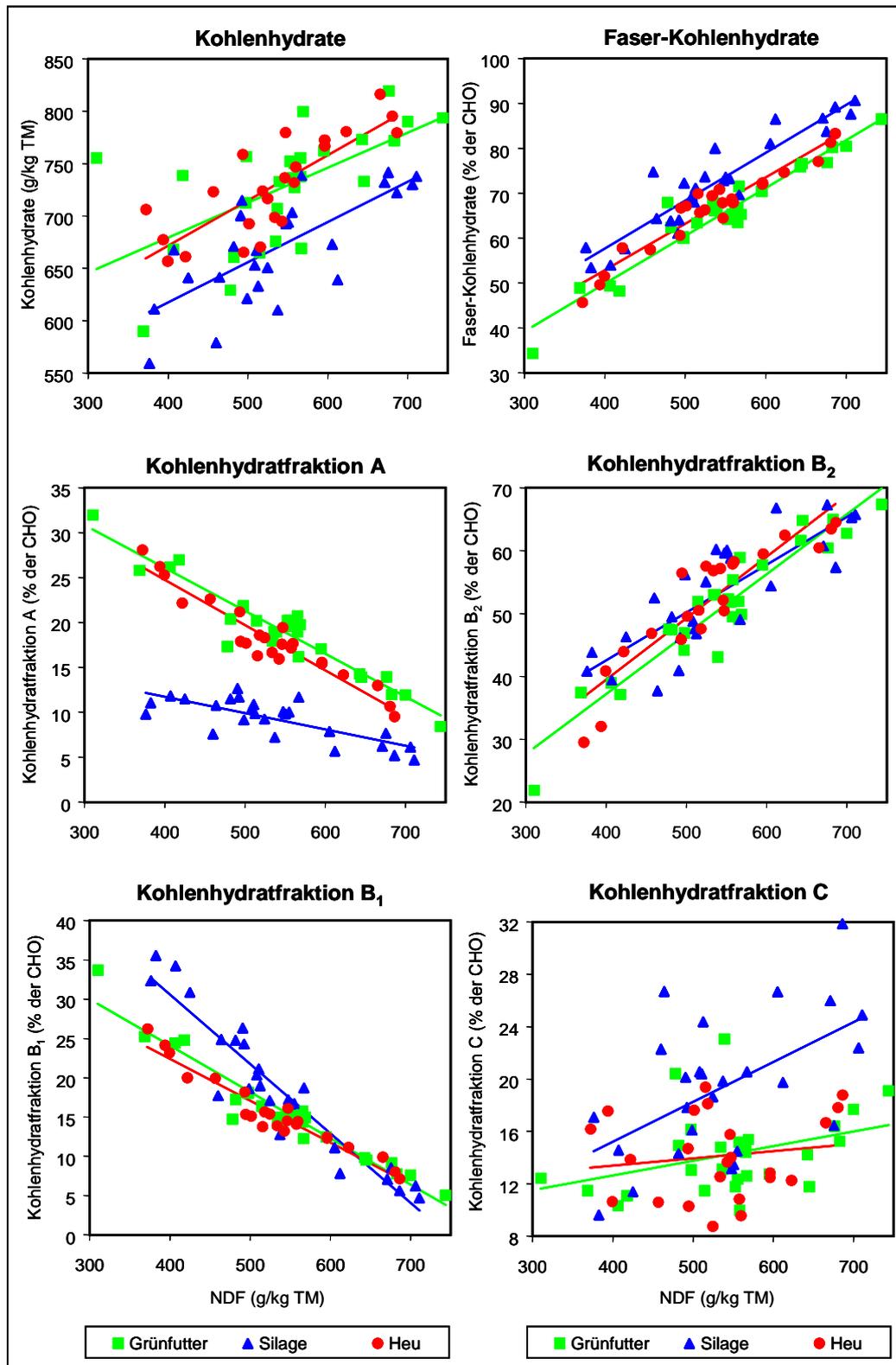
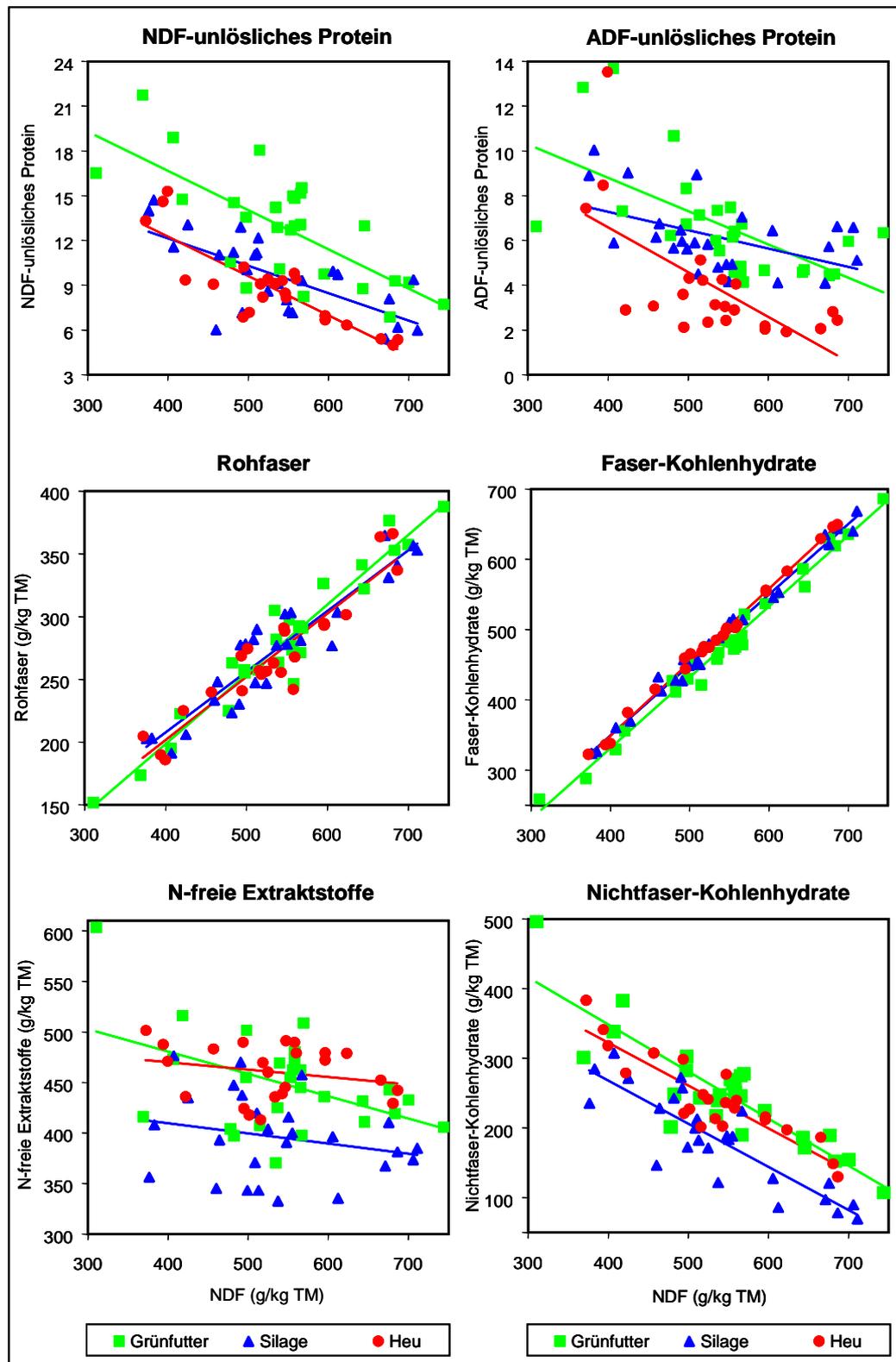


Abbildung 13: NDF- und ADF-unlöslicher N sowie Kohlenhydrate nach Weender und CNCPS Analyse in Wiesenfutter



4.3 Inhaltsstoffe von Silomais

4.3.1 Einfluss der Konservierung

Die Konservierung hatte auf den Gehalt an Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen von Silomais keinen großen Einfluss (Tabelle 11). Die Gehalte an TM, XP und XF lagen bei 29 – 30 %, 8 % und 22 – 23 %, was durchschnittlichen 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 (Tabelle 8 und 11).

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.

4.3.2 Einfluss des Erntestadiums

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 und 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 und MOULD 2000). Der große Einfluss des Erntestadiums auf den Antagonismus von Kolbenanteil und den Futterwert der Restpflanze von Silomais wurde u.a. auch von DACCORD et al. (1995) und HERTER et al. (1996) festgestellt.

Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich, dass sich das Erntestadium von Silomais hauptsächlich auf die Zusammensetzung der Kohlenhydrat-Fractionen auswirkt, während die Protein-Fractionen 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 Silomaises 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.

4.3.2 Einfluss der Sorte

Die in Tabelle 11 ersichtlichen Sortenunterschiede betreffen vor allem die Nährstoffgehalte und die Fractionen der Kohlenhydrate. Die Unterschiede ergeben sich nicht sosehr aus grundsätzlichen Unterschieden zwischen den Sorten per se, sondern aus dem Umstand, dass sich Sorten von sehr unterschiedlicher Reifezahl in einer gegebenen Umwelt (d.h. Standorten) unterschiedlich entwickeln. Die frühreife Sorte Fuxxol wurde dadurch physiologisch älter als Romario und besonders Atalante. Dies ist erkennbar am höheren Gehalt an Rohfaser, NDF und besonders Lignin. Dafür spricht auch, dass die Fractionen der Gerüst-Kohlenhydrate mit der Reifezahl der Maissorten abnahm.

Allerdings gibt es große Bemühungen von Seiten der Maiszüchtung, die Maisrestpflanze unabhängig von der Kolbenentwicklung auf hoher Qualität zu halten (stay green-Sorten).

Tabelle 11: Inhaltsstoffe von Silomais

Parameter	Einheit	Konservierung		Erntestadium				Sorte			RSD	P-Wert	P-Wert	P-Wert	R ²
		Grümm.	Silage	1	2	3	4	Fuxxol	Romario	Atalante		Kons.	Ernte	Sorte	
Anzahl Proben		33	33	12	18	18	18	22	22	22					
WEENDER ANALYSE															
TM	g/kg FM	304	285	255	277	295	351	290	304	290	19	0,001	0,000	0,032	0,957
XP	g/kg TM	79	79	86	76	75	79	82	78	77	6	0,671	0,001	0,013	0,818
XL	g/kg TM	25	28	25	26	27	29	25	29	25	2	0,000	0,000	0,000	0,885
XF	g/kg TM	218	231	238	226	219	215	235	216	222	19	0,016	0,021	0,012	0,781
XX	g/kg TM	628	615	598	626	632	632	608	631	626	20	0,014	0,000	0,002	0,818
XA	g/kg TM	49	48	53	47	47	46	49	46	50	5	0,483	0,003	0,063	0,735
GERÜSTSUBSTANZEN															
NDF	g/kg TM	482	486	519	492	458	466	497	470	484	25	0,512	0,000	0,006	0,864
ADF	g/kg TM	252	270	288	269	245	241	270	253	260	16	0,000	0,000	0,005	0,894
ADL	g/kg TM	28	30	32	30	27	28	31	29	28	3	0,021	0,001	0,007	0,744
CNCPS PROTEIN-FRAKTIONEN															
A	% des XP	22,9	43,8	35,5	34,9	32,9	30,3	34,7	32,7	32,8	5,1	0,000	0,031	0,404	0,900
B ₁	% des XP	4,5	1,2	2,9	2,9	3,0	2,6	2,8	2,8	2,9	0,6	0,000	0,353	0,720	0,929
B ₂	% des XP	36,7	29,5	30,6	30,8	34,0	37,1	31,7	34,3	33,3	6,9	0,000	0,033	0,479	0,701
B ₃	% des XP	22,0	13,1	19,2	18,7	16,7	15,6	17,9	16,4	18,3	5,1	0,000	0,178	0,477	0,754
C	% des XP	13,9	12,4	11,9	12,8	13,4	14,5	13,0	13,7	12,7	2,5	0,023	0,055	0,447	0,681
CNCPS KOHLENHYDRAT-FRAKTIONEN															
CHO	g/kg TM	847	846	836	851	851	847	843	847	848	9	0,797	0,000	0,126	0,831
FC	% der CHO	53,6	55,1	58,9	55,1	51,2	52,3	56,0	52,8	54,4	2,7	0,037	0,000	0,002	0,884
NFC	% der CHO	46,4	44,9	41,1	44,9	48,8	47,7	44,0	47,2	45,6	2,7	0,037	0,000	0,002	0,884
A	% der CHO	21,0	2,6	13,7	12,8	11,4	9,3	14,1	10,7	10,6	5,6	0,000	0,168	0,091	0,874
B ₁	% der CHO	25,4	42,3	27,4	32,2	37,4	38,4	30,0	36,5	35,0	7,4	0,000	0,001	0,018	0,852
B ₂	% der CHO	45,6	46,4	49,6	46,6	43,6	44,3	47,0	44,5	46,4	2,5	0,169	0,000	0,008	0,870
C	% der CHO	8,1	8,6	9,3	8,5	7,6	8,0	8,9	8,2	7,9	0,9	0,022	0,000	0,004	0,760

Abbildung 14: Inhaltsstoffe von Silomais in Abhängigkeit vom Erntestadium

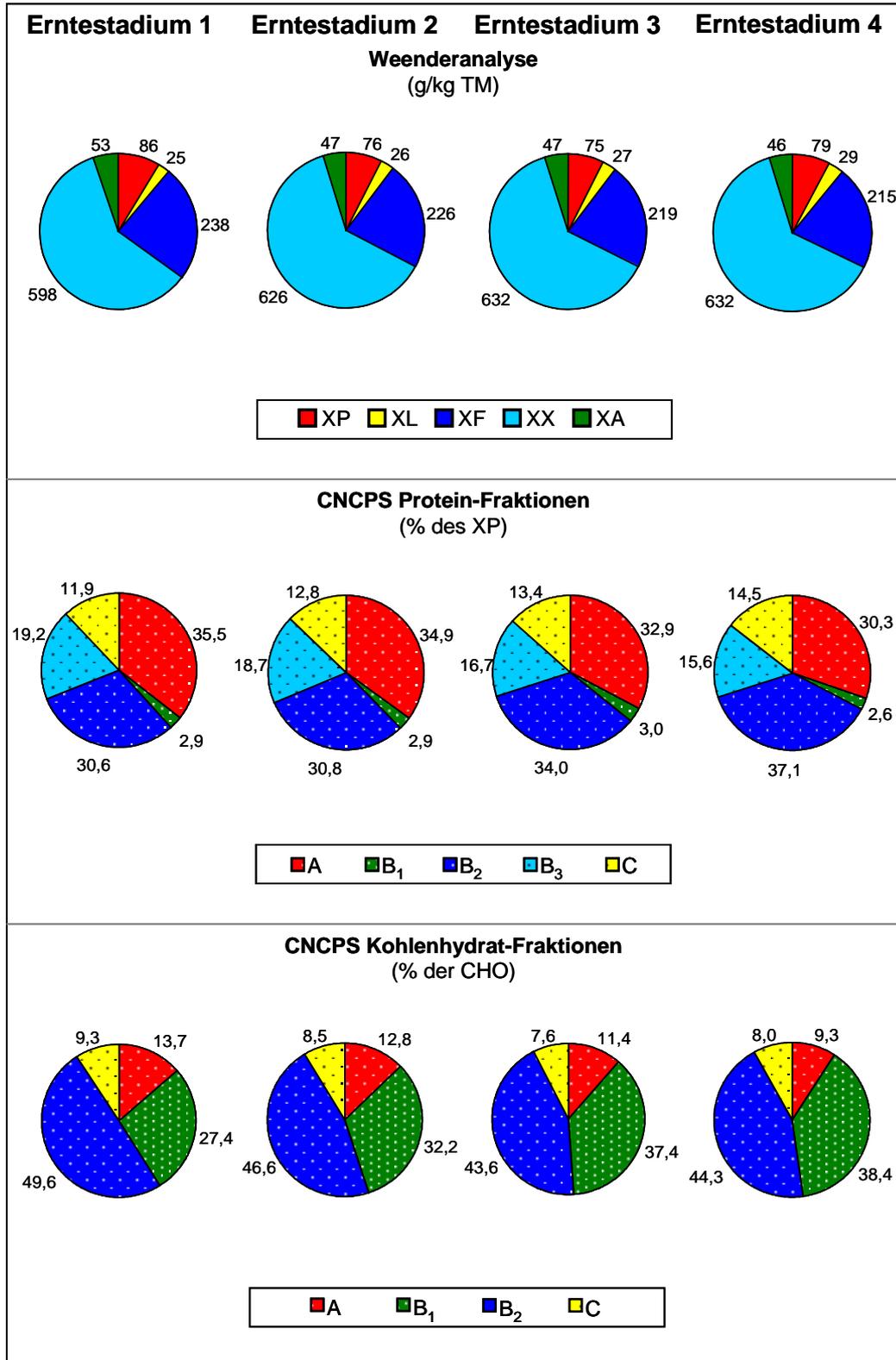


Abbildung 15: Proteinfraktionen von Silomais in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt

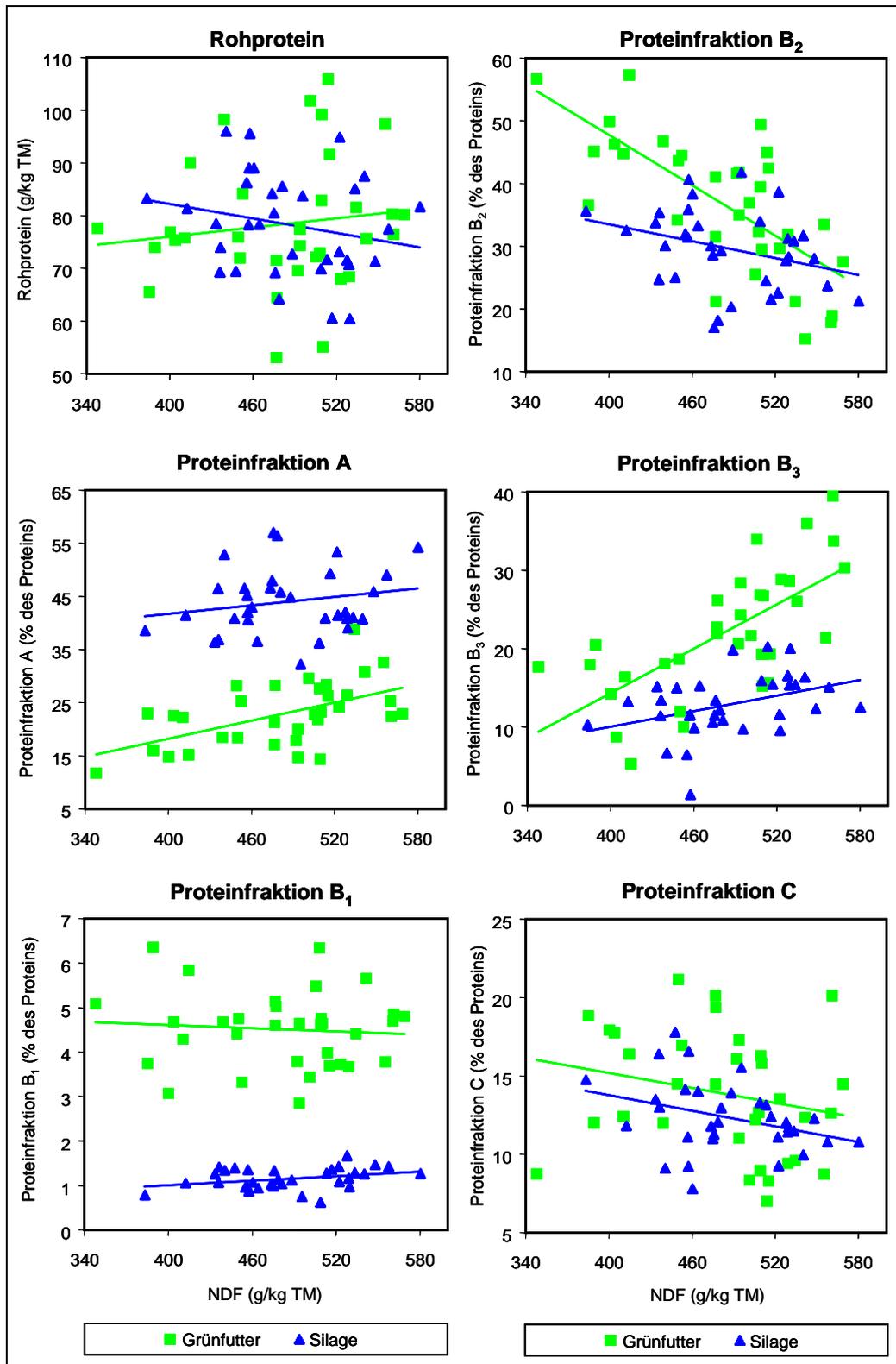


Abbildung 16: Kohlenhydratfraktionen von Silomais in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt

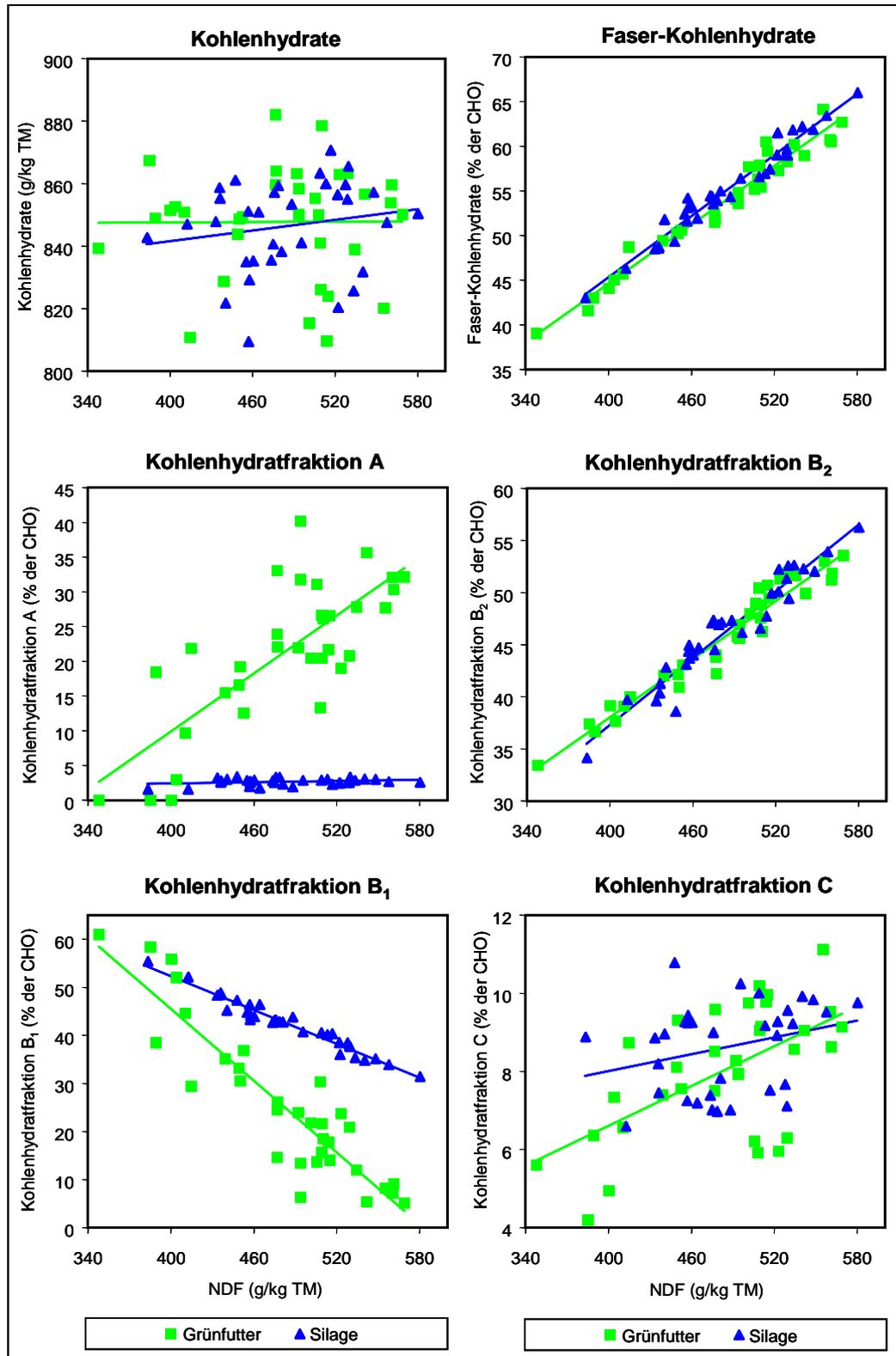
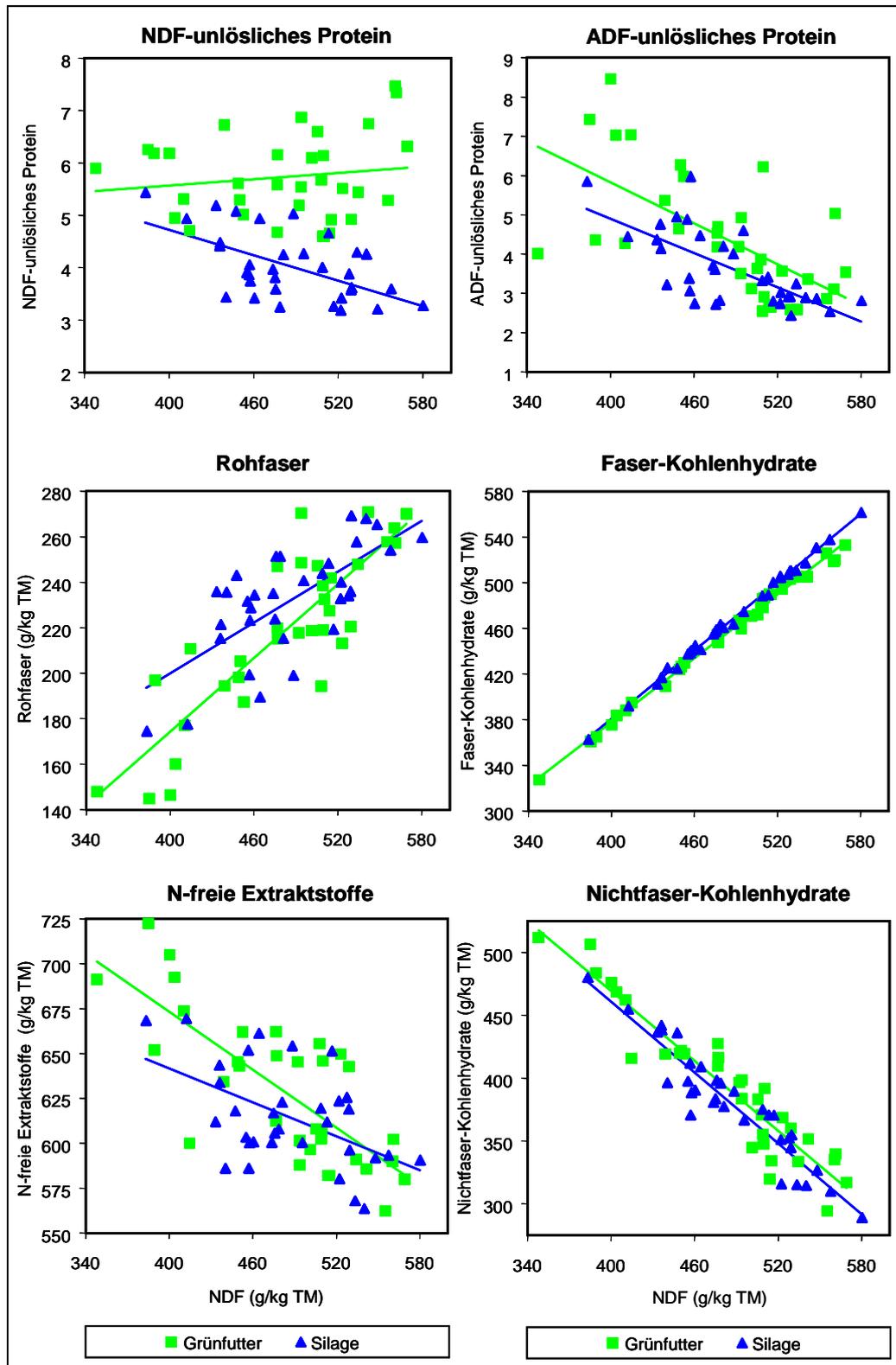


Abbildung 17: NDF- und ADF-unlöslicher N sowie Kohlenhydrate nach Weender und CNCPS Analyse in Silomais



5. Zusammenfassung

In den vorliegenden Untersuchungen wurde der Einfluss der Konservierung auf die Kohlenhydrat- und Proteinfractionen des CNCPS von Wiesenfutter und Silomais untersucht. Es wurden bei Wiesenfutter die Konservierungsarten Grünfutter, Grassilage und Heu auf 3 Standorten, mit 3 Schnitthäufigkeiten (2, 3 und 4 Schnitte) und 3 Düngungsniveaus geprüft. Bei Silomais wurden Grünmais und Maissilage auf 3 Standorten, 4 verschiedenen Erntestadien und 3 Sorten untersucht.

Bei Wiesenfutter wirkte sich die Konservierung mit Ausnahme der Rohfaser auf alle Weender Nährstoffe signifikant aus. Auf die Anteile einiger Protein- und Kohlenhydratfraktionen hat die Konservierung einen signifikanten Einfluss. Durch die Silierung verdoppelte sich die Proteinfraction A (sofort löslicher N = NPN) von 20 auf 39%, dies ging hauptsächlich auf die Kosten der Fraktion B₃ (von 34 auf 19%). Auch durch die Heubereitung traten hochsignifikante Veränderungen der Proteinfractionen auf. Die Fraktion B₂ verdoppelte sich nahezu (von 22 auf 39%). B₃ und C verringerten sich. Bei den Kohlenhydraten kommt es durch die Silierung zu einer Fermentation des Zuckers und dadurch zum Rückgang der Fraktion A bei den Silagen. Auf die Verteilung der Proteinfractionen hat die Nutzungshäufigkeit keinen großen Einfluss. Dagegen werden die Kohlenhydratfraktionen sehr stark beeinflusst. Der Anteil der schnell verfügbaren Nichtfaser-Kohlenhydrate (A und B₁) nahm durch steigende Nutzungsfrequenz zu. Die Faser-Kohlenhydrate (B₂ und C) gingen zurück. Die Düngung hatte in diesen Untersuchungen relativ geringen Einfluss.

Bei Silomais wurden die Rohnährstoffe durch die Konservierung nicht wesentlich beeinflusst. Wie bei Wiesenfutter wirkte sich die Silierung auch auf die Protein- und Kohlenhydratfraktionen von Silomais aus. Die Proteinfraction A stieg von 23 auf 44%. Vom Proteinabbau waren hauptsächlich die Fraktionen B₂ und B₃ betroffen. Die Gehalte der Nichtfaser-Kohlenhydrate wurden durch den Gärvorgang bei der Silierung verschoben. So ging die Fraktion A (=Zucker) von 21 auf 3% zurück und B₁ (=Stärke) stieg von 25 auf 42% der Kohlenhydrate. Der Zeitpunkt der Ernte wirkt sich hochsignifikant auf den Gehalt der Nährstoffe und Gerüstsubstanzen aus. Mit fortschreitendem Reifegrad sinken der Rohfasergehalt und die Gerüstsubstanzen. Gleichzeitig steigen die Nichtfaser-Kohlenhydrate von 41 auf 48% (von CHO) und die N-freien Extraktstoffe von 60 auf 63% (von TM). Diese Zusammenhänge ergeben einen wesentlichen Einfluss des Erntestadiums auf die Kohlenhydratfraktionen, die Proteinfractionen sind davon weniger betroffen.

6. Summary

The aim of this project was to investigate the effects of conservation on the fractional carbohydrate and protein contents of whole plant corn and forages from grassland according to the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. Feed samples were analysed from fresh, ensiled and dried forages which originated from 3 different meadow locations. Each meadow was divided into 3 plots differing in level of fertilisation. Each meadow plot was subdivided into 3 plots for harvest at different stages of growth. Three corn varieties were harvested from 3 locations. Each corn variety was harvested at 4 different stages of growth. With the exception of crude fiber content conservation of forages from grassland had a significant effect on the nutrient content according to the Weende system of proximate analysis. Ensiling caused protein fraction A (nonprotein nitrogen) to be doubled (20 vs. 39% of DM) whereas protein fraction B₃ (slowly degraded available protein; 34 vs. 19% of DM) was reduced. Protein fraction B₂ (protein intermediate in degradation rate) was significantly increased in hay (22 vs. 39% of DM) while protein fractions B₃ (slowly degraded available protein) and C (unavailable protein) were reduced as a result of dehydration. During the process of silage preparation sugars are fermented and therefore the fraction A (sugars) decreases. The frequency of harvests had no effect on the distribution of the protein fractions, but the carbohydrate fractions were severely affected. The percentage of non-structural carbohydrates (NSC; A = sugars and B₁ = starch + pectins) was elevated with increasing frequency of harvests, while the content of structural carbohydrates (SC; B₂ = slowly degraded available carbohydrates and C = unavailable carbohydrates) decreased. In this study, the level of fertilization had no significant influence on these traits.

The results of proximate analysis for corn were hardly influenced by the conservation method. The effects of the preparation of silage on the protein and carbohydrate fractions of corn were similar to those observed in the grassland forages. Fraction A increased from 23 to 44%. The proteolytic degradation mainly affected fractions B₂ and B₃. The NSC content was affected by the fermentation process. Carbohydrate fraction A decreased from 21 to 3% and B₁ increased from 25 to 42%. The time of harvest had a highly significant effect on the nutrient content and the percentage of SC. As the plants reach maturity, the contents of crude fiber and SC decreased, while the percentages of NSC increased from 41 to 48% and the content of nitrogen-free extracts was elevated from 60 to 63% (on a dry matter-basis). This indicates that stage of harvest has a clearly significant effect on carbohydrate fractions, while the protein fractions are less affected.

7. 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
- BUCHGRABER, K., A. DEUTSCH und G. GINDL, 1994: Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung. Leopold Stocker Verlag, Graz, 128-192
- FOX, D.G., C.J. SNIFFEN, J.D. O'CONNOR, J.B. RUSSEL und P.J. VAN SOEST, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. J. Anim. Sci. 70, 3578-3596
- 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.
- DACCORD, R., Y. ARRIGO und R. VOGEL, 1995: Nährwert von Maissilage. Agrarforschung 2, 397-400.
- 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
- GRÜNER BERICHT 2001, Herausgeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, gemäß § 9 des Landwirtschaftsgesetzes BGBl. Nr. 375/1992, Wien, 65-69
- 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 Silomaisorten in Österreich. Bericht BAL Gumpenstein, 25. Viehwirtschaftliche Fachtagung 19.-20. Mai 1998, 73-78
- HERTER, U., A. ARNOLD, F. SCHUBIGER und M. MENZI, 1996: Sorte, Ort, Jahr und Reife bestimmen die Silomaisqualität. Agrarforschung 3, 539-542
- JEROCH, H., G. FLACHOWSKY und F. WEISSBACH, 1993: Futtermittelkunde. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, 74-128
- JEROCH, H., W. DROCHNER und O. SIMON, 1999: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere: Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 15-36, 174-190, 271-283
- KIRCHGESSNER, M., 1997: Tierernährung: Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis (10. Auflage). DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 21-25
- 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
- LENGERKEN, J. v. und K. ZIMMERMANN, 1991: Handbuch Futtermittelprüfung (1. Auflage). Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin GmbH, Berlin, 158-266
- 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
- LOWRY, O.H., N.J. ROSEBROUGKH, A.L. FARR und R.J. RANDALL, 1951: Protein measurement with the Folin Phenol Reagent. J. Biol. Chem. 13, 265-275
- McDONALD, P., A.R. HENDERSON und S.J.E. HERON, 1991: The Biochemistry of Silage. Chalcombe Publications, 2nd Edition, 340 S.

- MENKE, K.H. und W. HUSS, 1987: Tierernährung und Futtermittelkunde (3. Auflage). Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 75-77
- NRC, 2001: Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th Edition). National Academy Press, Washington, D.C.
- 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 und C.J. SNIFFEN, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 70, 3551-3561
- 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, 3562-3575
- STATGRAPHICS® Plus for Windows® (1996): Manugistics® Working as one. User Manual and Advanced Regression.
- 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
- WILHELM, H., 1991: Futterkonservierung: Silagebereitung, Heuwerbung, Getreide-Maistrocknung. Leopold Stocker Verlag, Graz, 7-36

8. Anhang

Tabelle 1A: Regressionsgleichungen Wiesenfutter

XP g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$225,4-0,1591x$
Grassilage	$209,09-0,1096x$
Heu	$239,26-0,2049x$
A %XP	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$17,126+0,0055x$
Grassilage	$51,286-0,021x$
Heu	$23,902-0,0044x$
B1 %XP	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$4,1661+0,0057x$
Grassilage	$-3,6706+0,0116x$
Heu	$4,7991-0,0015x$
B2 %XP	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$56,54-0,0612x$
Grassilage	$29,565-0,011x$
Heu	$46,052-0,0123x$
B3 %XP	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$16,388+0,0319x$
Grassilage	$15,874+0,0063x$
Heu	$11,149+0,0276x$
C %XP	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$5,7798+0,0181x$
Grassilage	$6,946+0,0142x$
Heu	$14,099-0,0094x$
CHO g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$545,54+0,3342x$
Grassilage	$464,14+0,3835x$
Heu	$498,43+0,4325x$
A % CHO	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$45,171-0,0477x$
Grassilage	$19,019-0,0182x$
Heu	$44,938-0,0504x$

Fortsetzung Tabelle 1A

B1 %CHO	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$47,689-0,059x$
Grassilage	$65,921-0,0884x$
Heu	$43,689-0,0532x$
B2 %CHO	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$-1,0094+0,0954x$
Grassilage	$12,054+0,0762x$
Heu	$0,1792+0,0981x$
C %CHO	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$8,1496+0,0112x$
Grassilage	$3,005+0,0305x$
Heu	$11,194+0,0055x$
FC %CHO	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$7,1402+0,1067x$
Grassilage	$15,059+0,1066x$
Heu	$11,373+0,1036x$
NDFN g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$11,693-0,0016x$
Grassilage	$8,2117-0,0004x$
Heu	$11,213-0,0076x$
ADFN g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$1E-12+0,16x$
Grassilage	$6E-13+0,16x$
Heu	$-1E-12+0,16x$
XF g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$-23,384+0,5549x$
Grassilage	$14,239+0,4838x$
Heu	$-0,4262+0,5049x$
XX g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$568,92-0,2207x$
Grassilage	$449,9-0,1004x$
Heu	$498,85-0,0723x$
FC g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$-73,083+1,0099x$
Grassilage	$-51,323+1,0024x$
Heu	$-70,084+1,0473x$

Fortsetzung Tabelle1A

NFC g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünfutter	$618,62-0,6756x$
Grassilage	$515,46-0,6189x$
Heu	$568,51-0,6148x$

Tabelle 2A: Regressionsgleichungen Silomais

XP g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$64,455+0,0289x$
Maissilage	$100,51-0,0457x$
A %XP	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$-4,5422+0,0568x$
Maissilage	$31,044+0,0266x$
B1 %XP	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$5,0877-0,0012x$
Maissilage	$0,3267+0,0017x$
B2 %XP	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$101,32-0,1339x$
Maissilage	$51,459-0,0449x$
B3 %XP	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$-23,409+0,0943x$
Maissilage	$-3,242+0,0332x$
C %XP	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$21,543-0,0159x$
Maissilage	$20,412-0,0166x$
CHO g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$846,41+0,0027x$
Maissilage	$818,77+0,057x$
A % CHO	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$-45,789+0,1392x$
Maissilage	$1,2345+0,0029x$
B1 % CHO	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$145,12-0,249x$
Maissilage	$99,098-0,117x$

Fortsetzung Tabelle 2A

B2 % CHO	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$0,8606+0,0929x$
Maissilage	$-5,463+0,1069x$
C % CHO	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$-0,1909+0,017x$
Maissilage	$5,1306+0,0072x$
FC % CHO	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$0,6698+0,1099x$
Maissilage	$-0,3324+0,1141x$
NDFN g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$-0,9139+0,0111x$
Maissilage	$2,9168+0,0004x$
ADFN g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$2,4254-0,0015x$
Maissilage	$2,9618-0,0029x$
XF g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$-42,401+0,5415x$
Maissilage	$51,242+0,3718x$
XX g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$888,81-0,5388x$
Maissilage	$767,53-0,3148x$
FC g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$5,712-0,9309x$
Maissilage	$-18,23+0,9974$
NFC g/kg TM	
Konservierung	Gleichung
Grünmais	$840,7-0,9282x$
Maissilage	$837-0,9405x$

Tabelle 3A: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter in Abhängigkeit von den Aufwüchsen (Grünfutter)

Parameter	Einheit	2-Schnitt-Nutzung		3-Schnitt-Nutzung		4-Schnitt-Nutzung		RSD	P-Wert	R ²
		1. Aufwuchs	Folgaufw.	1. Aufwuchs	Folgaufw.	1. Aufwuchs	Folgaufw.			
Anzahl Proben		3	3	3	6	3	9			
WEENDER ANALYSE										
TM	g/kg FM	315	251	217	245	185	195	24	0,000	0,994
XP	g/kg TM	96	110	125	137	168	158	18	0,707	0,731
XL	g/kg TM	15	16	17	23	22	21	4	0,763	0,622
XF	g/kg TM	374	260	343	265	259	251	36	0,898	0,651
XX	g/kg TM	427	461	425	478	450	439	39	0,946	0,541
XA	g/kg TM	88	154	90	98	100	130	31	0,862	0,650
GERÜSTSUBSTANZEN										
NDF	g/kg TM	707	529	650	512	543	489	64	0,999	0,670
ADF	g/kg TM	419	335	399	324	304	297	42	0,976	0,590
ADL	g/kg TM	59	58	47	43	33	36	9	0,623	0,710
CNCPS PROTEIN-FRAKTIONEN										
A	% des XP	22,6	21,2	22,3	18,3	23,2	18,4	4,5	0,000	0,873
B ₁	% des XP	9,2	5,9	8,4	7,4	8,3	6,2	1,1	0,000	0,853
B ₂	% des XP	9,8	26,2	20,7	25,2	16,8	28,0	5,7	0,000	0,778
B ₃	% des XP	34,0	30,5	34,1	34,9	39,8	32,1	6,2	0,674	0,624
C	% des XP	24,4	16,1	14,5	14,2	12,0	15,3	3,1	0,010	0,718
CNCPS KOHLENHYDRAT-FRAKTIONEN										
CHO	g/kg TM	801	721	768	742	709	690	36	0,985	0,713
FC	% der CHO	81,3	66,5	77,0	59,8	64,3	60,1	7,9	0,998	0,616
NFC	% der CHO	18,7	33,5	23,0	40,2	35,7	39,9	7,9	0,998	0,616
A	% der CHO	11,4	18,7	13,8	22,0	20,0	21,3	3,0	0,502	0,828
B ₁	% der CHO	7,3	14,9	9,2	18,2	15,7	18,6	5,4	0,941	0,564
B ₂	% der CHO	63,5	46,8	62,4	46,0	53,0	47,5	7,4	0,990	0,558
C	% der CHO	17,7	19,6	14,6	13,8	11,3	12,6	3,0	0,654	0,701

Tabelle 4A: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter in Abhängigkeit von den Aufwüchsen (Silage)

Parameter	Einheit	2-Schnitt-Nutzung		3-Schnitt-Nutzung		4-Schnitt-Nutzung		RSD	P-Wert	R ²
		1. Aufwuchs	Folgeaufw.	1. Aufwuchs	Folgeaufw.	1. Aufwuchs	Folgeaufw.			
Anzahl Proben		3	3	3	6	2	9			
WEENDER ANALYSE										
TM	g/kg FM	304	327	349	278	222	240	24	0,000	0,994
XP	g/kg TM	135	106	131	150	166	174	18	0,707	0,731
XL	g/kg TM	18	18	23	27	32	27	4	0,763	0,622
XF	g/kg TM	353	253	333	249	290	249	36	0,898	0,651
XX	g/kg TM	378	392	391	430	401	381	39	0,946	0,541
XA	g/kg TM	117	231	121	144	111	169	31	0,862	0,650
GERÜSTSUBSTANZEN										
NDF	g/kg TM	690	472	656	508	541	484	64	0,999	0,670
ADF	g/kg TM	428	313	400	335	341	327	42	0,976	0,590
ADL	g/kg TM	84	59	55	54	40	46	9	0,623	0,710
CNCPS PROTEIN-FRAKTIONEN										
A	% des XP	33,0	34,8	41,6	37,7	55,1	41,9	4,5	0,000	0,873
B ₁	% des XP	6,1	2,3	2,5	2,7	1,0	1,7	1,1	0,000	0,853
B ₂	% des XP	30,9	27,3	14,4	23,4	19,0	24,3	5,7	0,000	0,778
B ₃	% des XP	13,3	16,7	24,2	20,8	16,2	20,0	6,2	0,674	0,624
C	% des XP	16,7	19,0	17,4	15,4	8,7	12,0	3,1	0,010	0,718
CNCPS KOHLENHYDRAT-FRAKTIONEN										
CHO	g/kg TM	731	645	724	679	690	629	36	0,985	0,713
FC	% der CHO	88,9	67,7	83,0	66,9	72,4	68,2	7,9	0,998	0,616
NFC	% der CHO	11,1	32,3	17,0	33,1	27,6	31,8	7,9	0,998	0,616
A	% der CHO	5,4	10,0	7,3	11,0	10,1	9,6	3,0	0,502	0,828
B ₁	% der CHO	5,8	22,3	9,6	22,1	17,5	22,3	5,4	0,941	0,564
B ₂	% der CHO	61,3	45,4	64,7	47,6	58,7	50,8	7,4	0,990	0,558
C	% der CHO	27,6	22,3	18,3	19,3	13,8	17,4	3,0	0,654	0,701

Tabelle 5A: Inhaltsstoffe von Wiesenfutter in Abhängigkeit von den Aufwüchsen (Heu)

Parameter	Einheit	2-Schnitt-Nutzung		3-Schnitt-Nutzung		4-Schnitt-Nutzung		RSD	P-Wert	R ²
		1. Aufwuchs	Folgeaufw.	1. Aufwuchs	Folgeaufw.	1. Aufwuchs	Folgeaufw.			
Anzahl Proben		3	3	3	6	3	5			
WEENDER ANALYSE										
TM	g/kg FM	827	818	855	825	837	807	24	0,000	0,994
XP	g/kg TM	94	103	123	134	153	156	18	0,707	0,731
XL	g/kg TM	15	18	21	23	22	25	4	0,763	0,622
XF	g/kg TM	356	267	300	255	247	225	36	0,898	0,651
XX	g/kg TM	441	440	473	473	458	461	39	0,946	0,541
XA	g/kg TM	93	171	83	115	120	132	31	0,862	0,650
GERÜSTSUBSTANZEN										
NDF	g/kg TM	678	504	615	491	526	460	64	0,999	0,670
ADF	g/kg TM	411	315	366	304	297	276	42	0,976	0,590
ADL	g/kg TM	59	50	42	43	29	38	9	0,623	0,710
CNCPS PROTEIN-FRAKTIONEN										
A	% des XP	27,0	24,5	16,0	20,8	22,3	20,7	4,5	0,000	0,873
B ₁	% des XP	3,0	5,6	4,0	3,8	4,9	3,2	1,1	0,000	0,853
B ₂	% des XP	32,1	32,4	46,6	41,4	38,6	42,3	5,7	0,000	0,778
B ₃	% des XP	27,2	24,3	27,6	25,3	29,3	23,4	6,2	0,674	0,624
C	% des XP	10,6	13,2	5,8	8,7	4,9	10,4	3,1	0,010	0,718
CNCPS KOHLENHYDRAT-FRAKTIONEN										
CHO	g/kg TM	797	707	773	728	705	686	36	0,985	0,713
FC	% der CHO	80,6	65,9	74,5	61,0	67,3	59,2	7,9	0,998	0,616
NFC	% der CHO	19,4	34,1	25,5	39,0	32,7	40,8	7,9	0,998	0,616
A	% der CHO	11,1	18,4	14,4	20,8	17,8	21,5	3,0	0,502	0,828
B ₁	% der CHO	8,4	15,7	11,1	18,2	14,9	19,2	5,4	0,941	0,564
B ₂	% der CHO	62,8	48,7	61,4	46,8	57,3	46,0	7,4	0,990	0,558
C	% der CHO	17,7	17,2	13,0	14,3	10,0	13,2	3,0	0,654	0,701