

Die ruminale Abbaubarkeit von Wiesenfutter nach der Nylon-Bag- Methode



Diplomarbeit
eingereicht von
WIELSCHER FRANZ-JOSEF

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

Betreuung: Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. L. GRUBER
Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. W. F. KNAUS

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

**DEPARTMENT FÜR NACHHALTIGE AGRARSYSTEME
INSTITUT FÜR NUTZTIERWISSENSCHAFTEN**



**HÖHERE BUNDESLEHR UND FORSCHUNGSANSTALT FÜR
LANDWIRTSCHAFT, IRDNING**

INSTITUT FÜR NUTZTIERWISSENSCHAFTEN



Wien, im Juni 2009

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	9
1.1	Bedeutung des Grünlands in Österreich	9
1.2	Frage und Problemstellung.....	10
1.3	Arbeitshypothese	10
2	LITERATURÜBERSICHT	10
2.1	Wiederkäuer	10
2.2	Anatomie des Vormagensystems	11
2.2.1	Pansen.....	12
2.2.2	Netzmagen	12
2.2.3	Blättermagen.....	13
2.2.4	Labmagen.....	13
2.3	Mikroorganismen im Pansen	13
2.3.1	Pansenbakterien	14
2.3.2	Pansenprotozoen	15
2.3.3	Anaerobe Pilze.....	15
2.4	Quantifizierung der Pflanzeninhaltsstoffe	16
2.4.1	Kohlenhydrate.....	16
2.4.2	Rohprotein.....	18
2.5	Nährstoff- und Futtermittelanalytik	19
2.5.1	WEENDER Futtermittelanalyse.....	20
2.5.2	Detergentienanalyse nach Van Soest	22
2.6	Zusammensetzung von Pflanzen.....	23
2.7	Grünfutter	25
2.7.1	Inhaltsstoffe von Grünfutter.....	26
2.7.1.1	Einfluss des Vegetationsstadiums	27
2.7.1.2	Einfluss der Pflanzenspezieszusammensetzung	29
2.7.1.3	Einfluss des Klimas und der Umwelt	30
2.7.1.4	Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Abbaubarkeit	31
2.8	Nylon Bag-Methode.....	32
2.8.1	Variationsquellen der Nylon Bag-Methode.....	32
2.8.1.1	Porengröße der Nylon Bags.....	33
2.8.1.2	Probenvorbehandlung.....	33
2.8.1.3	Inkubation der Bags im Pansen.....	35
2.8.1.4	Bagnachbehandlung.....	36
2.8.1.5	Einfluss der Tiere auf die in situ-Abbaubarkeit.....	37
3	MATERIAL UND METHODEN	39
3.1	Untersuchte Futterproben.....	39
3.1.1	Charakterisierung der Stainacher Wiese.....	40
3.1.2	Charakterisierung der Thalhammer Wiese.....	40
3.2	Versuchsanlage.....	41
3.3	Probenvorbereitung.....	43

3.4	Methoden	44
3.4.1	In situ-Methode	44
3.4.1.1	Nylon Bags	44
3.4.1.2	Einwaage	46
3.4.1.3	Gewichte und Schnur	48
3.4.1.4	Pansen-fistulierte Tiere	48
3.4.1.5	Inkubationszeiten der Bags im Pansen	49
3.4.1.6	Waschen der Bags und Trocknung	50
3.4.1.7	Auswaage und Bag-Nachbehandlung	51
3.4.1.8	Bestimmung der Abbaubarkeit.....	52
3.4.1.9	Chemische Analysen	54
4	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	55
4.1	Ergebnisse der Futtermitteluntersuchung	55
4.2	Ergebnisse der pH-Wert-Messung	56
4.3	Jahreseffekte der in situ-Abbauparameter.....	57
4.4	Trockenmasseabbaubarkeit im Pansen	58
4.5	Abbaubarkeit der organischen Masse im Pansen	64
4.6	Abbaubarkeit von NDF im Pansen.....	69
4.7	Abbaubarkeit von Rohprotein im Pansen.....	74
5	DISKUSSION	79
5.1	In situ-Methode	79
5.2	Chemische Zusammensetzung des Wiesenfutters	79
5.2.1	Einfluss des Pflanzenalters auf die chemische Zusammensetzung der Aufwüchse	80
5.3	Einfluss des pH-Wertes auf die Abbaubarkeit	81
5.4	Einfluss des Vegetationsstadiums auf die in situ-Abbaubarkeit..	82
5.4.1	Abbau von Trockenmasse und organischer Masse im Pansen	82
5.4.2	Abbau von NDF im Pansen.....	84
5.4.3	Abbau von XP im Pansen	85
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	86
7	ZUSAMMENFASSUNG	87
8	SUMMARY	89
9	ANHANG	91
10	LITERATURVERZEICHNIS	95

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Verdaulichkeit von Zellulose bei unterschiedlichen Pflanzen	17
Tabelle 2: Potenzielle Abbaubarkeit von unterschiedlichen Grünfutterfraktionen (nach MINSON 1990)	25
Tabelle 3: Rückgang der Verdaulichkeit der TM (% je Tag) für den ersten Aufwuchs (nach MINSON 1990)	28
Tabelle 4: Durchschnittliche Veränderung der TM-Verdaulichkeit (%) pro Grad Temperaturanstieg (nach WILSON & MINSON 1980).....	30
Tabelle 5: Einfluss der Mahlfeinheit auf die Futterpartikelgröße (HUNTINGTON & GIVENS 1995)	35
Tabelle 6.: Vergleich von Methoden zur Messung der ruminalen Abbaubarkeit (nach VANZANT et al. 1998).....	38
Tabelle 7: Idealer und leistungsfähiger Bestand für Dauergrünland (BUCHGRABER et al. 1994).....	40
Tabelle 8: Zusammensetzung der Wiesenmischung WR (DIE SAAT, 1999) 41	
Tabelle 9: Versuchsplan für die Erntetermine ¹⁾	42
Tabelle 10: Beprobte (X) Aufwüchse des Vegetationsversuchs.....	43
Tabelle 11: Einwaageplan für den in situ Versuch Wiesenfutter.....	47
Tabelle 12: Zusammensetzung der Ration während des Versuchs....	49
Tabelle 13: Gehalte an Trockenmasse (TM), Rohasche (XA), Rohprotein (XP), Rohfett (XL), neutraler Detergentienfaser (NDF), saurer Detergentienfaser (ADF), saures Detergentienlignin (ADL), Hemizellulose (HEM) und Zellulose (ZELL) in den Grünlandaufwüchsen (g/kg TM)	56
Tabelle 14: Effekte des Jahres auf die in situ-Abbauparameter von Trockenmasse (TM), organischen Masse (OM), der neutraler Detergentienfaser (NDF) und des Rohproteins (XP)	57
Tabelle 15: Kennzahlen der Abbaukinetik der Trockenmasse in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters.....	59
Tabelle 16: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Versuchsparameter	61
Tabelle 17: Kennzahlen der Abbaukinetik der organischen Masse in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters	64
Tabelle 18: Ergebnisse der statistischen Auswertung für die Versuchsparameter	66
Tabelle 19: Kennzahlen der Abbaukinetik der NDF in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters.....	69
Tabelle 20: Ergebnisse der statistischen Auswertung der NDF	71
Tabelle 21: Kennzahlen der Abbaukinetik des Rohproteins in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters.....	74
Tabelle 22: Ergebnisse der statistischen Auswertung für XP	76
Tabelle 23: Durchschnittliche* Niederschlagsmenge, Lufttemperatur und Sonnenscheindauer während der Aufwüchse 1 bis 3.....	80
Tabelle 24: Wichtigste Bakterienarten des Panseninhalts und ihre Charakterisierung nach JEROCH et al. (2008)	91

Tabelle 25: Pflanzenbestände der Stainacher Wiese der Jahre 2000 und 2004, botanische Aufnahme nach Braun-Blanquet (SOBOTIK 2004)	92
Tabelle 26: Pflanzenbestände der Thalhammer Wiese der Jahre 2000 und 2004, botanische Aufnahme nach Braun-Blanquet (SOBOTIK, 2004)	94

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Verdauung und Metabolismus von Stickstoffverbindungen im Pansen (nach McDONALD et al. 1989).	19
Abbildung 2: Schema der WEENDER Futtermittelanalyse (nach KIRCHGESSNER 2004)	20
Abbildung 3: Auftrennung eines Futtermittels mittels Detergentienanalyse (nach SCHROEDER 2004)	22
Abbildung 4: Konzeptives Modell der Beziehung zwischen Pflanzenanatomie und chemischen Zusammensetzung mit einer zusätzlichen Darstellung der potenziellen Verdaulichkeit (nach MINSON 1990)	23
Abbildung 5: Einflussfaktoren auf den Futterwert von Grünfutter (nach JEROCH et al. 2008)	26
Abbildung 6: Übersicht über die wesentlichen Verfahrensschritte bei der in situ-Methode (nach SÜDEKUM 2005)	44
Abbildung 7: beschrifteter Bag für die Einwaage	45
Abbildung 8: Für die Inkubation vorbereitete Bags	47
Abbildung 9: Fistelöffnung und inkubierte Bags	50
Abbildung 10: für die Weiterbehandlung vorbereitete Probenbecher	51
Abbildung 11: Einfluss von lag Time und Passage-Rate auf die Effektive Abbaubarkeit (ED) nach McDONALD (1981)	54
Abbildung 12: Verlauf des pH-Wertes der vier Ochsen im Mittel von 9, 10, 24 und 25 Oktober 2007	57
Abbildung 13: Ruminale in situ-Abbau der Trockenmasse von frischem Wiesenfutter in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vegetationsstadium	62
Abbildung 14: Kennzahlen der Abbaukinetik der Trockenmasse in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters	63
Abbildung 15: Ruminale in situ-Abbau der organischen Masse von frischem Wiesenfutter in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vegetationsstadium	67
Abbildung 16: Kennzahlen der Abbaukinetik der organischen Masse in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters	68
Abbildung 17: Ruminale in situ-Abbau der NDF von frischem Wiesenfutter in Abhängigkeit von aufwuchs und Vegetationsstadium	72
Abbildung 18: Kennzahlen der Abbaukinetik der NDF in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters	73
Abbildung 19: Ruminale in situ-Abbau des Rohproteins von frischem Wiesenfutter in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vegetationsstadium	77
Abbildung 20: Kennzahlen der Abbaukinetik des Rohproteins in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters	78

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADF	acid detergent fiber, Saure Detergentienfaser
ADL	acid detergent lignin, Lignin
ATP	Adenintriphosphat
ED2	effective degradability, passage rate 2 %/h, effektive Abbau- barkeit bei einer Passagerate von 2 %/h
ED5	effective degradability, passage rate 5 %/h, effektive Abbau- barkeit bei einer Passagerate von 5 %/h
ED8	effective degradability, passage rate 8 %/h, effektive Abbau- barkeit bei einer Passagerate von 8 %/h
h	Stunde
N	Stickstoff
NDF	neutral detergent fiber, Neutrale Detergentienfaser
NfE	stickstofffreie Extraktstoffe
NPN	Nichtprotein Stickstoff
OM	organische Masse
R ²	Bestimmtheitsmaß
RSD	Residual Standard Deviation, Rest Standardabweichung
s	Standardabweichung
TM	Trockenmasse
UDP	undegradable Protein, unabbaubares Protein
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XX	N-freie Extraktstoffe

Weitere Abkürzungen sind im Text erklärt!

1 EINLEITUNG

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Einfluss des Pflanzenalters von Grünlandaufwüchsen im Alpenraum auf die Abbaubarkeit von TM, OM, XP und NDF nach der Nylon Bag-Methode. Der Versuch steht in Ergänzung zu einem Fütterungsversuch mit Milchkühen, der in den Jahren 2000 – 2003 an LFZ Raumberg-Gumpenstein durchgeführt wurde, dessen Hauptaugenmerk auf die Strukturwirksamkeit von Grünfütter unterschiedlichen Alters gelegt wurde.

1.1 Bedeutung des Grünlands in Österreich

Aufgrund der geographischen Gegebenheiten in Österreich belegt das Grünland den flächenmäßig größten Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Das gesamte Grünland ist für den Menschen nicht verwertbar bzw. als Nahrung unbrauchbar. Es ist aber für Wiederkäuer verwertbar, was dazu führt, dass die Rinderhaltung in Österreich seit Urzeiten eine zentrale Rolle spielte, um Gras mithilfe von Wiederkäuern für Menschen nutzbar zu machen. Somit besitzt Gras in der Wiederkäuerernährung eine zentrale Rolle. Es ist in Österreich das wichtigste Grundfutter, deshalb ist es umso wichtiger, das Nährstoffpotential und die Nährstoffverfügbarkeit des Grünlandes richtig einzuschätzen.

Das Grünland im Alpenraum besitzt aufgrund der Standort- und Bewirtschaftungsverhältnisse eine sehr artenreiche Vegetation und einen für die jeweilige Gegend typischen Vegetationsverlauf. Es unterscheidet sich von den raygrasbetonten Wiesen und Weiden in milderer Gunstlagen. Dieser Unterschied zeigt sich auch in der chemischen Zusammensetzung und in der ruminalen Abbaubarkeit.

In vielen Gegenden Österreichs sind Gras oder dessen Konserven die einzigen zur Verfügung stehenden Grundfuttermittel. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn Ackerbau bzw. Maissilageproduktion nicht möglich sind wenn es sich um eine Siloverzichtsregion handelt. Dieser Umstand macht deutlich, wie entscheidend es ist, mithilfe der Forschung Daten bereitzustellen, welche den Produzenten helfen, dieses wesentliche und oft einzige Futtermittel richtig einzuschätzen. Futterwerttabellen liefern dafür bereits einen wesentlichen

Beitrag, jedoch geben diese nur Auskunft über den Nährstoffgehalt der Futtermittel und keinerlei Aufschluss über den Nährstoffabbau im Pansen.

1.2 Frage und Problemstellung

In dieser Arbeit sollte mit Hilfe der Nylon Bag-Methode eine Charakterisierung von Wiesenfutter durchgeführt werden. Das zu untersuchende Material wurde im Laufe von drei Jahren im Zuge eines weiterreichenden Projekts am LFZ Raumberg-Gumpenstein gesammelt. Es handelt sich hierbei um Pflanzenmaterial, das sich hinsichtlich Aufwuchs und Alter unterscheidet.

Neben der Weender- und der Detergentienanalyse nach Van SOEST, die lediglich Aufschluss über den Rohnährstoffgehalt liefern, wurde in dieser Arbeit die ruminale Abbaubarkeit untersucht. Diese bekommt in der modernen Rationsgestaltung immer mehr Bedeutung, um das hohe genetische Potential der Rinder optimal auszunutzen und die Tiere leistungsgerecht mit Nährstoffen zu versorgen.

1.3 Arbeitshypothese

Die zentrale Arbeitshypothese ist, dass es einen wesentlichen Einfluss des Vegetationsstadiums von alpenländischem Wiesenfutter auf die ruminale Abbaubarkeit von Trockenmasse, Rohprotein und neutraler Detergentienfaser gibt.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Wiederkäuer

Weltweit sind über 150 Wiederkäuerspezies bekannt. Davon sind nur 6 domestiziert: Rinder, Schafe, Ziegen, Rentiere, Wasserbüffel und Yaks. Die Lebendmasse der Wiederkäuer variiert stark von 3 kg (*Neotragus pygmaeus*) bis über 1000 kg (Van SOEST 1994).

Im Laufe der Evolution haben sich die Wiederkäuer auf unterschiedliche Art und Weise entwickelt. Generell kann man von einer Aufspaltung in drei Richtungen sprechen:

Zum einem die Konzentratselktierer (Reh, Elch), die besonders nährstoffreiche, leichtverdauliche Pflanzen bzw. Pflanzenteile aufnehmen und faser-

reiches Futter meiden (HOFMANN 1989). Sie sind gekennzeichnet durch eine schnelle Passagerate mit hoher Fermentationsrate aufgrund der höheren Nährstoffdichte im Futter (HUSTON et al. 1986). Sie nehmen jedoch zum Teil auch holziges Futter (Zweige) auf, das wesentlich stärker lignifiziert ist als zum Beispiel überständiges Gras. Sie verwerten überwiegend den löslichen Teil der Nahrung (Zellinhalt, lösliche Zellwandbestandteile) und scheiden den Rest aus. Typisch für Selektierer sind ein kleiner Pansen, ein wenig gering Blättermagen, eine größere Leber und ein längerer Darmtrakt (Van SOEST 1982).

Als weitere Richtung gibt es die Gras- und Raufutterfresser (Rind, Schaf) die vorwiegend monokotyledone Pflanzen aufnehmen (HOFMANN 1989). Diese Wiederkäuer haben wegen ihrer faserreichen Nahrung eine langsamere Passage- und Fermentationsrate. Der Pansen, der Blättermagen und der Netzmagen sind größer und die Leber ist im Vergleich zu den Konzentratselektierern kleiner.

Generell sind Raufutterfresser größer und schwerer als die Selektierer, da sie wegen der geringeren Nährstoffdichte viel mehr Futter aufnehmen müssen, um ihren täglichen Energiebedarf zu decken (HOFMANN 1989).

Die dritte Gruppe sind die Intermediärtypen (Ziege, Steinbock), die sich je nach Futterangebot dem einen oder anderen Extremtyp annähern, allgemein aber faserreiche Nahrung meiden (HOFMANN 1989).

2.2 Anatomie des Vormagensystems

Der Magen der Wiederkäuer ist mehrhöhlig und setzt sich aus vier Kammern zusammen:

- Pansen (Rumen)
- Netzmagen oder Haube (Reticulum)
- Blättermagen (Psalter, Omasum) und
- Labmagen (Abomasum)

Im Pansen findet der Aufschluss von Gerüstsubstanzen durch Mikroorganismen und die Synthese von kurzkettigen Fettsäuren und Protein statt. Der Netzmagen ist wichtig für den Weitertransport des Futterbreis zwischen Pansen und Blättermagen. Dieser funktioniert erst ab einer bestimmten Faserlänge. Im Blättermagen erfolgt die Absorption von Wasser

aus dem Nahrungsbrei und der Labmagen ist mit dem einhöhligen Magen von anderen Tierarten vergleichbar.

Bei der Geburt ist nur der Labmagen vollständig ausgebildet. Die Milch gelangt über die so genannte Magenrinne direkt in den Labmagen. Die übrigen Mägen bilden sich erst mit der Aufnahme von festem Futter aus und sind je nach Nahrungsangebot nach drei Monaten bis zu einem Jahr vollständig entwickelt.

2.2.1 Pansen

Der Pansen nimmt den gesamten linken Bauchraum ein und hat beim Rind ein Fassungsvermögen von 60 – 100 Liter. Er wird durch seitliche Längsfurchen in den ventralen und dorsalen Pansensack unterteilt. Der Pansenvorhof (vorderer Pansensack) übernimmt die Funktion des Schleudermagens. Dieser Teil des Pansens befördert das Futter wieder zurück in den Netzmagen und ist damit entscheidend am Wiederkauakt beteiligt.

Die Schleimhaut des Pansens wird aus einem mehrschichtigen drüsenlosen Plattenepithel gebildet. Charakteristisch für die Pansenschleimhaut ist die Ausbildung von Pansenzotten, welche die Oberfläche des Pansens um das Siebenfache vergrößern. Ausschlaggebend für ihre Form ist die chemische Zusammensetzung des Futters. Bei hochverdaulichen Rationen (Laktation) verlängern sich die Zotten, bei Raufutterreichen Rationen (Trockenstehzeit) verkürzen sie sich. Die Hauptaufgabe der Zotten besteht in der Absorption der von den Mikroorganismen gebildeten flüchtigen Fettsäuren. Auch Wasser, NPN-Verbindungen, Vitamin B und K werden von ihnen aufgenommen.

2.2.2 Netzmagen

Er gehört funktionell zum Pansen. Der Netzmagen liegt unmittelbar ventral der Einmündung der Speiseröhre in den Vormagen. Die Schleimhaut wird von einem mehrschichtigen Plattenepithel gebildet und weist ein netzartiges wabenförmiges Relief auf. Die Nahrung wird zwischen Pansen und Netzmagen über den Pansenvorhof hin und her bewegt, größere Futterbestandteile gelangen so über den Pansenvorhof zurück in die Speiseröhre und in die Mundhöhle.

2.2.3 Blättermagen

Über den Netzmagen gelangt die ausreichend zerkleinerte Nahrung in den Blättermagen. Vom Dach des Blättermagens ragen Blätter unterschiedlicher Länge in dessen Lumen. Im Blättermagen werden dem Nahrungsbrei hauptsächlich Wasser und Mineralstoffe entzogen, was zur Eindickung führt.

2.2.4 Labmagen

Er entspricht dem einhöhligen Magen anderer Haussäugetiere. In sein Inneres ragen starke, spiralig verlaufende, nicht verschiebbare Schleimhautfalten. Die Schleimhaut schließt vor allem unterschiedliche Drüsenkomplexe ein, deren Sekrete der Nahrungsaufspaltung dienen.

2.3 Mikroorganismen im Pansen

Der Wiederkäuer besitzt ideale Voraussetzungen für die mikrobielle Verdauung:

- konstante Temperatur im Pansen
- NaHCO_3 im Speichel für die Abpufferung der flüchtigen Fettsäuren
- kontinuierliche Nährstoffversorgung (endogen und exogen)
- gute Durchmischung durch 7 – 15 Pansenkontraktionen in der Minute
- intensive Zerkleinerung durch Wiederkauen
- regelmäßige Abgabe von Gärgasen (5 – 8 mal in der Minute)
- kontinuierliche Entfernung der Stoffwechselprodukte durch Absorption (JEROCH et al. 2008).

Die Mikroorganismen im Pansen sind unumgänglich für die Verdauung von faserreichen Pflanzenbestandteilen, da nur die mikrobiellen Enzyme in der Lage sind, Zellulose und Hemizellulose aufzuspalten.

Der Pansen erwachsener Wiederkäuer besitzt eine sehr hohe Keimzahl. Diese ist abhängig von der gefütterten Ration und liegt bei Strohfütterung bei $4 - 15 \times 10^9$ Keimen je ml, bei stärkereichen Rationen kann dieser Wert um das Fünffache erhöht sein. Die Gesamtkeimzahl macht im Pansen etwa 5 - 10 % des gesamten Panseninhalts aus (KIRCHGESSNER 2004). Die Dynamik des mikrobiellen Wachstums wäre theoretisch für alle Mikrobenspezies ideal, wenn Passage- und Teilungsrate gleich wären. Dies würde sicherstellen, dass ein Minimum an Energie verwendet würde, um Mikroorganismen zu erhalten

und einen maximalen Mikrobenertrag zu erzielen (ORSKOV 1992). Die Mikrobiologie des Pansens gehört zu den am gründlichsten erforschten Ökosystemen, dessen Bestandteile nachfolgend erläutert werden.

2.3.1 Pansenbakterien

Bakterien sind die zahlenmäßig am häufigsten vorkommenden Mikroorganismen im Pansen, stellen aber als solche nicht zwangsläufig den größten Teil der Biomasse dar (WILSON & BRIGGS 1955).

Die Pansenbakterien lassen sich grob einteilen in:

- zellulolytische Bakterien für die Faserverdauung
- amylolytische Bakterien für die Kohlenhydratverdauung
- proteolytische Bakterien für die Proteinspaltung

Zellulolytische Bakterien (Bsp. *Ruminococcus albus*, *Fibrobacter succinogenes*) sind strikt anaerob und benötigen für ihr Wachstum einen pH-Wert von mindestens 6,2. Fällt der pH-Wert ab, unterlassen sie ihr Wachstum (GRANT & MERTENS 1992). Bei grasenden Wiederkäuern liegt der pH-Wert im Pansen zwischen 6,3 und 7,0. Das Fressen und Wiederkauen von faserreichem Futter benötigt mehr Zeit, was eine vermehrte Ausschüttung von Speichel (Puffer) bewirkt. Die bei der Fermentation entstehenden Fettsäuren reichen nicht aus, um den pH-Wert zu senken. Zellulolytische Bakterien sind in der Regel an Futterpartikel angehaftet und befinden sich somit in der festen Phase des Panseninhalts.

Amylolytische Bakterien (Bsp. *Bacteroides ruminicola*, *Streptococcus bovis*) fermentieren Stärke und sind im Vergleich weniger empfindlich gegenüber pH-Wert Schwankungen. Diese Bakterien sind vorwiegend für die Verdauung von stärkehaltigem Material (Bsp. Silomais und Getreide) verantwortlich. Bei getreidereichen Rationen kommt es aus 2 Gründen zu einem pH-Wert Abfall: Zum einen kommt es durch die höhere Passagerate nicht zum Wiederkauen und der damit verbundenen Pufferung durch den Speichel, zum anderen ist Getreide schnell abbaubar und fermentierbar, was zu einer hohen Bildung von flüchtigen Fettsäuren führt (MOULD & ORSKOV 1983).

Die zellulolytischen Bakterien benötigen ausschließlich NH_3 als Stickstoffquelle. Dagegen sind für die amylolytischen Bakterien neben NH_3 gewisse Mengen an Peptiden und Aminosäuren erforderlich. Die notwendige Mindest-

konzentration von NH_3 im Pansen wird in der Literatur unterschiedlich angegeben (von 30 – 150 ml/l). Neben Ammoniak spielt aber auch die ATP-Konzentration eine wesentliche Rolle für die Aktivität und das Wachstum der Mikroorganismen. ATP wird bei der Fermentation von Kohlenhydraten gewonnen, wobei als Nebenprodukte flüchtige Fettsäuren entstehen.

Proteolytische Bakterien (Bsp. Clostridia sp., Peptostreptococci sp.) bauen Aminosäuren und Proteine zu Ammoniak ab. Eine Übersicht über die häufigsten Bakterienarten und ihrer Charakterisierung findet sich im Anhang.

2.3.2 Pansenprotozoen

Protozoen machen 20 – 40 % der mikrobiellen Biomasse im Pansen aus. Ihr Anteil am Mikrobenprotein im Labmagen ist relativ gering, da sie eine relativ lange Teilungsrate (24h) aufweisen. Um ihr Überleben zu sichern, haben die Protozoen Strategien entwickelt, die es ihnen ermöglichen, länger im Pansen zu verweilen.

Protozoen ernähren sich vorwiegend von Bakterien. Sie nehmen jedoch auch fast alle anderen Partikel (Stärke, Chloroplasten) auf und versuchen diese zu verwerten. Einzeller sind neben proteolytischen Bakterien für die starke Ammoniakproduktion verantwortlich (WARNER 1956). Die wichtigste Energiequelle für die Pansenprotozoen ist Protein, welches entweder von Bakterien oder Pflanzenteilen stammen kann. Die Einzeller im Pansen haben vor allem bei stärkereichen Rationen Bedeutung, da sie durch die Aufnahme ganzer Stärkekörner eine schnelle bakterielle Fermentation und die damit verbundene pH-Wert Absenkung unterbinden (Van SOEST 1994).

2.3.3 Anaerobe Pilze

Die Anwesenheit von anaeroben Pilzen im Pansen wurde erst in den 70er Jahren wissenschaftlich belegt (ORPIN & JOBLIN 1988, THEODOROU et al. 1992). Davor hatte man die herumschwimmenden Zoosporen für Flagellaten gehalten.

Pilze haben die Fähigkeit, mittels ihrer Hyphen sogar stark lignifizierte Zellwände zu „knacken“ und spielen eine bedeutende Rolle bei der Faserverdauung (THEODOROU et al. 1988). Sie sind somit ein wichtiger Teil der zellwand-abbauenden Pansenmikroben. Als Syntheseprodukte entstehen dabei flüchtige Fettsäuren, Gas und Spuren von Ethanol und Laktat (ORPIN &

JOBLIN 1988). Anaerobe Pilze sind speziell bei faserreichen Rationen bedeutsam und können in solchen Fällen Keimzahlen von bis zu 10^5 pro Gramm erreichen. Sie treten dennoch in weit geringeren Mengen auf, als Bakterien und haben generell eine untergeordnete Rolle bei der Verdauung.

2.4 Quantifizierung der Pflanzeninhaltsstoffe

2.4.1 Kohlenhydrate

Die Kohlenhydrate stellen die größte Nährstofffraktion im Futter dar. Bei dieser Stoffgruppe unterscheidet man prinzipiell Strukturkohlenhydrate und Nicht-Strukturkohlenhydrate. Als Strukturkohlenhydrate bezeichnet man jene, die sich in der Zellwand befinden, also Zellulose, Hemizellulose, Pektin und Lignin. Davon macht Zellulose den größten Anteil in den Pflanzen aus: 20 – 40 % der Trockenmasse bei allen höheren Pflanzen. Zellulose ist somit das am häufigsten auftretende Kohlenhydrat der Welt (Van SOEST 1994). Strukturkohlenhydrate sind für den Nicht-Wiederkäuer in der Regel nicht oder nur in geringem Umfang nutzbar, wobei die Verdaulichkeit stark von der Lignifizierung abhängt.

Der Vorteil der Wiederkäuer liegt darin, dass sie durch ihre Mikroorganismen über Enzyme verfügen, die es ihnen erlauben, die β -1,4-glycosidische Bindung zu spalten. Bei der Spaltung der β -1,4-Bindung entstehen Monomere, Pyrovat, Kohlendioxid, Methan und kurzkettige Fettsäuren (Acetat, Propionat und Butyrat). Die Fettsäuren werden vom Wiederkäuer hauptsächlich über die Pansenschleimhaut absorbiert, während die Pansengase über Eruktion abgegeben werden. Ein Rind produziert 50 – 200 l Methan pro Tag. Dies bewirkt einen Energieverlust in der Größenordnung von 8 – 11 % bei Rationen mit hoher Verdaulichkeit und 14 – 16 % bei Rationen mit niedriger Verdaulichkeit (JEROCH et al. 2008). Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Verdaulichkeit von Zellulose unterschiedlicher Pflanzen bei Wiederkäuern und nicht Wiederkäuern.

Tabelle 1: Verdaulichkeit von Zellulose bei unterschiedlichen Pflanzen
(nach Van SOEST 1973)

Material	Nichtwieder- kauer-Verdau- lichkeit (%)	Wiederkäuer- Verdaulichkeit (%)	Lignin/Zellulose- Verhaltis^a
Luzerne	20 – 30	40 – 60	0,18 – 0,30
Gräser	0 – 20	48 – 90	0,08 – 0,20
Stroh	unwesentlich	40 – 60	0,10 – 0,26
Zeitungspapier	0	23 – 27	0,34 – 0,43
Holz	0	0 – 40	0,30 – 0,60
Gemüse	40 – 80	90 – 100	0 – 0,05

^a mit Schwefelsäure gelöstes Lignin und Cutin Fraktionen, dargestellt als Verhaltis zu Cellulose. Ein hohes Verhaltis ist verbunden mit einer geringen Verdaulichkeit.

Die Bedeutung der Strukturkohlenhydrate, bzw. die Frage welcher Faseranteil in einer Ration benötigt wird, um einen Wiederkäuer seiner Physiologie entsprechend zu ernähren, hat in den letzten Jahren durch die immer höher werdenden Leistungen bei Milchkühen für Probleme gesorgt. Strukturkohlenhydrate haben neben der Bereitstellung von Energie auch eine enorme Rolle für die Stabilität des Pansenmilieus (SÜDEKUM 2002).

Untersuchungen von Van der MEER & WEDIN (1989) haben ergeben, dass sich in holländischen Betrieben der Grasanteil in der Ration von 1950 bis 1980 von 90 % auf 50 % verringert hat. Die rapide Steigerung der Milchleistung und des genetischen Potentials von Milchkühen in Westeuropa resultiert in einem gesteigerten Bedarf an Nährstoffdichte in der gesamten Ration. Dies lässt die Anforderungen an die Futterqualität ansteigen und ebenfalls den Bedarf an Getreide und Konzentraten (Van der MEER & WEDIN 1989). Durch den steigenden Kraftfutteranteil in der Ration kommt es zu einer Übersäuerung im Pansen, da der Puffer (Speichel), der beim Wiederkauen von faserreichen Futter entsteht, fehlt bzw. zu gering ist, um die pH-Absenkung durch die rasche Fermentation von Kohlenhydraten abzupuffern. Die pH-Absenkung bewirkt einen geringeren Abbau von Strukturkohlenhydraten aufgrund einer deutlichen Reduktion der Menge von zellolytisch aktiven Bakterien (MOULD & ORSKOV 1983). Van SOEST (1994) fand heraus, dass es bei sinkendem pH-Wert zu einer verstärkten Anlagerung von H⁺-Ionen an Gerustkohlenhydrate kommt. Es wird somit die Besiedelung mit zellulolytischen Bakterien beeinträchtigt, was die Minderung des Zellwandabbaus bei konzentratreichen Rationen verstärkt. Dennoch muss bei

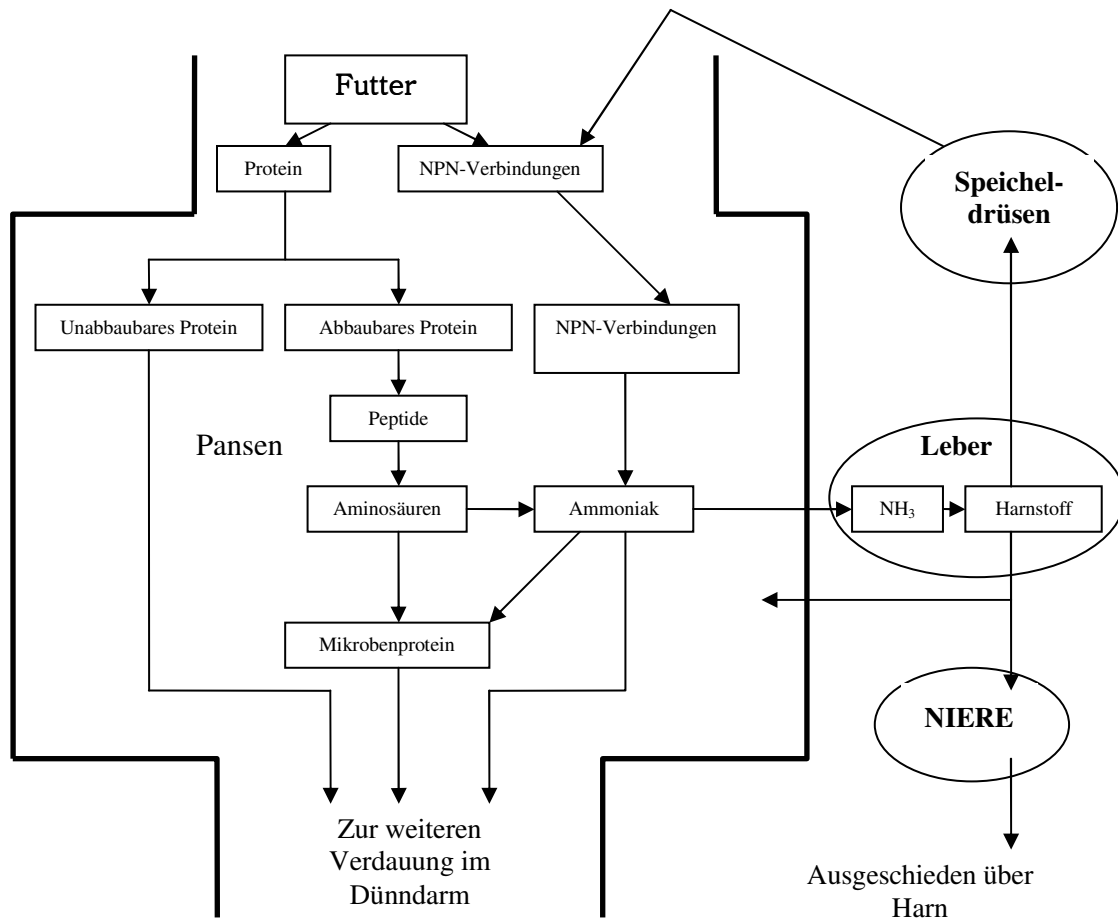
der Rationsgestaltung berücksichtigt werden, dass ein hoher Faseranteil in der Ration zu einer geringeren Futteraufnahme und somit zu einer geringeren Milchleistung führt (BOSCH et al. 1992).

2.4.2 Rohprotein

Protein wird im Pansen über Peptide und Aminosäuren bis hin zu Ammoniak abgebaut. Auch NPN-Verbindungen (nicht Protein Stickstoff) wie beispielsweise Harnstoff werden zu Ammoniak reduziert. Der Grad des Abbaus hängt vor allem von den zur Verfügung stehenden Substraten ab. Das Protein von frischem Gras ist im Pansen zu fast 100 % abbaubar, im Vergleich dazu ist das Protein von Biertreber nur zu 65 % abbaubar. Der Rest verlässt den Pansen als UDP und gelangt so über den Labmagen in den Dünndarm, wo es wie beim Monogaster mit Hilfe von Enzymen abgebaut wird (KIRCHGESSNER 2004).

Ammoniak und Kohlenhydrate sind die erforderlichen Substrate, um mit Mikroorganismen Protein aufzubauen, welches die wesentliche Eiweißquelle der Wiederkäuer darstellt. Beispielsweise werden aus 1 kg im Pansen abgebauter organischer Substanz ca. 200 g Mikrobenprotein aufgebaut (KIRCHGESSNER 2004). Der Ammoniak im Pansen ist der Schlüssel zwischen mikrobiellem Abbau und Proteinsynthese. Bei zu geringen Ammoniakkonzentrationen im Pansen (bei geringen XP-Gehalt im Futter oder bei pansenstabilem XP) ist die Wachstumsrate der Mikroorganismen langsam und als Konsequenz daraus ist auch der Abbau von Kohlenhydraten geringer (McDONALD et al. 1989). Bei zu hohen Ammoniakkonzentrationen wird dieses über das Pansenepithel abtransportiert, unter Energieaufwand in der Leber zu Harnstoff umgewandelt und über den Harn ausgeschieden und geht somit verloren. Harnstoff kann bei stickstoffarmen Rationen aus der Leber über den Speichel und über das Pansenepithel zurück in den Pansen gelangen (ruminohepatischer Kreislauf). Somit besitzt der Wiederkäuer einen sehr ökonomischen Stickstoffhaushalt. Die Spanne einer optimalen Ammoniakkonzentration im Pansen ist groß und liegt laut McDONALD et al. (1989) zwischen 85 und 300 mg pro 1 Pansensaft. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über die Verdauung von Eiweiß und NPN-Verbindungen.

Abbildung 1: Verdauung und Metabolismus von Stickstoffverbindungen im Pansen (nach McDONALD et al. 1989)



Bei hohen Milchleistungen reicht das Mikrobenprotein für die Eiweißversorgung des Wirtstieres nicht aus. Eine höhere Versorgung an Rohprotein führt nicht so sehr zu einer besseren Versorgung des Wirtstieres, sondern lediglich zu höheren Ammoniakverlusten. Daraus resultiert eine Leberbelastung, deshalb ist, um eine hohe Milchleistung zu erreichen, ein höherer Anteil an UDP im Futter erforderlich (KIRCHGESSNER 2004).

2.5 Nährstoff- und Futtermittelanalytik

Die Nährstoff- und Futtermittelanalytik dient dem Zweck der Charakterisierung von Futtermitteln. Im Wesentlichen besteht organische Substanz aus vier Elementen, nämlich Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, die auf unterschiedlichste Weise miteinander Verbindungen eingehen. Daneben enthalten Pflanzen und Tiere auch geringe Mengen an anorganischen

Stoffen (JEROCH et al. 2008). Die Charakterisierung der Futtermittel hinsichtlich ihres Futterwertes wird mittels chemischer Analyse in Stoffgruppen erfasst. Ihr Energiegehalt, die Verdaulichkeit und der Gehalt an speziellen Inhaltsstoffen werden beschrieben. Um in der Praxis den Wert eines Futtermittels mittels chemischer Analyse festzustellen, muss diese einfach und schnell durchführbar sein. Die Futtermittelanalytik dient als Grundlage für die Bewertung und Berechnung von Rationen.

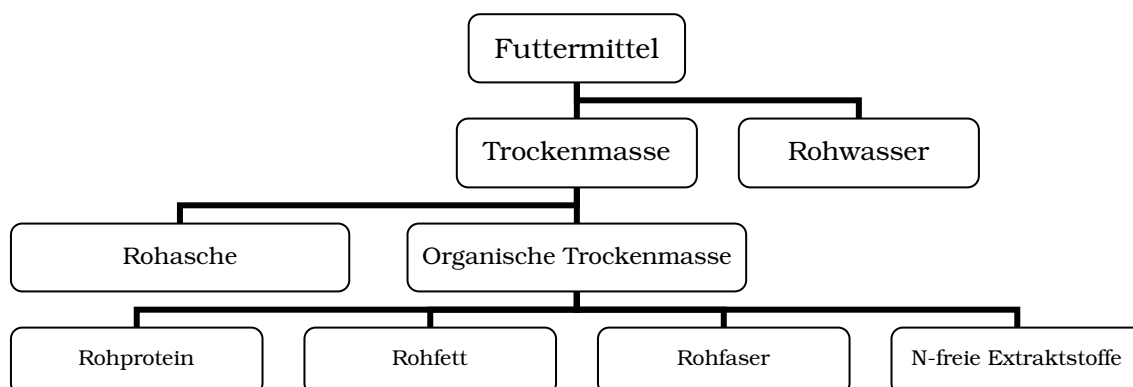
Prinzipiell unterscheidet man zwei Analyseverfahren:

- Weender Futtermittelanalyse
- Detergentienanalyse nach Van Soest

2.5.1 WEENDER Futtermittelanalyse

Sie wurde Mitte des 19. Jahrhunderts in Weende bei Göttingen von HENNEBERG und STOHMANN (1860, 1864) erarbeitet. Bei der WEENDER Analyse werden analytisch die Trockensubstanz, die Rohasche (XA), die Rohfaser (XF), das Rohprotein (XP) und das Rohfett (XL) bestimmt. Die Vorsilbe von „Roh-Fractionen“ weist darauf hin, dass es sich jeweils um nicht reine Formen der bezeichneten Komponenten handelt. In Abbildung 2 sieht man die dreistufige Fraktionierung von einem Futtermittel in die jeweiligen Nährstoffgruppen.

Abbildung 2: Schema der WEENDER Futtermittelanalyse (nach KIRCHGESSNER 2004)



- Die Rohasche (XA) beinhaltet Mineralstoffe und andere anorganische Stoffe, sie ist der anorganische Teil der Trockensubstanz.
- Die Rohproteinfraktion (XP) setzt sich aus Proteinen, Aminosäuren und Nicht-Protein-Stickstoff (NPN-Verbindungen) zusammen. Der Rohprotein-gehalt wird aus dem N-Gehalt ermittelt mit (Kjeldahl-Verfahren).
- Unter Rohfett (XL) versteht man alle Bestandteile, die mit Fettlösungs-mitteln aus der Probe gelöst werden können. Dazu gehören neben Fetten und Ölen auch Wachse, Pigmente, Vitamine A, D, E, K und organische Säuren.
- Die Rohfaser (XF) ist jener Anteil, der bei Behandlung mit schwacher Säure und schwacher Lauge übrig bleibt. Es handelt sich dabei um organische Verbindungen, die den Gerüstsubstanzen zuzuordnen sind.
- Die stickstofffreien Extraktstoffe (XX) werden rechnerisch ermittelt, indem man die analytisch ermittelten Werte (Wasser, Rohasche, Roh-protein, Rohfett und Rohfaser) addiert und die Differenz zu 1000 g zieht. Die XX-Fraktion umfasst leicht lösliche Kohlenhydrate (Stärke, Glycogen, Zucker), aber auch lösliche Anteile pflanzlicher Gerüstsubstanzen (Hemi-zellulose, Zellulose, Lignin).

Die einzelnen Rohnährstoffgruppen geben Auskunft über den Futterwert eines Futtermittels. Es ist jedoch nicht erkennbar, wie sie sich verdauungs-physiologisch verhalten, da es sich um sehr inhomogene Nährstoffgruppen handelt. Die WEENDER Futtermittelanalyse liefert bei Einhaltung der Vor-schriften gut reproduzierbare Ergebnisse, ist einfach durchführbar und wird seit langem eingesetzt. Fast alle Futtermittel sind mithilfe dieser Analyse erfasst worden und trotz einiger Mängel hat sie ihre Bedeutung bis heute nicht verloren.

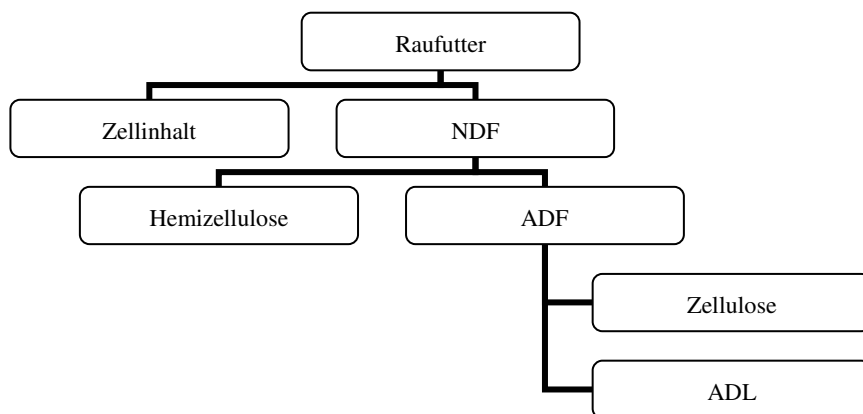
Die wesentlichen Mängel sind:

- es werden nicht alle Rohnährstoffe analytisch bestimmt, somit kann es zu Summierung von Analysefehlern kommen (Bsp. XX)
- es werden keinerlei Informationen zum Gehalt besonderer Nährstoffe geliefert (z.B.: bestimmte Aminosäuren und Fettsäuren)
- Der Anteil an Gerüstsubstanzen wird nur zum Teil der Rohfaserfraktion zugerechnet und der Rest zu den XX gezählt. Es kommt zu einer Über-schätzung der Nährstoffverwertbarkeit (JEROCH et al. 2008)

2.5.2 Detergentienanalyse nach Van Soest

Aufgrund der oben beschriebenen Mängel der WEENDER Futtermittelanalyse wurde 1967 von Peter J. Van SOEST ein neues Futtermittelanalyseverfahren entwickelt. Es beschäftigt sich mit der Erfassung und Differenzierung der Zellwandkomponenten. Bei der WEENDER Analyse kommt es bei rohfaserreichem Futter zu einer Überschätzung der Verdaulichkeit bei Futtermitteln mit schlechter Qualität und zu einer Unterschätzung von Futtermitteln guter Qualität (Van SOEST, 1994). Die unterschiedlichen Faseranteile werden mithilfe von Detergentienlösungen (kochen in unterschiedlich starken Säuren) ermittelt.

Abbildung 3: Auftrennung eines Futtermittels mittels Detergentienanalyse (nach SCHROEDER 2004)



So erhielt Van Soest folgende Fraktionsteile:

- neutrale Detergentienfaser (NDF) enthält Zellulose, Hemizellulose und Lignin
- Saure Detergentienfaser (ADF) enthält Zellulose und Lignin
- Saure Detergentien-Lignin (ADL) enthält Lignin

Daraus lassen sich folgende Bestandteile errechnen:

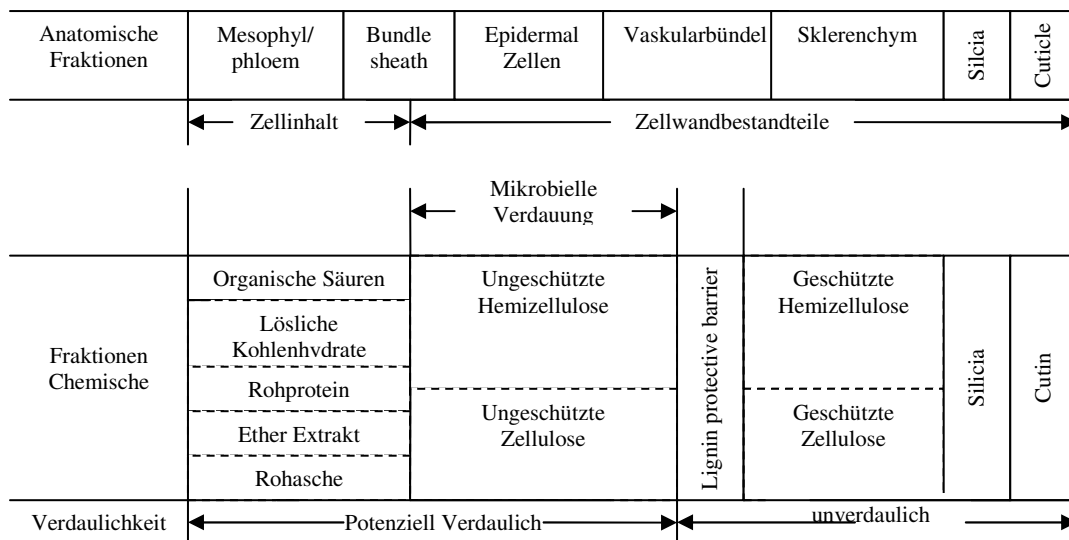
- Hemizellulosen = $NDF - ADF$
- Zellulose = $ADF - ADL$
- Nichtfaser-Kohlenhydrate (NFC) = $TM - (XA + XP + XL + NDF)$

Allgemein kann gesagt werden, dass bei der Detergentienanalyse eine Trennung in Zellinhaltsstoffe und Zellwandbestandteile vorgenommen wird.

2.6 Zusammensetzung von Pflanzen

Grundsätzlich kann man zwischen Zellinhaltsstoffen und Zellwandbestandteilen unterscheiden. Zu den Zellinhaltsstoffen gehören Proteine und Nucleinsäuren, Kohlenhydrate, Lipide, Vitamine, Mineralstoffe sowie sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (z.B. Aromastoffe). Eine Übersicht über die Verbindung zwischen Pflanzenanatomie und chemischer Zusammensetzung und deren potenzieller Abbaubarkeit zeigt Abbildung 4.

Abbildung 4: Konzeptives Modell der Beziehung zwischen Pflanzenanatomie und chemischen Zusammensetzung mit einer zusätzlichen Darstellung der potenziellen Verdaulichkeit (nach MINSON 1990)



Die Zellwand setzt sich zusammen aus der Mittellamelle als äußere Zellwandschicht, die benachbarte Zellen miteinander verbindet, der primären Zellwand (Protoplasten zugewandt) und der sekundären Zellwand. Die einzelnen Schichten unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung. Pektinstoffe dominieren die Mittellamelle. Hemizellulose-Pektinstoff-Gemische bilden mit einem Massenanteil von 80 – 90 % die Matrix der Primärwand. Zellulose ist der Hauptbestandteil der sekundären Zellwand (bis 80 %).

Mit zunehmendem Alter steigt die Dicke der Zellwand, zusätzlich wird in alle Zellwandschichten Lignin eingelagert. Das heißt, mit steigendem Pflanzenalter nimmt der Zellwandanteil auf Kosten des Zellinhalts zu. Die Zusammensetzung der Zellwand wird zudem maßgeblich von der Pflanzenart, der

Pflanzenfraktion (z.B. Stängel oder Blätter) und anderen Faktoren beeinflusst (FLACHOWSKY et al. 1995).

Generell kann man Pflanzeninhaltsstoffe in verwertbare, nicht verwertbare und antinutritive Stoffe einteilen. Dabei sind Zellwandbestandteile für Nicht-Wiederkäuer kaum verwertbar, für den Wiederkäuer aber potenziell verwertbar.

Der Zellinhalt stellt mit Bestandteilen wie Zucker, Stärke, Fett und Proteine das wesentliche Nahrungspotential für Mensch und Nichtwiederkäuer dar. Die Menge und Zusammensetzung hängt stark von Pflanzenart, dem Alter und den Pflanzenteil (vegetativ oder generativ) ab.

Die Zellwandbestandteile unterliegen massiven Veränderungen in Hinblick auf ihr Alter. So steigt mit zunehmendem Alter der Anteil der Zellwand in den vegetativen Pflanzenteilen. Von Bedeutung ist, dass mit zunehmendem Alter vermehrt Lignin in die Zellwand eingebaut wird und somit die mikrobielle Fermentation hindert bzw. erschwert. Die Lignifizierung hat darum wesentlichen Einfluss auf das verfügbare Nährstoffpotential verschiedener Futtermittel (FLACHOWSKY et al. 1995).

Verschiedene Pflanzen enthalten antinutritive und toxische Substanzen, deren Vorkommen bei der Fütterung berücksichtigt werden müssen, um Leistung, Gesundheit und Milchqualität nicht zu beeinträchtigen. Die Gehalte können in den Pflanzen stark variieren abhängig von Genotyp, Anbauort, Wachstumsstadium, Schnitt und klimatische Bedingungen während der Vegetation (JEROCH et al. 2008).

Wie stark sich die einzelnen Futterfraktionen in ihrer Abbaubarkeit unterscheiden, wird in Tabelle 2 ersichtlich. Dabei handelt es sich aber keineswegs um die tatsächliche Abbaubarkeit, da hier die unumgänglichen Verluste im Kot nicht berücksichtigt werden.

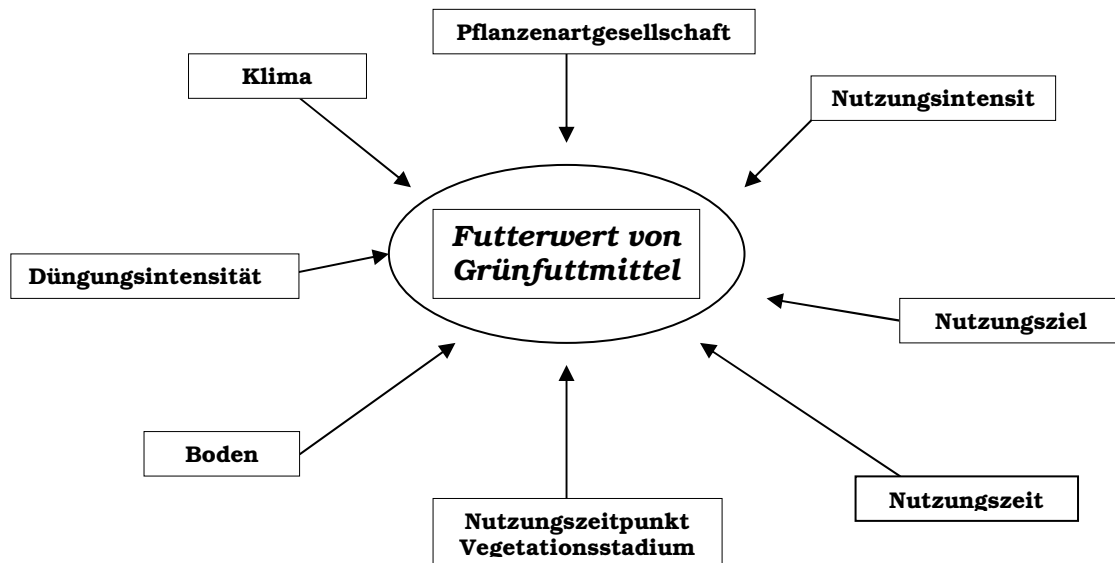
Tabelle 2: Potenzielle Abbaubarkeit von unterschiedlichen Grünfutterfraktionen (nach MINSON 1990)

Futterfraktionen				
anatomische	chemische	Futterart	Abbaubarkeitskoeffizient	Quelle
<i>Zellinhaltsbestandteile</i>	Monosacharide	Gräser	1,00	Gaillard (1962)
	Disacharide	Gräser	1,00	Gaillard (1962)
	Fructosan	Gräser	1,00	Gaillard (1962)
	Zytoplasmatische Kohlenhydrate	Gräser	0,99	Jarrige (1960)
		Leguminosen	0,99	Jarrige (1960)
	Lösliche Kohlenhydrate	Gräser	1,00	Waite et al. (1964)
	Rohprotein	Leguminosen	0,92	Combellas (1971)
<i>Zellwand</i>	In neutralen Detergentien gelöste Stoffe	Gräser	0,97	Combellas (1971)
		Wiesen in gemäßigten Breiten	0,98	Van Soest (1967)
	Zellulose	Lolium Perenne	0,77	Wilkins (1969)
		Dactylis glomerata	0,73	Wilkins (1969)
	Hemicellulose	Stroh	0,55	Mc. Anally (1942)
	Lignin	Medicago sativa	0,09	Gaillard (1962)
		Lolium Perenne	0	Jarrige u. Minson (1962)
		Dactylis glomerata	0	Jarrige u. Minson (1962)
Trifolium pratense		0,1	Gaillard (1962)	

2.7 Grünfutter

In Österreich sind Grünfutter und die daraus gewonnenen Konservate das wichtigste Grundfutter. Als Grünfuttermittel bezeichnet man alle oberirdischen Pflanzenbestandteile (Blätter, Stängel, Samen), die ihr Wachstum bzw. ihre Entwicklung noch nicht abgeschlossen haben (JEROCH et al. 2008). Sie stellen eine sehr heterogene Futtermittelgruppe dar. Die zahlreichen Faktoren, von denen ihr Futterwert abhängig ist, werden in Abbildung 5 dargestellt.

Abbildung 5: Einflussfaktoren auf den Futterwert von Grünfütter (nach JEROCH et al. 2008)



Kennzeichnend für Grünfütterpflanzen sind ein hoher Wassergehalt und ein hoher Anteil an Gerüstsubstanzen (Strukturkohlenhydrate), daher sind sie vornehmlich für die Fütterung an Wiederkäuer geeignet. Sie bestehen hauptsächlich aus vegetativen Pflanzenteilen oder aus einem Gemisch aus vegetativen und generativen Pflanzenteilen. Grünfütter wird auf Grünland, das meistens eine über Jahre entstandene Pflanzengemeinschaft zeigt, oder mittels Ackerfütterbau (kontrollierte Pflanzenmischungen, meistens Gemisch aus Gräsern und Leguminosen) gewonnen. Bei der Art der Nutzung wird zwischen Mähnutzung und Weidenutzung unterschieden.

2.7.1 Inhaltsstoffe von Grünfütter

Der Gehalt an Inhaltsstoffen variiert in Abhängigkeit von den aus Abbildung 5 ersichtlichen Gründen stark. Der Hauptbestandteil der organischen Masse sind Kohlenhydrate, deren Zusammensetzung höchst unterschiedlich sein kann. Zum Beispiel besitzen junge Blätter einen hohen Anteil an Zellsaft, in dem sich viele wasserlösliche Kohlenhydrate (Glucose, Fructose, Saccharose) befinden. Gräser weisen im Vergleich zu Leguminosen einen höheren „Zuckergehalt“ auf. Im Streckenwachstum findet ein starkes Einlagern von Zellulose und Hemizellulose in den Zellwänden der Stängel statt. Mit zunehmendem Pflanzenalter kommt es zu einer vermehrten Einlagerung von Lignin in die

Zellwände (Lignifizierung). Dies führt zu einer verminderten Verdaulichkeit (McDONALD et al. 1988).

Die in Abbildung 5 dargestellten Einflussgrößen führen zu unterschiedlichen Rohproteingehalten von Wiesenfutter. Entscheidend für den Rohproteingehalt ist das Blatt-Stängel-Verhältnis. Bei einem hohen Blattanteil bei jungem Futter hat man einen dementsprechend hohen Rohproteingehalt. Dieser ist auch erhöht, weil die Nährstoffaufnahme (Stickstoff) dem Wachstum vorausseilt, wohingegen mit der Zunahme des Stängelanteils der XP-Gehalt abnimmt (JEROCH et al. 2008).

Der NPN-Gehalt des Futters sinkt mit dessen Alter. Generell kann man sagen, dass der NPN-Gehalt umso höher ist, je besser die Wachstumsbedingungen sind.

2.7.1.1 Einfluss des Vegetationsstadiums

Im Laufe der Pflanzenentwicklung durchläuft die Pflanze unterschiedliche Vegetationsstadien (Bestockung, Schossen, Beginn Ähren – Rispschieben, Ähren- Rispschieben, Beginn Blüte, Blüte, Ende Blüte, Überständig). Diese Veränderungen der Reife sind verbunden mit einer Steigerung des TM-Ertrages, einer Zunahme des Stängel- und Blütenanteils sowie mit einem Rückgang des Blattanteils (MINSON 1990). Das Vegetationsstadium beeinflusst die Zusammensetzung und den Nährstoffgehalt des Futters wesentlich. Der Anteil an leicht verdaulichen Nährstoffen (Zucker, XP) geht im Laufe der Vegetation zurück und der Anteil der nicht bzw. schwer verdaulichen Nährstoffe (ADF, ADL, NDF) nimmt kontinuierlich zu. Der Effekt des Pflanzenalters auf die Verdauung resultiert hauptsächlich aus der Veränderung der Pflanzenmorphologie und der Zellwandbestandteile. Dadurch werden Futteraufnahme und Verdaulichkeit beeinflusst (Van SOEST 1994). Der Schnittzeitpunkt ist somit die Haupteinflussgröße auf die verfügbaren Pflanzeninhaltsstoffe.

Es gibt einen Zusammenhang zwischen Vegetationsstadium und Abbaubarkeit, denn mit zunehmendem Alter der Pflanzen nimmt die Verdaulichkeit ab. Diese Beziehung ist aber insofern kompliziert, als dass es im Frühjahr eine Periode von einigen Wochen gibt, in der die Futterabbaubarkeit annähernd konstant bleibt. Diese Phase wird als Plateau beschrieben (McDONALD et al. 1988). Nach dieser Plateauphase geht die Verdaulichkeit sehr schnell zurück, der Rohproteinanteil sinkt und Zellulose, Hemizellulose und Lignin werden

vermehrt eingelagert (JARRIGE & MINSON 1964). Dieser schnelle Rückgang der Verdaulichkeit ist beim ersten Aufwuchs viel stärker ausgeprägt als bei den Folgeaufwüchsen (MINSON 1990)

In Tabelle 3 wird ersichtlich, wie stark die Verdaulichkeit der TM pro Vegetationstag zurückgeht. So beträgt sie bei Folgeaufwüchsen von z.B. Knaulgras und engl. Raygras nur ein Drittel des Wertes des ersten Aufwuchses. Für Rotklee beläuft sich der Rückgang der Trockenmasseabbaubarkeit beim ersten Schnitt 0,0033 je Tag beim 2. Aufwuchs jedoch nur noch 0,0021 je Tag (KIVIMAE 1959).

Tabelle 3: Rückgang der Verdaulichkeit der TM (% je Tag) für den ersten Aufwuchs (nach MINSON 1990)

Spezies	Mittelwert	Spanne	Referenz
Hafer	0,58	0,37 – 0,78	Mayer et al. (1957), Taji (1967)
Knaulgras	0,49	0,33 – 0,95	Minson et al. (1964), Murdock et al. (1961), Spahr et al. (1961), Mowat et al. (1965), Haenleim et al. (1966), Brown et al. (1968), Calder & MacLeod (1968), Colburn et al. (1968), Sheehan (1969), Reid et al. (1978)
Italienisches Raygras	0,41	0,40 – 0,42	Minson et al. (1964), Sheehan (1969)
Engl. Raygras	0,52	0,43 – 0,75	Minson et al. (1964), Wilson & McCarrick (1967), Sheehan (1969), Reid et al. (1978), Anderson (1982)
Timothe	0,46	0,29 – 0,72	Swift et al. (1952), Kivimae (1959, 1965), Lloyd et al. (1961), Mellin et al. (1962), Mowat et al. (1966), Colovos et al. (1966), Heaney et al. (1966), Wilson & McCarrick (1967), Brown et al. (1968), Calder & McLeod (1968), Langille & Calder (1968)
Wiesenrispengras	0,41		Reid et al. (1964)
Luzerne	0,37	0,28 – 0,48	Martz et al. (1960), Weir et al. (1960), Spahr et al. (1961), Mowat et al. (1965), Davis et al. (1968), Calder & MacLeod (1968)
Rotklee	0,33		Kivimae (1959)

Mit fortschreitendem Vegetationsstadium kommt es zu einer Veränderung des Blatt/Stängel Verhältnisses zu Gunsten des Stängels, daraus resultieren Unterschiede in der Abbaubarkeit von Gräsern (McDONALD et al. 1988). Die Blätter sind besser abbaubar, weil sie sich leichter zerkauen (zerkleinern) lassen und schneller den Pansen passieren können (MINSON 1990). Im Stängel selbst werden vermehrt Gerüstsubstanzen und Lignin eingelagert, was die Verdaulichkeit der Zellwand und des Zellinhalts weiter verschlechtert

(Van SOEST 1994). Die Veränderung der Zellwände kann als Hauptursache für die Verschlechterung der Verdaulichkeit angesehen werden. Der Rohfasergehalt steigt beispielsweise von 200 mg/kg TM bei jungem Futter bis auf über 400 mg/kg TM bei überständigem Futter (McDONALD et al. 1988).

2.7.1.2 Einfluss der Pflanzenspezieszusammensetzung

Leguminosen unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung stark von Gras. Sie besitzen höhere Protein und Mineralstoffgehalte und ihre Nährstoffgehalte gehen mit dem Alter weniger stark zurück (McDONALD et al. 1988). Der höhere XP-Gehalt bei Leguminosen resultiert aus der Fähigkeit, mittels Knöllchenbakterien N_2 aus der Atmosphäre zu binden (Van SOEST 1994). Generell führt das Verfüttern von Leguminosen im Vergleich zu Gräsern zu einer höheren Tierleistung (DILLON 2006). Leguminosenreiche Bestände besitzen eine höhere Nutzungselastizität, d.h. sie zeigen mit fortschreitendem Alter einen weniger starken Rückgang der Verdaulichkeit als grasbetonte Mischungen (JEROCH et al. 2008). Versuche zeigen, dass eine Mischung aus Englischem Raygras mit Weißklee, verglichen mit reinem Englischem Raygras, zu einer höheren Futteraufnahme und Milchleistung führt (WILKINS et al. 1994, RIBEIRO-FIHLO et al. 2003).

HARRIS et al. (1997) zeigten in einem Versuch, dass sich bei der Verfütterung einer Grasmischung mit einem Anteil von 55 – 65 % Klee die Milchleistung der Kühe um 20 % steigerte, im Vergleich zu Kühen, die mit einer Grasmischung mit nur 20 % Kleeanteil gefüttert wurden. Klee hat weniger Strukturkohlenhydrate, was zu einem schnelleren Abbau der OM, des Stickstoffs und der Zellwände führt (BEEVER & SIDDONS 1986, AITCHISON et al. 1986, BEEVER et al. 1986).

Verschiedene Gräser sind unter gleichen Umweltbedingungen oft unterschiedlich abbaubar. Beispielsweise weist das in unseren Breiten oft angebaute Knaulgras eine schlechtere in-vitro Verdaulichkeit auf als Englisches Raygras oder Timotheegras (Van SOEST 1994). Die Besonderheit einiger Gräser (Timotheegras) besteht darin, dass der Stamm ein Reserveorgan darstellt und eine höhere Qualität besitzt als die Blätter (Van. SOEST 1994).

Kräuter besitzen wie Leguminosen einen höheren XP-Gehalt, mehr Vitamine und Mineralstoffe als Gräser und beeinflussen den Futterwert einer Wiese

durchwegs positiv, sofern es sich nicht um Giftpflanzen handelt (JEROCH et al. 2008).

2.7.1.3 Einfluss des Klimas und der Umwelt

Das Klima und die Umwelt beeinflussen die Pflanzenzusammensetzung sehr stark. Die Haupteinflussgrößen sind dabei Temperatur, Licht, Wasser, Düngung und Boden.

Mit steigender Umgebungstemperatur sinkt die Verdaulichkeit, was zwei Gründe hat: Zum einen kommt es bei höheren Temperaturen zu vermehrter Lignifizierung der Zellwand und zum anderen führt eine hohe Temperatur zu einem schnelleren Stoffwechsel in der Pflanze. Dies bringt mit sich, dass Photosyntheseprodukte schneller zu Strukturkomponenten umgebaut werden. Das heißt, dass der Anteil an löslichem Zucker, Protein und Stickstoff zurückgeht und der Anteil von Strukturzellwandbestandteilen zunimmt (Van SOEST 1994). Eine Übersicht über die Veränderung der Verdaulichkeit bei steigender Temperatur ist in Tabelle 4 ersichtlich (WILSON & MINSON 1980).

Tabelle 4: Durchschnittliche Veränderung der TM-Verdaulichkeit (%) pro Grad Temperaturanstieg (nach WILSON & MINSON 1980)

Pflanzenteile	Gräser	Leguminosen
Blätter	-0,0064	-0,0009
Halme (Stamm)	-0,0076	-0,0022
Blütenstände	-0,0056	-0,0021

Licht ist die Energiequelle für die Pflanzen und ist essentiell für die Photosynthese. Einige Parameter spielen hierbei eine Rolle: aufgenommenes Licht, Lichtintensität und Tageslänge. Die bei der Photosynthese gewonnene Energie (Glucose) wird für das Pflanzenwachstum benötigt. Der Umbau von Stickstoff zu Ammoniak und weiter zu Aminosäuren benötigt ebenfalls die aus der Photosynthese gewonnene Energie. Der Anteil an Zellinhaltsstoffen nimmt bei zunehmendem Licht ab (Van SOEST 1994), dennoch zeigen Studien, dass eine erhöhte Strahlung zu einer höheren Verdaulichkeit führen kann (GARZA et al. 1965, WILSON & WONG 1982).

Wolken und Nebel führen zu einer Verminderung des Nährstoffgehalts und der Abbaubarkeit, weiters ist die Stickstoffakkumulation bei kaltem und trübem Wetter am größten (Van SOEST 1994). Nitrat im Futter ist relativ ungiftig, aber es wird im Wiederkäuer zu Nitrit umgewandelt, was Hämoglobin zu Methämoglobin oxidiert, welches keinen Sauerstoff transportieren kann. Es

wird berichtet, dass ein Nitratgehalt über 0,7 g/kg TM bei Gras bereits toxisch wirkt (McDONALD et al. 1988). Hohe Nitratgehalte weist Wiesenfutter vor allen bei hohem Düngungsniveau im Herbst auf. Die Pflanzen nehmen dann mehr Nitrat auf, als in der Pflanze umgesetzt werden kann. Die Ursache liegt darin, dass die Pflanzen aufgrund einer durch die Jahreszeit bedingten verringerten Strahlung zu wenig Photosynthese betreiben. Der somit in zu geringem Umfang produzierte Zucker reicht nicht aus, um den Stickstoff in Eiweißverbindungen umzubauen.

Wassermangel verzögert die Pflanzenentwicklung und verlangsamt die Reife mit dem Resultat, dass der Ertrag vermindert und die Abbaubarkeit erhöht werden (Van SOEST 1994). Verschiedene Studien zeigen, dass ein Wassermangel die Abbaubarkeit erhöht und Bewässerung sie vermindert (WILSON 1981 und 1983, EVANS & WILSON 1984, COLLINS 1985, DIAS FIHLO et al. 1991).

2.7.1.4 Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Abbaubarkeit

Die Stickstoffdüngung hat, verglichen mit anderen mineralischen Elementen in Düngern, großen Einfluss auf die Pflanzenzusammensetzung (Van SOEST 1994). Pflanzen reagieren auf Nährstoffmangel in der Regel mit eingeschränktem Wachstum oder sie reduzieren den Mangelnährstoff in ihrem Gewebe (McDONALD et al. 1988). Stickstoffdüngung erhöht den Proteingehalt des Futters. Aminosäuren und Protein werden mit Hilfe von Zuckersynthetisiert, was zur Folge hat, dass eine hohe Stickstoffgabe zu einer Minderung des Zuckergehalts führt (Van SOEST 1994). Dieser Effekt ist bei höheren Temperaturen stärker ausgeprägt. Bei niedrigen Temperaturen wird der Stickstoff in der Pflanze akkumuliert.

Protein und Nitrat befinden sich im Allgemeinen im Zellinhalt, was den Anteil an Zellwand mindert und somit die Abbaubarkeit erhöht. Dieser Umstand kann die gesteigerte Lignifizierung der Zellwand kompensieren, wenn ausreichend Stickstoff zur Verfügung steht (Van SOEST 1994). Bei höheren Stickstoffgaben kommt es bei Wiesenfutter zu einer höheren Abbaubarkeit von OM und NDF (SALÜN 1999).

2.8 Nylon Bag-Methode

Die Nylon Bag-Methode wird auch in situ- oder in sacco-Technik genannt. In den letzten Jahrzehnten kam es, mit der immer weiter fortschreitenden Intensivierung der Tierhaltung, zu der Frage, wie sich Futtermittel im Gastrointestinaltrakt verhalten und wie man dies schätzen bzw. simulieren kann. Mit der in situ-Methode kann die Abbaukinetik von verschiedenen Futterfraktionen verfolgt und ermittelt werden.

Die Methode wurde erstmals 1938 von Quin vorgeschlagen, um die Faserverdauung im Pansen zu untersuchen. Er verwendete dabei dünne Seidentaschen und inkubierte diese im Pansen von Schafen. Zwischen 1938 und 1979 gab es einige Wissenschaftler, die sich mit dieser Methode beschäftigten. Der Durchbruch der Methode gelang ORSKOV & McDONALD im Jahr 1979, die dieses Verfahren exakt beschrieben. Seither wird es als Standardmethode für die Testung der Abbaubarkeiten von Futterinhaltsstoffen verwendet. AFRC (1993) definiert die in situ-Methode als Standard zur Charakterisierung von N-Abbaubarkeit im Pansen.

Die in situ-Methode ist eine einfache Methode, bei der man fistulierte Tiere, einen Trockenschrank, Probenmaterial und Nylon Bags benötigt. Mit Hilfe dieser Methode ist es möglich, innerhalb kurzer Zeit die Abbaubarkeit von Futtermitteln zu untersuchen. Laut SÜDEKUM (2005) liegt der große Vorteil der Methode darin, dass die wesentlichen Verfahrensschritte nah am eigentlichen Objekt, dem Wiederkäuer, durchgeführt werden können. Sie kann somit als biologisch begründete Methode betrachtet werden.

2.8.1 Variationsquellen der Nylon Bag-Methode

Um bei der in situ-Methode gut reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, muss sie unter genau definierten und standardisierten Bedingungen durchgeführt werden. Andernfalls kommt es zu großen Streuungen der Ergebnisse. Einige Wissenschaftler haben sich mit den Ursachen dieser Variationen beschäftigt und Übersichtsarbeiten verfasst (LINDBERG 1981a und 1981b, ORSKOV 1982, NOCEK 1988, Van der KOELEN et al. 1988, HUNTIGTON & GIVENS 1995, VANZANT et al. 1998, SEBEK & EVERTS 1999, SCHMIDT et al. 2002, SÜDEKUM 2005). Die häufigsten Variationsursachen werden nachfolgend beschrieben.

2.8.1.1 Porengröße der Nylon Bags

Die Wahl der Porengröße ist entscheidend für die während der Inkubation ablaufenden Vorgänge und stellt bei Versuchen meistens einen Kompromiss dar. Nach ORSKOV werden Porengrößen zwischen 20 – 40 µm verwendet. Kleine Porendurchmesser verhindern zwar, dass Futterpartikel aus den Bags verloren gehen, sie lassen jedoch keine schnelle Besiedelung durch Mikroorganismen zu bzw. behindern eine Besiedelung durch Protozoen. Die Kontamination durch Protozoen ist beispielsweise bei Porendurchmessern unter 5 µm stark herabgesetzt. Zu einer befriedigenden Besiedelung durch Protozoen kommt es erst bei einem Durchmesser von 30 µm (MEYER & MACKIE 1986). LINDBERG & KNUTSSEN (1980) untersuchten Bags mit unterschiedlichem Porendurchmesser. Sie stellten fest, dass es zu keiner signifikanten Steigerung der Partikelverluste bei einer Steigerung der Porengröße von 5 auf 10 µm und von 20 auf 30 µm kam. Bei der Erhöhung des Durchmessers von 10 auf 20 µm konnten jedoch signifikante Unterschiede festgestellt werden. LINDBERG & KNUTSSEN (1980) schlugen deshalb 10 µm als idealen Porendurchmesser der Nylon Bags vor.

UDEN & Van SOEST (1984) untersuchten den Zellwandabbau von Timotheegras und stellten eine gesteigerte Abbaubarkeit bei einer Vergrößerung der Porendurchmesser (20, 37, 53 µm) fest. Somit stellt die Wahl der adäquaten Porengröße einen Kompromiss zwischen exzessiv hohe Partikelverlusten und vermindertem Durchlass für MO dar.

2.8.1.2 Probenvorbehandlung

Es ist erforderlich, die Proben zu trocknen, um diese über längere Zeit haltbar zu machen. Es gibt dafür mehrere Möglichkeiten. Bei der Trocknung im Trockenschrank ist es wichtig, mit niedriger Temperatur zu trocknen, um die Abbaubarkeit nicht zu verschlechtern (Maillard-Reaktion). Eine weitere Möglichkeit stellt die Gefriertrocknung dar. Sie ist besonders geeignet für Futtermittel mit flüchtigen Inhaltsstoffen (flüchtige Fettsäuren). Gefriergetrocknete Silagen und Grünfütter zeigen eine höhere Abbaubarkeit der TM, OM und N in den ersten 12 h der Inkubation, gegenüber den im Trockenschrank getrockneten Proben (VIK-MO 1989).

Das Mahlen oder Häckseln der Proben ist notwendig, da die Proben nicht vom Tier durch Kauen und Wiederkauen zerkleinert werden. Sie werden direkt im

Pansen positioniert und sollten deshalb dementsprechend vorbehandelt sein, um vergleichbare Ergebnisse zu erreichen. Durch das Mahlen erzielt man außerdem eine höhere Homogenität der Proben und eine größere Angriffsfläche der Futterpartikel für die Mikroben.

Neben der Reduktion der Partikelgröße beim Mahlen hat auch die Partikelgrößenverteilung eines Futtermittels Einfluss auf die in situ-Technik. Die Verteilung der Pflanzenfragmente nach dem Mahlen hat einen Einfluss auf die Abbaubarkeit eines Futtermittels. Es kommt beispielsweise bei einer Vermahlung durch ein 2 mm-Sieb zu unterschiedlichen Größenverteilungen abhängig von dem Verhältnis der wesentlichen Pflanzenbestandteile (Blatt/Blattscheide/Stängel-Verhältnis) (EMANUELE & STAPLES 1988). Generell werden bei gleichem Siebdurchmesser die Blätter feiner gemahlen als der Stängel.

MICHALET-DOREAU & CERNEAU (1991) haben festgestellt, dass die Siebgröße einen signifikanten Einfluss auf die Partikelgröße hat und dass eine Interaktion zwischen Mahlsiebgröße und Futtermittel existiert. Es wird in Tabelle 5 klar ersichtlich, dass eine Siebgröße von 2 mm nicht bedeutet, dass alle Partikel diese Größe aufweisen. Es heißt nur, dass die größten Bestandteile der jeweiligen Probe nicht größer als 2 mm sind. Außerdem wird bei gleicher Siebgröße eine unterschiedliche Mahlempfindlichkeit zwischen Knaulgrasheu und Luzerneheu deutlich. Das Luzerneheu weist beispielsweise bei 3 mm Siebdurchmesser eine durchschnittliche Partikelgröße auf, die doppelt so gering ist wie bei Knaulgrasheu bei selbem Siebdurchmesser.

Tabelle 5: Einfluss der Mahlfeinheit auf die Futterpartikelgröße (HUNTINGTON & GIVENS 1995)

Futter	Siebgröße mm	Durchschnittliche Partikelgröße µm	Trockenmasse	
			gelöst %	anfängliche Verluste %
Gerste	0,8	52	12,8	31,2
	3,0	161	7,0	21,2
	6,0	538	5,7	19,8
Mais	0,8	186	14,6	17,9
	3,0	304	8,9	11,3
	6,0	450	1,8	13,1
Luzerneheu	0,8	199	25,6	7,5
	3,0	435	22,3	5,4
	6,0	747	24,5	5,5
Knaulgrasheu	0,8	348	19,5	4,3
	3,0	934	17,3	3,0
	6,0	1500	16,6	2,5

Das Einwägen der Proben sollte so vorgenommen werden, dass die Bags mit langer Inkubationszeit noch genügend Restmaterial für die Analyse im Labor beinhalten. Ein Überfüllen der Bags sollte jedoch gleichzeitig vermieden werden. Dabei ist das Verhältnis Probenmenge zu Bagoberfläche entscheidend. Für trockene Proben empfehlen HUNTINGTON & GIVENS (1995) eine Probenmenge von 16 mg/cm². Das Verhältnis ist stark abhängig von der Porengröße der Bags, deshalb gibt es in der Literatur auch viele unterschiedliche Empfehlungen.

2.8.1.3 Inkubation der Bags im Pansen

Die Anzahl der inkubierten Beutel hat keinen Einfluss auf die Abbaubarkeit der Proben. Das ging aus einem Versuch von HUNTINGTON & GIVENS (1995) hervor, die 20, 40 und 60 Beutel gleichzeitig in Rindern inkubierten. Es muss jedoch gewährleistet werden, dass sich die Beutel im Pansen frei bewegen können, sodass sie von Pansenflüssigkeit umspült werden können. Das ist wichtig, dass eine schnelle mikrobielle Besiedelung stattfinden kann.

Üblicherweise werden die Bags in die flüssige Phase des ventralen Pansensacks inkubiert. Eine mikrobielle Besiedelung findet dort schneller statt, die Beutel sind besser beweglich und werden besser von Pansensaft umspült. Die mikrobielle Aktivität im dorsalen Pansensack ist deutlich höher (TAF AJ et al.

2004), doch sind die Mikroorganismen hier in der Regel schon an Futterbestandteile gebunden.

Die Schnur, an der die Proben befestigt sind, sollte so lang sein, dass sie von der Fistelöffnung bis zum Boden des Pansens reicht. Eine eingeschränkte Beweglichkeit der Bags im Pansen führt zu einer Unterschätzung der Abbaubarkeit (HUNTINGTON & GIVENS 1995).

In der Literatur finden sich zwei unterschiedliche Arten von Inkubationssequenzen. Zum einem befürworteten Wissenschaftler aus Nordamerika ein Einhängen der Bags nacheinander und ein gleichzeitiges Herausnehmen. Wissenschaftler aus Europa propagieren hingegen eine gleichzeitige Inkubation aller Bags und ein Herausnehmen der Bags nacheinander je nach Inkubationsdauer. Bei ersteren wird damit argumentiert, dass alle Proben von Anfang an gleichen Bedingungen ausgesetzt sind und somit besser vergleichbar sind. Bei beiden Systemen wird die Fermentation beim Anhängen oder Entfernen von Säckchen gestört, da der Sauerstoffkontakt beim Wechselvorgang die Abbauprozesse von anaeroben Mikroorganismen beeinträchtigt. Dieser Umstand lässt sich jedoch nicht vermeiden, deshalb sollte versucht werden, die inkubierten Bags so wenig wie möglich mit der Außenluft in Kontakt zu bringen.

2.8.1.4 Bagnachbehandlung

Die Behandlung der Bags nach der Inkubation variiert zwischen den einzelnen Versuchsanstalten stark. Einheitlich ist lediglich das sofortige Unterbinden der mikrobiellen Aktivität durch Tauchen in Eiswasser oder Ethanol nach dem Herausnehmen aus dem Pansen. Das Waschen der Bags nach der Inkubation ist erforderlich, um die sich in den Bags befindlichen Mikroben auszuwaschen. Das wird sehr unterschiedlich durchgeführt und variiert zwischen einer Handwaschung unter laufendem Wasser bis zu einer Waschmaschinenwaschung mit verschiedenen Waschprogrammen. Diese Bakterienkontamination der Rückstände in den Bags führen zu einer Unterschätzung der Abbaubarkeit (MATHERS & AITCHISON 1981, VARVIKKO & LINDBERG 1985, MICHALET-DOREAU & OULD-BAH 1989) und zu einer verfälschten lag-Phase und mangelhafter Bewertung der Stickstoffabbaubarkeit (NOCEK & GRANT 1987). Varvikko & Lindberg (1985) konnten bei kurzen Inkubationszeiten sogar eine Zunahme der Trockenmasse der Proben durch

Mikrobenkontamination und das Eindringen von kleinen Partikeln in die Bags nachweisen. Speziell langsam abbaubare Futtermittel mit geringem Stickstoffgehalt werden durch die Mikrobenreste in ihrer Stickstoffabbaubarkeit erheblich überschätzt (HUNTINGTON & GIVENS 1995).

2.8.1.5 Einfluss der Tiere auf die in situ-Abbaubarkeit

Für die in situ-Versuche werden pansen-fistulierte Rinder und Schafe verwendet. Die Unterschiede der Futterabbaubarkeit zwischen Rindern und Schafen sind hauptsächlich auf die unterschiedlichen Passageraten zurückzuführen (HUNTINGTON & GIVENS 1995). Rinder zeigen beispielsweise eine höhere Abbaubarkeit von nährstoffarmen Proben als Schafe (PLAYNE et al. 1978). Rinder werden aus arbeitstechnischer Sicht bevorzugt verwendet, da mehr Proben auf einmal inkubiert werden können.

Innerartliche Unterschiede bei in situ-Ergebnissen treten hauptsächlich auf, wenn sich der physiologische Zustand der Tiere unterscheidet (HUNTINGTON & GIVENS 1995), was bei Versuchen mit mehreren Tieren von Bedeutung ist. Innertierliche Unterschiede wurden von Mehrez & Orskov (1977) untersucht. Sie kamen dabei zum Schluss, dass die Unterschiede eines Tieres am geringsten sind, wenn die Proben gleichzeitig inkubiert werden. Sie werden größer, wenn die Zeitspanne zwischen der Probendurchführung größer wird. Der innerbetriebliche Einsatz von Referenzproben, bei welchen die Abbaubarkeiten bekannt sind, hat sich bewährt um die Genauigkeit der Untersuchung zu erhöhen (BARRIO et al. 1986, STERN & SATTER 1984, NOCEK 1985, NOCEK & GRANT 1987, MICHALET-DORAU et al. 1987; NOCEK & KOHN 1988).

Stress beim Umgang mit den Tieren hat ebenfalls Einfluss auf die Probenabbaubarkeit. In Stresssituationen sind der Herzschlag und auch die Kontraktionen im Pansen beschleunigt, was zu einem höheren TM-Abbau führt (LIRETTE et al. 1988). Die Umweltbedingungen sollten für die Tiere so sein, dass Stress minimiert wird.

Die Ration beeinflusst in starkem Maße die Abbaubarkeit der Probe und die mikrobielle Zusammensetzung des Pansens. Jedoch bleibt bei unterschiedlichen Rationen die Gesamtanzahl der Mikroben annähernd gleich, es ändert sich nur deren Zusammensetzung (HUNGATE et al. 1952).

Tabelle 6.: Vergleich von Methoden zur Messung der ruminalen Abbaubarkeit (nach VANZANT et al. 1998)

Arbeitsschritt	Orskov (1982)	Lindberg (1985)	Nocek (1988)	AFRC (1993)	Michlet-Doreau und Ould-Bah (1992)	Madsen und Hvelplund (1994)	Ettle et al. (2002)	Wilkerson et al. (1995)
Ration	wie Versuchsfutter	50 % Heu 50 % Kraftfutter	wie Probe	60 % Heu 40 % Kraftfutter	wie Probe	33 % Heu 67 % KF	33 % Heu 67 % KF	Alle Futtermittel
Fütterungsniveau	k.A.	Erhaltungsbedarf	ad libitum	Erhaltungsbedarf	k.A.	Erhaltungsbedarf	Erhaltungsbedarf	k.A.
Säckchen								
Porengröße (µm)	20 – 40	35 – 40	40 – 60	40 – 50	40 – 60	30 – 50	30 – 50	53
Probenmenge/Oberfläche (mg/cm ²)	12 – 20	10 – 15	10 – 20	12	15	10-15	10 – 15	12,5
Probenvermahlungsgrad								
Konzentrate (mm)	2,5 – 3	1,5	2	2,5	1,5 – 3	1,5 – 2,5	1,5 – 2,5	2
Raufutter (mm)	2,5 – 5	1,5	5	4	1,5 – 3	1,5 – 2,5	1,5 – 2,5	2
Wiederholungen								
Anzahl der Tiere	2 – 4	3 – 4	2	3	k.A.	3	2	1 – 4
Anzahl der Tage	1 – 2	k. A.	k. A.	1	k. A.	1	k. A.	1 – 4
Anzahl der Säckchen	1 – 4	k. A.	2	1	k. A.	2	4	1 – 8
Vorbehandlung	k. A.	k. A.	Voreinweichen	Nein	Nein	k. A.	k. A.	Voreinweichen
Inkubationsmerkmale								
Tiere	Rind oder Schaf	Rind	Alle	k. A.	k. A.	Rind, Schaf, Zeige	Rind, Schaf, Zeige	Rind
Lage im Pansen	Kontakt mit Flüssigkeit und Feststoffen	Ventraler Pansensack frei beweglich	k. A.	Frei in flüssiger Phase	k. A.	k. A.	k. A.	Ventraler Pansensack, frei beweglich
Regeln für Einhängen und Entnahme	Gleichzeitiges Einhängen	k. A.	Gleichzeitige Entnahme	Jeder Versuch einzeln	Gleichzeitiges Einhängen	Gleichzeitiges Einhängen	Gleichzeitiges Einhängen	Gleichzeitige Entnahme
Zeiten (h)	2, 6, 12, 24, 36	2, 4, 8, 16, 24, 48 bei Raufutter	6 – 12 Zeiten bis 24h >24h andere	KF.: 0, 2, 6, 8, 24, 48 RF.: 0, 8, 12, 24, 48, 72	Entsprechend der Kurve	0, 2, 4, 8, 16, 24, 48,	0, 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72, 96	16h für Test, Zeit nach Rate
Waschen	Hand	Hand	Hand	Maschine	k. A.	Maschine	Maschine	Hand
Mikrobielle Korrektur	Korrektur	k. A.	Korrektur	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Standardfutter	k. A.	k. A.	ja	k. A.	ja	ja	ja	k. A.

3 MATERIAL UND METHODEN

3.1 Untersuchte Futterproben

Das Probenmaterial setzte sich aus 42 Einzelproben zusammen, die sich hinsichtlich Vegetationsstadium, Jahr und Aufwuchs voneinander unterschieden. Die Proben wurden im Rahmen eines Vegetationsversuchs vom LFZ Raumberg-Gumpenstein in den Jahren 2001, 2002 und 2003 gesammelt. Neben der in situ-Untersuchung wurde ein Fütterungsversuch mit Milchkühen durchgeführt. Dabei sollte der Einfluss des Vegetationsstadiums auf Futteraufnahme und Milchleistung geprüft werden. Das Grundfutter setzte sich aus 75 % Versuchsfutter, 10 % Heu und 15 % Maissilage zusammen. Die Kühe bekamen zusätzlich unterschiedliche Mengen an Kraftfutter (0, 25 und 50 % der Ration). Neben den Fütterungsversuch mit Kühen wurde die Verdaulichkeit des Wiesenfutters an Schafen ermittelt.

Bei den Proben selbst handelt es sich um Grünfutter, das von zwei unterschiedlichen Wiesen gewonnen wurde: zum einen von der Thalhammer Wiese und zum anderen von der Stainacher Wiese. Die beiden Wiesen liegen im Talboden der Enns, wobei die Stainacher Wiese deutlich näher bei der Enns liegt. Ursprünglich waren beide Flächen für das Ennstal typische Nasswiesen, die aber im Zuge der Ausbaggerung der Enns in den Jahren 1981 bis 1987 trockengelegt wurden. Eine detaillierte Beschreibung der botanischen Zusammensetzung findet sich in den Tabelle 25 – 26 im Anhang.

Beide Wiesen bestanden in ihrer botanischen Zusammensetzung im Mittel der Jahre hinweg aus:

- 57 % Gräsern,
- 20 % Leguminosen und
- 28 % Kräutern

Die Zusammensetzung dieser drei Artengruppen entspricht laut BUCHGRABER et al. (1994) einem idealen, leistungsfähigen Bestand für Dauergrünland, wobei größere Spannweiten bei den einzelnen Artengruppen möglich sind.

Tabelle 7: Idealer und leistungsfähiger Bestand für Dauergrünland
(BUCHGRABER et al. 1994)

<p>50 – 60 % Gräser</p> <ul style="list-style-type: none"> • 15 – 25 % Untergräser (Wiesenrispe, Rotschwingel etc.) • 15 – 20 % Mittelgräser (Goldhafer, Englisches Raygras etc.) • 20 – 30 % Obergräser (Knaulgras, Wiesenschwingel, Glatthafer etc.)
<p>10 – 30 % Leguminosen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Weißklee, Wiesenrotklee, Hornklee, Wicken etc.
<p>10 – 30 % Kräuter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alle krautigen Pflanzen außer Problemkräuter wie Ampfer, Geißfuß etc.

3.1.1 Charakterisierung der Stainacher Wiese

Die Wiese wurde in den Jahren 1998 bis 2000 einheitlich bewirtschaftet, um die Unterschiede durch vorangehende Versuche weitgehend auszugleichen und einen möglichst homogenen Pflanzenbestand zu erreichen. Vom Wiesentyp her handelt es sich um eine für das Ennstal typische Fuchsschwanzwiese. Die Stainacher Wiese wurde im Jahr 2000 und 2004 jeweils viermal von Dr. Sobotik bonitiert, dabei zeigte die Wiese vier deutlich verschiedene Bestandestypen. Im Jahr 2000 ließen sich die vier Typen, die sich mosaikartig über die Fläche verteilen, in einen Schlankseggen-reichen Typ (10 – 15 %), einen Rohrglanzgras-reichen Typ (5 %), eine typische Fuchsschwanzwiese (40 – 50 %) und in einen queckenreichen Typ (25 – 35 %) einteilen.

Bei der zweiten Bonitierung im Jahr 2004 konnte man auf der Fläche immer noch die vier Typen unterscheiden. Die Bestände wurden jedoch viel homogener, vor allem durch die Zunahme des Fuchsschwanzanteils auf der gesamten Fläche. Der Anteil von Rotklee und Wiesenrispe stieg bis zum Jahr 2004 deutlich an. Insgesamt wurden 67 Pflanzenarten auf der Stainacher Wiese gefunden, somit ist sie eine sehr artenreiche, aber auch heterogene Wiese.

3.1.2 Charakterisierung der Thalhammer Wiese

Bei der Thalhammer Wiese handelt es sich um eine Neuansaat vom 21.04.1999 mit der Wechselwiesenmischung WR, das ist eine in Gumpenstein entwickelte Mischung für rauere Lagen und sollte bei optimaler Nutzung nach ca. drei Jahren in einen Dauerwiesenbestand übergehen. In Tabelle 8 werden das Mischungsverhältnis und die Zusammensetzung dieser Mischung ersichtlich.

Tabelle 8: Zusammensetzung der Wiesenmischung WR (DIE SAAT, 1999)

Arten	Ausgewählte Sorten	Mischungsanteil (%)
Rotklee	Gumpensteiner, Reichsberger Neu	10
Weißklee	Milkanova, Alice	10
Schwedenklee	Aurora	5
Hornklee	Oberhaunstädter	5
Engl. Raygras	Tivoli, Trani	5
Knaulgras	Lidaglo, Baraula, Tandem	15
Timothe	Tiller, Lirocco, Kampe, Rasant	20
Wiesenschwingel	Leopard, Cosmolit, Darimo, Laura	15
Rotschwingel	Condor, Echo, Gondolin	5
Wiesenrispe	Balin, Monopoly, Primo, Oxford	10

Die Wiese wurde ebenfalls von Frau Dr. Sobotnik im Jahr 2000 und im Jahr 2004 bonitiert. Bei der ersten Bestandsaufnahme im Mai 2000 zeigte die Wiese einen homogenen Bestand, in dem vor allem Timothegras, Wiesenschwingel, Weißklee und Rotklee hohe Deckungswerte einnahmen. Die restlichen ausgesäten Arten traten nur in einem sehr geringen Ausmaß auf. Im Jahr 2004 zeigte die Wiese einen heterogeneren Bestand, wobei das Timothegras stark zurückging. Von den angesäten Arten nahm der Anteil von Weißklee (Lückenfüller) bis zum Jahr 2004 stark zu und auch engl. Raygras, Wiesenrispe und Knaulgras brachten es zu höheren Deckungswerten als im Jahr 2000. Neben den gesäten Arten kam es bis zum Jahr 2004 zur Einwanderung vieler anderer Gräser und Kräutern. Beachtliche Deckungswerte erreichten die Quecke, die gemeine Rispe, das Rohrglanzgras und der Wiesenfuchsschwanz, um nur einige zu nennen. Allgemein wurde festgestellt, dass die Thalhammer Wiese eine weniger stark ausgeprägte Entwicklung in Richtung einer Fuchsschwanzwiese aufwies als die Stainacher Wiese. Der Übergang in eine Dauerwiese nach drei Nutzungsjahren, wie es in der Saatgutbeschreibung heißt, war auf der Thalhammer Wiese nicht zufriedenstellend (SOBOTNIK 2004).

3.2 Versuchsanlage

Die beiden beschriebenen Wiesen wurden in drei Abschnitte geteilt, um den Vegetationsverlauf der einzelnen Aufwüchse verfolgen zu können. Jeder einzelne Aufwuchs wurde über einen Zeitraum von 7 Wochen geerntet, wobei jede Woche für ein Vegetationsstadium steht. Die ersten Proben wurden nach ca. 4 Wochen Aufwuchsdauer gemäht. Dieses Wiesenfutter entsprach dem Vegetationsstadium „Beginn Weidereife“. Von dieser Woche an wurden wöchentlich

bis zur 7. Woche zwei Proben genommen. Das bedeutet für den ersten Aufwuchs, dass ab der 2. Maiwoche bis Ende Juni wöchentlich Proben unterschiedlicher Reife genommen wurden.

Auf dem Wiesenabschnitt für den 2. Aufwuchs wurde der 1. Aufwuchs nach landesüblicher Nutzung (Ende Mai) gemäht. Nach einer Aufwuchsdauer von vier Wochen, wurde mit der Beprobung des zweiten Aufwuchses begonnen. Von diesem Zeitpunkt an wurden über die folgenden sieben Wochen hinweg zweimal wöchentlich Proben gezogen.

Auf der Parzelle für den 3. Aufwuchs wurde der 1. und 2. Aufwuchs landesüblich genutzt (Ende Mai bzw. Ende Juli) und nach vier Wochen Aufwuchsdauer mit der 7-wöchigen Beprobung des dritten Aufwuchses begonnen. Eine genaue Auflistung der Erntetermine zeigt der Versuchsplan in Tabelle 9.

Tabelle 9: Versuchsplan für die Erntetermine¹⁾

1. Aufwuchs				2. Aufwuchs				3. Aufwuchs							
Probennahme 1. Aufwuchs				1. Schnitt: 4. Maiwoche Probennahme 2. Aufwuchs				1. Schnitt: 4. Maiwoche 2. Schnitt: 4. Juliwoche Probennahme 3. Aufwuchs							
												Mai		Juni	
2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	A.	September			Okt.	
							4	1	2	3	4	1	2		

¹⁾Die Zahlen in der Tabelle geben die Woche des jeweiligen Monats an.

Um einen möglichst homogenen Pflanzenbestand zu erreichen, wurden beide Wiesen mit einer Dauerwiesennachsaatmischung im Frühjahr nachgesät. Die Düngung der Wiesen erfolgte zu drei Zeitpunkten. Im Herbst wurde mit 13 m³/ha Gülle, die einem Trockenmassegehalt von 10 % einen Stickstoffgehalt von 4,48 g pro kg besaß, gedüngt. Weiters wurde nach dem zweiten und dritten Schnitt eine mineralische Düngung mit 200 kg Kalkammonsalpeter (NAC) durchgeführt, was eine Reinstickstoffmenge von jeweils 54 kg pro Gabe ausmacht.

Der Versuch wurde über drei Jahre (2001 – 2003) durchgeführt, um klimatisch bedingte Unterschiede im Vegetationsverlauf zwischen den Jahren auszugleichen. Aufgrund einer Überschwemmung im Jahr 2002 wurde der Aufwuchs 3 unbrauchbar. Dieser Aufwuchs wurde im Jahr 2003 nachgeholt.

Die Mahd der Flächen erfolgte mit einem Frontmähwerk der Firma Pöttinger bei einer Schnitthöhe von 6 cm.

Tabelle 10: Beprobte (X) Aufwüchse des Vegetationsversuchs

	2001	2002	2003
1. Aufwuchs	X	X	X
2. Aufwuchs	X	X	X
3. Aufwuchs	X	Überschwemmung	X

3.3 Probenvorbereitung

Die Proben wurden nach der Probennahme in einem Trockenschrank bei 50 Grad Celsius getrocknet und anschließend mit einer Mühle der Firma KURTZ (Type LS 253) durch ein 2 mm Sieb gemahlen. Die Trocknung feuchter Futtermittel im Trockenschrank ist nicht ideal, da sie laut Van SOEST & MASON (1991) zu einer Veränderung der chemischen Zusammensetzung führt. Die schonenderen Varianten sind die Gefriertrocknung oder eine Heißlufttrocknung unter 40 Grad. Diese führen jedoch ebenfalls zu einer Veränderung der Materialeigenschaften, darum empfiehlt SÜDEKUM (2005) bei Frischfutter, Silage und feuchten Getreidekörnern eine Einwaage in die Beutel im frischen Zustand. Eine sofortige Verarbeitung der Proben in frischem Zustand war aus arbeitstechnischen Gründen nicht möglich. Mangels einer Gefriertrocknung wurden die Proben schonend im Trockenschrank getrocknet.

Jede der 42 Proben setzte sich aus zwei Ausgangsproben zusammen. Diese ursprüngliche doppelte Anzahl der Proben kam deshalb zustande, weil in den Jahren der Probenziehung zwei Proben pro Woche gezogen wurden. Um die eigentliche Aussage über die Abbaubarkeit im Vegetationsverlauf von Wiesenfutter zu verstärken, wurden die zwei Proben einer Woche zu einer Probe vermischt. Auch aus arbeitstechnischer Sicht war das Vermischen von zwei Proben von Vorteil, weil der Versuchsaufwand dadurch halbiert wurde. Die jeweiligen Mischproben wurden dann für die eigentliche Untersuchung in die Nylon Bags gefüllt.

3.4 Methoden

3.4.1 In situ-Methode

Es handelt sich dabei um eine Methode, die sich aus einer komplexen Reihenfolge von Arbeitsschritten zusammensetzt, die in Abbildung 6 dargestellt ist. Die wesentlichen Parameter werden nachfolgend erläutert.

Abbildung 6: Übersicht über die wesentlichen Verfahrensschritte bei der in situ-Methode (nach SÜDEKUM 2005)



3.4.1.1 Nylon Bags

Die im vorliegenden Versuch verwendeten Nylon Bags, von der Firma ANKOM Technology (Fairport, NY), wurden aus Amerika importiert. Sie besitzen eine Abmessung von 10 × 20 cm und eine Maschenweite von 50 µm. Das Gewebe besteht aus pansenstabilem stickstofffreiem Polyester. Die Bags wurden in rohen Zustand gekauft, das heißt man musste sie vor der Inkubation noch weiter bearbeiten. Zur Befestigung der Bags im Pansen wurde eine Öse in die rechte obere Ecke eingezogen. Im Bereich der Öse wurde, mithilfe eines Schweißgerätes der Firma AUDION ELEKTRO (Marke „Sealboy 235 SBM), ein gleichschenkeliges Dreieck mit einer Seitenlänge von 4,5 cm abgeschweißt. Das Abschweißen war erforderlich, um im gesamten Baginneren die gleichen

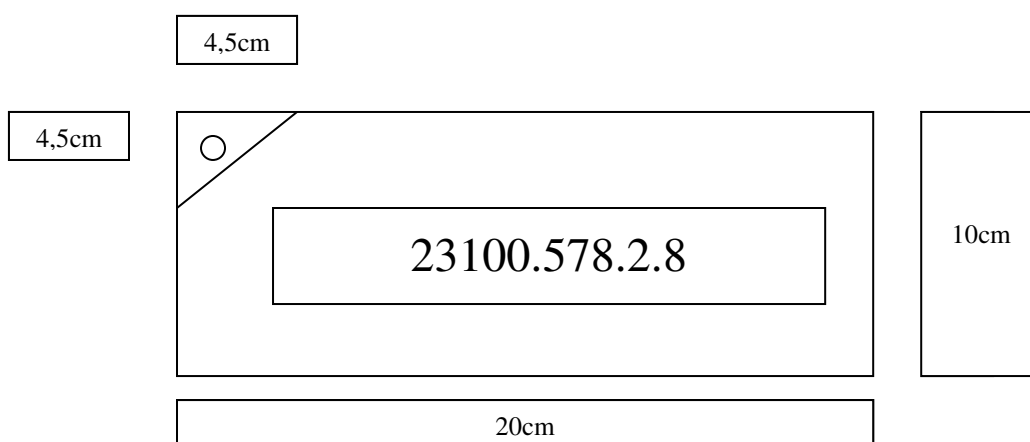
Abbaubedingungen zu schaffen. Weiters galt es zu verhindern, dass sich Partikel im Bereich der Öse aufhielten bzw. bei der Öse aus dem Bag entweichen konnten.

Aus Kostengründen wurden in diesem Versuchsdurchgang nur ungefähr zur Hälfte neue Bags verwendet. Die restlichen Bags wurden schon ein oder zweimal benutzt. Es gibt einige Untersuchungen zum Thema wiederholte Bagbenutzung, wobei eine Veröffentlichung der IVVO (1988) besagt, dass die Beutel bis zu fünfmal verwendet werden können. Andererseits kamen KASWARI & LEBZIEN (2001) in ihrer Untersuchung zu dem Schluss, dass eine mehrmalige Bagbenutzung die Auswaschverluste um durchschnittlich 8,2 %-Punkte verringert und deshalb nicht erfolgen sollte.

Die bereits verwendeten Bags wurden vor der Wiederverwendung umgedreht mit kaltem Wasser ohne Waschmittel im Wollprogramm mit Schleudern gewaschen. Auf Waschmittel wurde verzichtet, um durch mögliche Waschmittelrückstände das Pansenmilieu nicht zu beeinflussen. Nach dem Waschen wurden die Bags im Trockenschrank bei 50 °C ca. 5 Stunden getrocknet. Anschließend wurde jeder Bag auf Risse, Löcher und Unregelmäßigkeiten im Gewebe untersucht. Beschädigte Säckchen wurden aussortiert.

Alle verwendeten Bags wurden mit einem zehnstelligen Code beschriftet, um sie nach der Inkubation richtig zuordnen zu können. Dieser Code setzte sich aus einer fünfstelligen fortlaufenden Nummer, einer dreistelligen Futtermittelnnummer, einer Zahl für das jeweilige Tier und der Zeitstufe zusammen.

Abbildung 7: beschrifteter Bag für die Einwaage



In Abbildung 7 wird ersichtlich, wie ein beschrifteter Bag aussieht. Die Beschriftung wurde mit einem dunklen wasserfesten Stift durchgeführt. Nach

der korrekten Beschriftung kam das Säckchen in den Trockenschrank und wurde bei 50 Grad 24 Stunden getrocknet. Vor der Einwaage wurde der Bag zum Auskühlen für mindestens 10 Minuten in den Exsikkator gegeben.

3.4.1.2 Einwaage

Direkt vor der Einwaage wurde das Leergewicht der Säckchen ermittelt. Anschließend wurden sie umgehend mit der jeweiligen Probemenge befüllt.

Die Einwaage erfolgte auf $\pm 0,05$ Gramm genau. Um Umfüllverluste zu verhindern, wurde direkt in die Säckchen eingewogen. Beim vorliegenden Versuch wurden die Bags mit 5,7 bzw. 6,2 Gramm befüllt. Eine höhere Einwaage war bei den hohen Zeitstufen 92 und 120 Stunden erforderlich, um in den Bags genügend Probenmaterial für die Analyse zu erhalten. Die Probengröße hat großen Einfluss auf die Abbaubarkeit. Das wurde unter anderem in einem Versuch von MEHREZ & ORSKOV (1977) klar, die eine Steigerung der Abbaubarkeit bei Verringerung der Probenmenge feststellten.

Ein wichtiges Kriterium bei der Einwaage ist das Verhältnis von mg Einwaage/Bag-Oberfläche. Verschiedene Wissenschaftler verwendeten unterschiedlichste Relationen von 4,4 mg/cm² bis 88,9 mg/cm² (LINDBERG 1981). LINDBERG (1981) stellte in seinem Versuch fest, dass geringere Verhältnisse (Einwaage/Bag-Oberfläche) höhere Abbaubarkeiten aufwiesen. Dieser Umstand war bei faserreichem Futter stärker ausgeprägt, als bei Getreide. Im vorliegenden Versuch wurden, wie in Tabelle 11 ersichtlich, Relationen von 14,3 bis 15,5 mg/cm² verwendet. Diese Verhältnisse entsprachen auch den Empfehlungen von MADSEN & HVELPLUND (1994) sowie HUNTINGTON & GIVENS (1995). Sie empfehlen ein Verhältnis Futtereinwaage zur Beuteloberfläche zwischen 10 – 16 mg/cm². Bei zu geringen Futtereinwaagen kommt es laut NOCEK (1985) zu einer Überschätzung der ruminalen Abbaubarkeit.

Tabelle 11: Einwaageplan für den in situ Versuch Wiesenfutter

Stunden	Einwaage (g)	Verhältnis Einwaage/Bag-Ober- fläche
0	5,7	14,3
3	5,7	14,3
6	5,7	14,3
10	5,7	14,3
14	5,7	14,3
24	5,7	14,3
42	5,7	14,3
65	5,7	14,3
92	6,2	15,5
120	6,2	15,5

In einer Woche wurden im durchgeführten Versuch fünf Futterproben untersucht, das entspricht 255 inkubierten Bags. In jeder Zeitstufe wurden vier Wiederholungen durchgeführt, es wurden also die gleichen Zeitstufen an vier Ochsen getestet. Die hohen Zeitstufen ab 65 Stunden wurden doppelt durchgeführt, das heißt pro Zeitstufe zwei Wiederholungen mit vier Ochsen ergaben 8 Bags pro Zeitstufe. Dieser Aufwand war erforderlich, um in den Bags ausreichend Probematerial für die weitere Untersuchung zu erhalten. Auch die Bags der Zeitstufe 0 wurden viermal wiederholt. Nach der Einwaage der Beutel wurden diese mit Hilfe eines Schweißgerätes (Sealboy 235 SBM) verschlossen und bis zur Inkubation bei minus 18 °C zwischengelagert.

Abbildung 8: Für die Inkubation vorbereitete Bags



In Abbildung 8 sieht man Bags, die vor der Inkubation auf einen „Sortiergestell“ je nach Zeitstufe und Ochs sortiert wurden, um den Überblick über die zahlreichen Bags nicht zu verlieren. Dabei entspricht jede Reihe einem

Ochsen und jede Aufhängungsmöglichkeit einer Zeitstufe des jeweiligen Ochsen. Nach der Sortierung wurden die jeweiligen Beutel mit unterschiedlich farbigen Kabelbindern (pro Ochs eine Farbe) zusammengebunden und danach bis zur Inkubation bei -18 °C tiefgefroren.

Parallel zur Einwaage wurde bei den jeweils eingewogenen Proben eine Trockenmassebestimmung durchgeführt. Dies war erforderlich, da die bereits getrockneten Proben zum Teil unterschiedliche Trockenmassegehalte besaßen. Dafür wurden jeweils 5 Gramm Probe in ein hitzebeständiges Gefäß gegeben, bei 105 Grad über Nacht getrocknet und anschließend Rückgewogen.

3.4.1.3 Gewichte und Schnur

Als Gewicht, zur Beschwerung der Proben, wurde ein gelochter Messingring mit einem Gewicht von 573 g verwendet. Die Proben wurden mit Kabelbindern daran befestigt, um ein Aufschwimmen der Bags zu verhindern. Das Aufschwimmen der Beutel auf die Oberfläche des Pansensees (flüssige Phase) würde die Abbaubarkeit der Proben negativ beeinflussen. Andere Wissenschaftler sind jedoch der Meinung, dass ein Gewicht nicht oder nur in geringem Umfang zu einer Verbesserung der Genauigkeit führt (MEHREZ & ORSKOV 1977).

Alle Proben wurden im ventralen Pansensack, in der flüssigen Phase positioniert, weil dort laut Literaturangaben die Besiedelung durch Mikroorganismen am schnellsten erfolgt. Zur Befestigung des Gewichts am Fisteldeckel wurde eine Nylonschnur, mit einer Länge, die abhängig von der Tiergröße bzw. Pansengröße war, verwendet. Die Länge variierte von Ochs zu Ochs zwischen 50 und 80 cm.

3.4.1.4 Pansen-fistulierte Tiere

Für den Versuch standen vier pansenfistulierte Braunviehochsen zur Verfügung. Laut ORSKOV (1992) gibt es bei in situ-Versuchen nur geringe Unterschiede zwischen Rindern und Schafen.

Zwei Ochsen waren bereits über 10 Jahre alt und hatten ein Gewicht von ca. 1200 kg. Die zwei anderen waren 3,5 Jahre alt und hatten ein Gewicht von ca. 800 kg. Die eingesetzten Fisteln wurden von der Firma Bar Diamond gekauft und hatten einen Durchmesser von 10 cm. Die Ochsen waren in einem Tretmistlaufstall mit eingestreuter Liegefläche untergebracht. Sie hatten freien

Zugang zu Wasser und wurden während des Versuchs viermal täglich um 8:00, um 11:00, um 14:00 und um 18:00 Uhr gefüttert. Das viermalige Füttern sollte gewährleisten, dass das Pansenmilieu über den ganzen Tag annähernd konstant blieb. Der Abfall des pH – Werts nach der Fütterung sollten minimiert werden, um somit allen Proben die gleiche Pansenumwelt zu sichern.

Die Ration hat enormen Einfluss auf die Abbaubarkeit der untersuchten Futtermittel, da sie die mikrobielle Zusammensetzung im Pansen in starkem Maße beeinflusst. Die Tiere wurden vor dem Versuch eine Woche angefüttert, um eine Anpassung der Mikroben an die Versuchsfütterung zu gewährleisten. Die Ration war ausgewogen zusammengesetzt und bestand jeweils zu einem Viertel aus Heu, Grassilage, Maissilage und Kraftfutter. Die Tiere wurden auf Erhaltungsniveau gefüttert. Die genaue Zusammensetzung der Ration wird in Tabelle 12 ersichtlich.

Tabelle 12: Zusammensetzung der Ration während des Versuchs

Futtermittel	Anteil der Ration	tägliche Ration	Fütterungsfrequenz	Einwaage pro Mahlzeit
	%	kg/TM		kg/FM
Heu	25	1,9	2	1,12
Grassilage	25	1,9	4	1,25
Maissilage	25	1,9	4	1,70
Kraftfutter	25	1,9	4	0,56

Das Kraftfutter setzte sich aus folgenden Komponenten zusammen: 25 % Weizen, 35 % Gerste, 15 % Trockenschnitzel, 15 % Sojaextraktionsschrot 44, 7 % Weizenkleie und 3 % Mineralstoffe sowie Salz. Das Kraftfutter wies einen Gehalt von 184 g/kg XP und einen Energiegehalt von 7,8 MJ NEL auf.

3.4.1.5 Inkubationszeiten der Bags im Pansen

Die richtige Wahl der Inkubationszeiten ist maßgeblich für den Erfolg von in situ-Versuchen, denn unterschiedliche Futtermittel verlangen verschiedene Inkubationszeiten. So werden für Grünfutter längere Inkubationszeiten benötigt, um die Abbaubarkeitskurve richtig zu beschreiben. Der Abbau von Getreide geht im Pansen schneller vonstatten, deshalb sind nicht so lange Inkubationszeiten erforderlich. Extrem schnell geht der Abbau bei Wurzeln und Knollen. Sie sind im Pansen nach drei bis sechs Stunden vollständig abgebaut (ORSKOV 1992).

Die im vorliegenden Versuch angewandten Inkubationszeiten waren: 0, 3, 6, 10, 14, 24, 42, 65, 92 und 120 Stunden.

Die Nullprobe diente zur Bestimmung der sofort löslichen Bestandteile. Diese Proben wurden im Versuch ebenso behandelt wie die restlichen Proben nur ohne Inkubation, das heißt sie wurden ebenso nach dem Befüllen tiefgefroren, wie die anderen Bags in warmen Wasser vorgewärmt, danach in Eiswasser getaucht und anschließend in der Waschmaschine gewaschen.

Generell ist ein Vorwärmen der Bags erforderlich, damit sie so schnell wie möglich von Mikroorganismen besiedelt werden, um somit die lag Phase zu minimieren.

Abbildung 9: Fistelöffnung und inkubierte Bags



Die Inkubation selbst wurde nach einem genauen Zeitschema vorgenommen. Es wurden weder alle Proben gleichzeitig eingehängt noch alle gleichzeitig entnommen, also wurde keine der beiden in der Literatur beschriebenen Methoden verwendet. Es wurde eine Mischung aus den beiden Methoden gewählt, weil es aus arbeitstechnischen Gründen nicht anders möglich war. Bei jeder Behandlung wurden Bags inkubiert und gleichzeitig Bags entnommen. In einer Woche wurden fünf Futtermittel in allen 10 Zeitstufen untersucht.

3.4.1.6 Waschen der Bags und Trocknung

Nach dem Entnehmen der Bags aus den Pansen taucht man diese in Eiswasser, um die mikrobielle Aktivität zu stoppen. Danach wurden sie unter fließendem kalten Wasser von anhaftendem Mageninhalt grob gesäubert. Anschließend kamen sie in einen Wäschebeutel und wurden mit einer handelsüblichen Waschmaschine (MIELE, NOVOTRONIC W507) mit dem Woll-

programm kalt ohne Schleudern gewaschen. Das Waschen der Beutel nach der Inkubation ist erforderlich, um die am Beutel anhaftenden Bestandteile des Panseneinhalts und die sich im Beutel befindlichen Mikroorganismen zu entfernen. Würde man diesen Schritt nicht durchführen, käme es zu einer massiven Unterschätzung der Abbaubarkeit. Laut SÜDEKUM (2005) ist das Waschen neben der mangelnden Berücksichtigung einer mikrobiellen Besiedelung die Schwachstelle der in situ-Methode.

Im Anschluss an das Waschen wurden die Bags bei minus 18 Grad tiefgefroren.

Die Bags wurden etwa 3 Stunden angetaut, einzeln im Trockenschrank aufgelegt und bei 50 Grad 48 Stunden getrocknet. Nach der Trocknung wurden die Bags für 2 Stunden zum Auskühlen in die Exsikkatoren gegeben und anschließend zurückgewogen.

3.4.1.7 Auswaage und Bag-Nachbehandlung

Zur Bestimmung der TM-Abbaubarkeit wurden die Beutel nach dem Trocknen und Auskühlen auf drei Kommastellen genau rückgewogen.

Für die anschließende Untersuchung im Labor wurden die Residuen homogenisiert und in Probenbecher umgefüllt. Das Homogenisieren erfolgte mit einer handelsüblichen Kaffeemühle. Der Bag wurde dazu aufgeschnitten, der gesamte Inhalt in die Mühle gegeben, gemahlen und anschließend in Probenbecher gefüllt. Die Beschriftung der Probenbecher war identisch mit der der Bags, um eine eindeutige Zuordnung der Proben zu gewährleisten.

Abbildung 10: für die Weiterbehandlung vorbereitete Probenbecher



3.4.1.8 Bestimmung der Abbaubarkeit

Die Bestimmung der Abbaubarkeit erfolgt in mehreren Schritten. Als erstes wird der prozentmäßige Gewichtsverlust der Bags nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Verlust (\%)} = \frac{(\text{Probeneinwaage (g)} - \text{Probenrückwaage (g)}) \times 100}{\text{Probeneinwaage (g)}}$$

Das Ergebnis der Gleichung gibt den prozentuellen Verlust zu einem bestimmten Zeitpunkt an. Dieser Gewichtsverlust der Bags ist nicht unbedingt gleichzusetzen mit der Abbaubarkeit. Es muss jedoch bedacht werden, dass speziell bei schnell abbaubaren Futtermitteln mit hohen Anteilen an wasserlöslichen Bestandteilen und wasserunlöslichen kleinen Partikeln der Verlust aus den Bags als abgebaut hingenommen wird (ORSKOV 1992). Aus diesem Grund wird diese Fraktion in Form einer Nullprobe bestimmt.

Die Abbaubarkeit eines Futtermittels zu einem bestimmten Zeitpunkt wird mit der Formel von ORSKOV & McDONALD (1979) definiert. Bei dieser Berechnung folgt der Verlauf des Abbaus eines Futtermittels einer Exponentialkurve. Die Formel lautet folgendermaßen:

$$\text{Deg} = a + b \times (1 - \exp(-c \times (t - \text{lag}))) \text{ für } t > \text{lag}$$

Deg = Abbau eines Futtermittels (Nährstoffs) zur Zeit t (%)

a = sofort lösliche bzw. unmittelbar abbaubare Fraktion (%)

b = nicht lösliche aber potenziell abbaubare Fraktion (%)

c = Abbaurate je Stunde

t = Inkubationszeit

lag = Lag-Phase (h), verzögerter Beginn der mikrobiellen Aktivität

Aufgrund des massiven Einflusses der Passagerate auf die tatsächliche Abbaubarkeit im Pansen wurde eine effektive Abbaubarkeit nach der Formel von McDONALD (1981), modifiziert nach SÜDEKUM (2005), verwendet und dabei Passageraten (k) von 2, 5 und 8 %/h angenommen. Die Passagerate ist jener Anteil des Nahrungsbreis im Pansen (%), der denselben pro Stunde verlässt. Die für die effektive Abbaubarkeit (ED) verwendete Formel lautet wie folgt:

$$\text{ED} = a + ((b \times c)/(k + c)) \times \exp(-k \times \text{lag})$$

Die Auswertung der in situ-Daten nach dem Modell von Orskov und McDonald (1979) sowie McDonald (1981) erfolgte mit dem Statistikprogramm Statgraphics Plus 5 (2000).

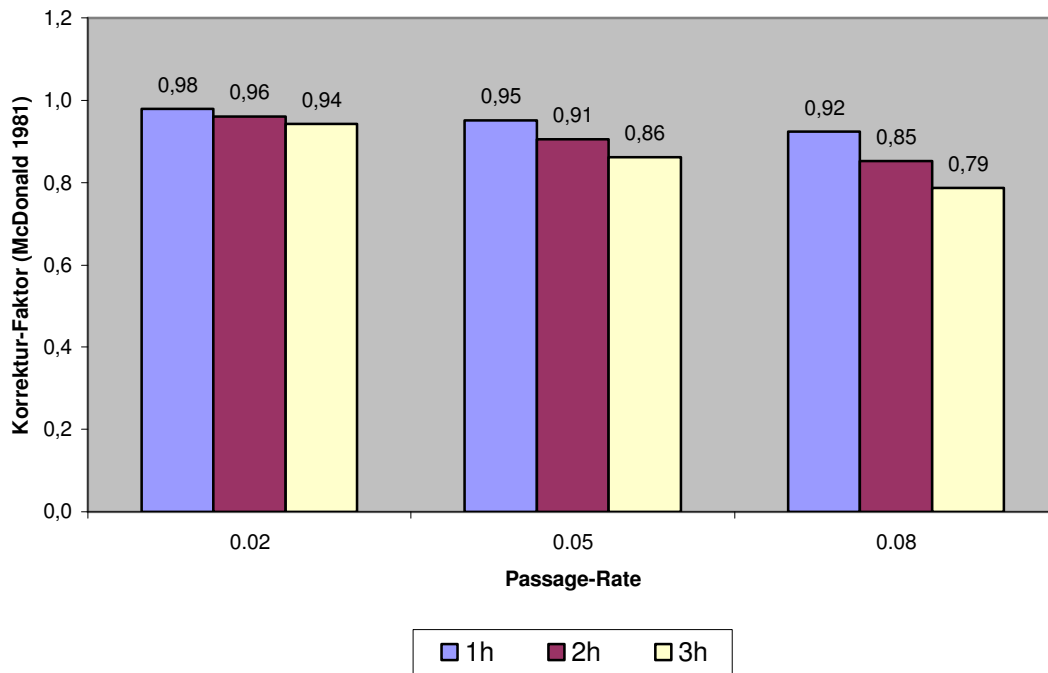
Die Problematik der lag Phase

Die lag Phase ist jene Phase, die die Zeit von der Inkubation bis zum tatsächlichen Beginn des Abbaus der Probe durch die Mikroorganismen im Pansen beschreibt. Sie ist speziell bei zellulosehaltigem Probenmaterial länger (ORSKOV 1990) und kann zu einem negativen Wert der Fraktion a führen. Gleichzeitig wird die b-Fraktion größer, der Anstieg der Kurve (c) bleibt auch bei negativem a gleich. Das heißt die potenziell abbaubare Fraktion (a + b) wird auch bei negativen a gleich bleiben bzw. sich nur gering verändern. Beeinflusst wird die lag Phase von einigen Faktoren:

- Temperatur der Probe,
- Eintritt von Luft in den Pansen beim Fistelöffnen
- und Veränderungen des osmotischen Drucks (Van SOEST 1994).

In Abbildung 11 ist der Einfluss der lag Phase sowohl auf die effektive Abbaubarkeit als auch auf die Passagerate erkennbar. Man sieht dass es bei einer Steigerung der lag Time von einer auf drei Stunden zu einem Rückgang der effektiven Abbaubarkeit kommt, wobei dies bei höherer Passagerate stärker zum Tragen kommt als bei einer niedrigen.

Abbildung 11: Einfluss von lag Time und Passage-Rate auf die Effektive Abbaubarkeit (ED) nach McDONALD (1981)



Die lag-Phase wird nach der Formel nach McDONALD (1981) errechnet und lautet wie folgt:

$$\text{lag} = 1/c \times \ln(b/(a + b - a'))$$

Dabei entspricht a' dem löslichen Anteil der Probe, das heißt a' entspricht den Ergebnissen der Nullprobe (Waschverlusten). Die nicht lösliche aber potenziell abbaubare Fraktion b muss mithilfe des a' neu berechnet werden $b' = (a + b) - a'$. Vereinfacht kann die lag-Phase auch wie folgt berechnet werden:

$$\text{lag} = 1/c \times \ln(b/b')$$

3.4.1.9 Chemische Analysen

Die 42 Futtermittel wurden nasschemisch untersucht, um deren Rohnährstoffgehalt festzustellen. Die Analyse erfolgte nach den Vorschriften der Weender-Futtermittelanalyse (VDLUFA 1976, ALVA 1983). Die Faserbestimmung (NDF, ADF u. ADL) erfolgte mit Hilfe der Detergentienanalyse nach Van SOEST (1994). Sämtliche Untersuchungen wurden im Labor des LFZ Raumberg-Gumpenstein durchgeführt.

Folgende Inhaltsstoffe wurden untersucht:

WEENDER Analyse: TM, XP (Kjeldahl), XL (Soxhlet), XF und XA;

Detergentienanalyse nach Van SOEST: NDF, ADF, ADL

4 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

4.1 Ergebnisse der Futtermitteluntersuchung

Die Ergebnisse der nasschemischen Untersuchung sind in Tabelle 13 dargestellt. Bei den Werten handelt es sich um Mittelwerte der drei Versuchsjahre. Die Wochen (1 – 7) stehen für das fortschreitende Pflanzenalter bzw. Vegetationsstadium.

Der Trockenmassegehalt stieg im Laufe des ersten Aufwuchses am stärksten an (164 – 225 g/kg TM) und erreichte auch bei diesem den höchsten Wert verglichen mit den Folgeaufwüchsen.

Der durchschnittliche Rohaschegehalt nahm zwischen ersten (85 g/kg TM) und dritten (105 g/kg TM) Aufwuchs tendenziell zu. Im Laufe der Vegetation schwankte er und ließ keinen eindeutigen Trend erkennen.

Der mittlere Rohproteingehalt nahm zwischen dem ersten und dritten Aufwuchs von 137 g/kg TM auf 181 g/kg TM zu. Der stärkste Rückgang des XP-Gehalts mit fortschreitender Vegetation wurde beim ersten Aufwuchs gemessen. Eine Abnahme des XP-Gehalts mit zunehmendem Pflanzenalter zeigte sich auch bei den Folgeaufwüchsen.

Die neutrale Detergentienfaser nahm im Laufe der Vegetation des ersten und zweiten Aufwuchses zu. Der dritte Aufwuchs zeigte eine Abnahme des NDF-Gehalts. Der mittlere NDF-Gehalt sank zwischen erstem und drittem Aufwuchs von 559 g/kg TM auf 508 g/kg TM. Die höchsten NDF-Gehalte wurden im ersten Aufwuchs festgestellt (620 g/kg TM), in dem auch die Zunahme im Laufe der Wochen am stärksten war.

Ähnlich den NDF-Gehalten verhielten sich auch die ADF-Gehalte, die ebenfalls im Laufe der Aufwüchse abnahmen. Eine Zunahme der Konzentration im Laufe der Vegetation war auch bei ADF beim ersten Aufwuchs am deutlichsten erkennbar (234 – 377 g/kg TM). Die Folgeaufwüchse zeigten ebenfalls eine Zunahme der Konzentration, jedoch nicht in dem Ausmaß.

Die ADL-Gehalte zeigten sich in ihrem Verlauf ähnlich der der NDF- und ADF-Gehalte und lagen über alle Aufwüchse und Wochen hinweg zwischen 23 – 49 g/kg TM. Interessant war, dass bei den ADL-Werten der erste Aufwuchs zwar die stärkste Zunahme im Laufe der Wochen zeigte, die höchsten durchschnittlichen Gehalte wurden jedoch im zweiten Aufwuchs gemessen. Der

durchschnittliche ADL-Gehalt lag im ersten Aufwuchs mit 34 g/kg TM verglichen mit dem zweiten (41 g/kg TM) und dem dritten (37 g/kg TM) Aufwuchs am niedrigsten.

Der Hemizellulosegehalt und der Zellulosegehalt verhielten sich über alle Vegetationsstadien und Aufwüchse hinweg ähnlich den bereits beschriebenen Faserbestandteilen und benötigen daher keine detaillierte Betrachtung.

Tabelle 13: Gehalte an Trockenmasse (TM), Rohasche (XA), Rohprotein (XP), Rohfett (XL), neutraler Detergentienfaser (NDF), saurer Detergentienfaser (ADF), saures Detergentienlignin (ADL), Hemizellulose (HEM) und Zellulose (ZELL) in den Grünlandaufwüchsen (g/kg TM)

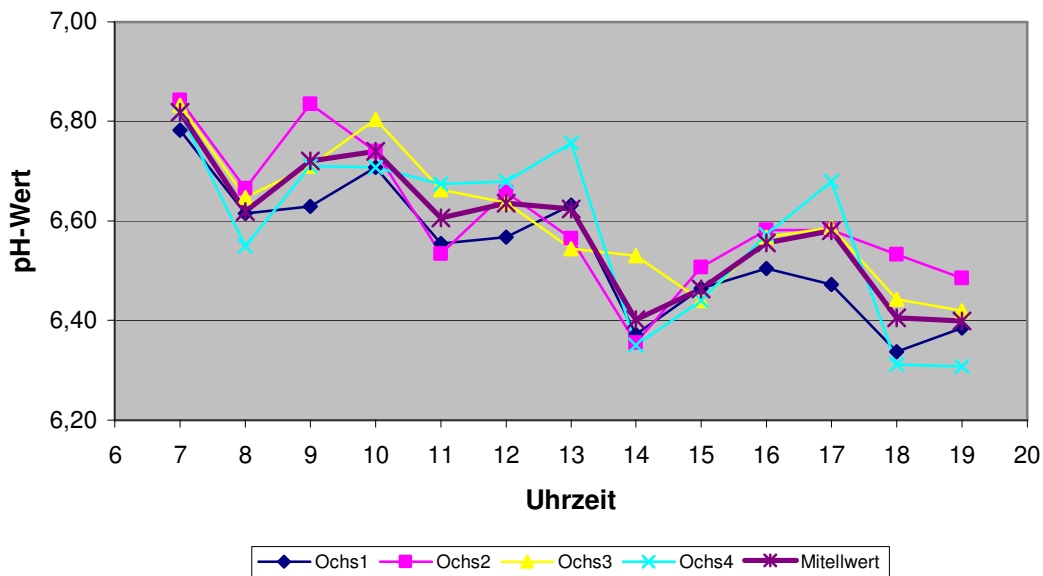
	TM	XA	XP	XL	NDF	ADF	ADL	HEM	ZELL
1. Aufwuchs									
Woche 1	163,	96	191	21	466	233	23	233	210
Woche 2	165	89	164	23	520	271	25	248	246
Woche 3	166	87	147	22	552	312	28	240	284
Woche 4	167	86	136	19	573	335	35	237	300
Woche 5	198	83	115	18	569	330	38	239	292
Woche 6	202	79	103	17	610	370	40	240	330
Woche 7	225	73	96	15	619	376	44	243	332
2. Aufwuchs									
Woche 1	153	117	205	25	497	274	34	223	239
Woche 2	162	112	188	20	501	272	34	229	237
Woche 3	163	106	164	19	508	295	37	213	257
Woche 4	158	107	154	19	552	318	38	234	280
Woche 5	166	96	146	17	565	328	49	236	279
Woche 6	195	88	129	18	568	319	45	248	273
Woche 7	186	102	141	17	565	318	46	246	271
3. Aufwuchs									
Woche 1	153	108	207	19	535	273	37	262	235
Woche 2	148	103	201	19	500	277	32	222	245
Woche 3	149	104	187	19	522	283	35	238	247
Woche 4	143	94	176	20	521	297	37	224	260
Woche 5	161	96	180	20	499	292	37	207	254
Woche 6	171	117	156	19	492	293	36	199	256
Woche 7	174	110	157	19	486	281	39	204	242

4.2 Ergebnisse der pH-Wert-Messung

Begleitend zu den in situ-Untersuchungen wurden an vier Tagen des Versuchs von sieben Uhr morgens bis sieben Uhr abends stündlich bei jedem der vier Versuchstiere pH-Wert-Messungen durchgeführt. Die Messung wurde mit einem geeichten pH-Meter durchgeführt. Der pH-Wert schwankte während der Untersuchung zwischen 6,84 und 6,31, wobei die höchsten pH-Werte am

Morgen festgestellt wurden. Zusätzlich zur pH-Wert-Abnahme im Laufe des Tages konnte jeweils nach der Fütterung ein pH-Wert-Abfall bis $- 0,2$ beobachtet werden. Die Ergebnisse der pH-Wert-Messung sind in Abbildung 12 ersichtlich. In der Abbildung ist gut erkenntlich, dass es jeweils nach dem Füttern einen Knick in der Kurve gab (8:00, 11:00, 14:00 u. 18:00 Uhr).

Abbildung 12: Verlauf des pH-Wertes der vier Ochsens im Mittel von 9, 10, 24 und 25 Oktober 2007



4.3 Jahreseffekte der in situ-Abbauparameter

Tabelle 14: Effekte des Jahres auf die in situ-Abbauparameter von Trockenmasse (TM), organischer Masse (OM), der neutraler Detergentienfaser (NDF) und des Rohproteins (XP)

	a	b	c	a + b	lag	ED2	ED5	ED8
Statistische Effekte	Irrtumswahrscheinlichkeit P =							
TM	0,004	0,25	0,24	0,03	< 0,001	0,07	0,03	0,01
OM	< 0,001	0,12	0,42	0,01	0,004	0,004	0,001	< 0,001
NDF	0,29	0,65	0,78	0,04	0,14	0,06	0,05	0,04
XP	0,41	0,51	0,63	0,04	0,75	0,02	0,04	0,06

a = sofort lösliche Fraktion, b = unlösliche potenziell abbaubare Fraktion, c = Abbaurrate je Stunde, a + b = potenziell abbaubare Fraktion, lag = Verzögerungszeit bis zum Beginn des Abbaus, ED5 = effektive Abbaubarkeit bei einer unterstellten Passagerate von 5 %

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung des Jahres sind nicht überzubewerten, da nur das erste Jahr vollständig (alle drei Aufwüchse) beprobt wurde. Im zweiten Jahr fiel witterungsbedingt der dritte Aufwuchs aus und

wurde ein Jahr später nachgeholt. Aus diesen Gründen wird auf den Einfluss des Jahres nicht näher eingegangen.

4.4 Trockenmasseabbaubarkeit im Pansen

Die Ergebnisse der TM-Abbaubarkeit der 42 Futterproben sind in Tabelle 15 zusammengefasst, in der die Woche (1 – 7) für das fortschreitende Pflanzenalter bzw. für das Vegetationsstadium steht. Mit fortschreitender Vegetation zeigte sich wie erwartet in allen drei Aufwüchsen ein Rückgang der TM-Abbaubarkeit. In Tabelle 16 finden sich die Ergebnisse der statistischen Auswertung.

Die Abbauparameter (a, b, c) werden mit einem Bestimmtheitsmaß von 73 bis 87 % im Versuch erklärt. Das bedeutet, dass sich zwischen 73 bis 81 % der Varianz der im Versuch geprüften Faktoren erklären lässt. Die RSD-Werte für diese Parameter sind 2,4, 2,3, und 0,0008, diese Werte entsprechen einem Variationskoeffizienten von 8,9, 4,3 und 16,2 %.

Tabelle 15: Kennzahlen der Abbaukinetik der Trockenmasse in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters

	a	b	c	a + b	lag	ED2	ED5	ED8
	%	%	%/h	%	h	%	%	%
1. Aufwuchs								
Woche 1	31,5	54,5	8,6	86,0	1,2	74,2	63,4	56,5
Woche 2	31,2	53,8	5,8	84,9	0,2	70,6	59,4	53,1
Woche 3	28,3	53,5	6,2	81,8	0,6	67,7	56,5	50,2
Woche 4	28,4	51,7	5,4	80,1	0,7	65,2	54,0	47,8
Woche 5	26,2	52,7	4,6	78,9	1,6	61,6	49,4	43,1
Woche 6	27,5	47,3	4,2	74,9	0,5	59,2	48,6	43,3
Woche 7	25,3	47,0	4,3	72,3	0,1	57,1	46,7	41,5
2. Aufwuchs								
Woche 1	27,6	52,8	7,3	80,4	1,3	67,6	56,5	49,9
Woche 2	26,8	53,2	7,1	80,0	0,8	67,2	56,3	49,7
Woche 3	26,9	51,8	5,6	78,6	0,9	64,0	52,7	46,4
Woche 4	26,0	52,8	4,8	78,8	0,6	62,7	51,0	44,8
Woche 5	26,6	51,8	5,4	78,4	0,8	63,3	51,9	45,7
Woche 6	25,7	48,0	3,9	73,7	1,0	56,7	45,7	40,3
Woche 7	21,7	50,5	4,7	72,2	1,2	56,1	44,6	38,6
3. Aufwuchs								
Woche 1	26,3	53,6	6,7	79,9	0,9	66,1	54,8	48,3
Woche 2	24,6	56,4	5,3	81,0	2,0	63,8	50,8	43,7
Woche 3	24,6	55,9	4,4	80,5	1,8	61,9	48,7	42,0
Woche 4	27,0	54,9	4,2	81,9	1,7	62,6	49,7	43,2
Woche 5	24,6	54,8	4,9	79,4	1,6	62,2	49,5	42,8
Woche 6	27,1	52,1	4,8	79,2	1,6	62,7	50,6	44,2
Woche 7	27,2	47,9	5,9	75,0	2,9	60,8	49,4	43,2

Bei der sofort löslichen Fraktion a zeigte sich beim ersten und zweiten Aufwuchs im Laufe der Wochen ein deutlicher Rückgang von 6,2 bzw. 5,9 %. Der dritte Aufwuchs blieb in Hinblick auf die Fraktion a annähernd konstant, somit konnte auch kein signifikanter Einfluss des Vegetationsstadiums auf die Abbaubarkeit der sofort löslichen Fraktion gefunden werden ($P = 0,231$). Im Mittel aller Vegetationsstadien und Jahre wurde die höchste Fraktion a mit 28,3 % beim ersten Aufwuchs erreicht, verglichen mit 25,9 % im zweiten und dritten Aufwuchs. Bei der statistischen Auswertung wurde für den Aufwuchs ein signifikanter Einfluss ($P = 0,027$) bei der Fraktion a festgestellt. Weiters wurde für die sofort lösliche Fraktion a eine Wechselwirkung zwischen Aufwuchs und Woche festgestellt.

Die potenziell abbaubare unlösliche Fraktion b zeigte im Mittel aller Vegetationsstadien und Jahre keine Veränderung zwischen den Aufwüchsen

(51,5 %, 51,6 %, 53,7 %), was zu einem nicht signifikanten P-Wert von 0,122 führte.

Im Mittel aller Aufwüchse zeigte sich jedoch mit fortschreitender Vegetation ein Rückgang der potenziell abbaubaren Fraktion. Der Rückgang beim ersten Aufwuchs fiel mit 7,5 % im Vergleich zum zweiten und dritten Aufwuchs (2,3 %, 5,7 %) stärker aus. Für die potenziell abbaubare unlösliche Fraktion b konnte ein signifikanter Einfluss ($P < 0,001$) des Vegetationsstadiums nachgewiesen werden. Eine graphische Darstellung der Fraktionen a und b im Vegetationsverlauf der Aufwüchse findet sich in Abbildung 14.

Die Fraktion c, also die Abbaurate je Stunde, lag im Mittel aller Aufwüchse und Vegetationsstadien bei 5,4 %. Auch hier war der Rückgang mit fortschreitender Vegetation beim ersten Aufwuchs am höchsten (4,3 %/h) verglichen mit den Folgeaufwüchsen (2,6 %/h bzw. 0,8 %/h). Folglich kam es zu einem signifikanten Einfluss ($P < 0,001$) des Vegetationsstadiums auf die Abbaurate. Die gemittelten Abbauraten der Aufwüchse unterschieden sich nicht nennenswert voneinander (5,6 %/h im 1. Aufwuchs., 5,5 %/h im 2. Aufwuchs und 5,2 %/h im 3. Aufwuchs). In der graphischen Darstellung in Abbildung 14 ist erkennbar, dass die höchste Abbaurate im ersten Aufwuchs erreicht wurde.

Die potenzielle TM-Abbaubarkeit zwischen erstem und siebtem Vegetationsstadium verringerte sich im Mittel aller drei Aufwüchse der Versuchsjahre um 8,9 %, wobei der Rückgang von a + b beim ersten Aufwuchs mit 13,7 % am stärksten ausfiel. Im Vergleich dazu reduzierte sie sich beim zweiten Aufwuchs um 8,2 % und im dritten um 4,9 %. Der Rückgang der potenziellen TM-Abbaubarkeit ist in Abbildung 14 näher angeführt. In der Grafik ist ebenfalls erkennbar, dass sie ihren höchsten Wert im ersten Aufwuchs erreichte. Sowohl der Aufwuchs als auch das Vegetationsstadium wiesen einen signifikanten Einfluss auf die potenzielle TM-Abbaubarkeit auf (siehe Tabelle 16). Für a + b wurde eine Standardabweichung von 2,2 festgestellt.

Die lag-Phase, also die Zeit im Pansen von der Inkubation der Beutel bis zum Beginn der Abbauvorgänge, nahm im Mittel aller Vegetationsstadien zwischen erstem und drittem Aufwuchs zu (0,7 h im 1. Aufwuchs, 0,9 h im 2. Aufwuchs. und 1,8 h im 3. Aufwuchs.). Die Aufwüchse unterschieden sich signifikant voneinander ($P = 0,01$). Das Pflanzenalter hatte keinen signifikanten

Einfluss auf die lag-Phase, weiters wurde auch keine Wechselwirkung zwischen Aufwuchs und Vegetationsstadium beobachtet.

Die effektive Abbaubarkeit liegt bei einer unterstellten Passagerate von 5 % (entspricht einem mittleren Fütterungsniveau) im Mittel aller Aufwüchse und Vegetationsstadien bei 51,9 % (RSD = ± 3,3). Auch hier wurde ein signifikanter Rückgang der effektiven Abbaubarkeit im Laufe der Vegetation festgestellt ($P < 0,001$). Zwischen den Aufwüchsen kam es im Mittel aller Vegetationsstadien nur zu geringen Abnahmen (54,0 % im 1. Aufwuchs, 51,2 % im 2. Aufwuchs, 50,5 % im 3. Aufwuchs bei Passagerate $k = 5\%$). Bei der Darstellung der effektiven Abbaubarkeit in Abbildung 14 wurde die höchste ED beim jungen Futter des ersten Aufwuchses erreicht. Der Rückgang der ED war beim ersten Aufwuchs ebenfalls am stärksten. Die Folgeaufwüchse zeigten flachere Kurvenverläufe, wobei der 3. Aufwuchs den geringsten Rückgang mit fortschreitenden Pflanzenalter aufwies (5,4 %). Die ebenfalls untersuchten effektiven Abbaubarkeiten mit einer unterstellten Passagerate von 2 % und 8 % unterschieden sich nur in der Höhe von der beschriebenen ED5 und werden deshalb nicht näher erläutert.

Tabelle 16: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Versuchsparameter

	a	b	c	a + b	lag	ED2	ED5	ED8
Statistische Effekte	Irrtumswahrscheinlichkeit P =							
Aufwuchs	0,03	0,12	0,61	0,02	0,01	0,06	0,05	0,03
Woche	0,23	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,92	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Aufwuchs × Woche	0,04	0,63	0,19	0,21	0,33	0,14	0,21	0,27
RSD	2,39	2,23	0,008	2,20	0,69	2,80	3,31	3,38
R ²	0,73	0,75	0,81	0,87	0,67	0,84	0,81	0,78

Die graphische Darstellung der sieben Vegetationsstadien eines Aufwuchses mit der TM-Abbaubarkeit auf der Y-Achse und der Inkubationszeit auf der X-Achse (Abbildung 13) verdeutlicht einerseits die massiven Veränderungen der Abbaubarkeit mit fortschreitendem Pflanzenalter, andererseits wird ersichtlich, dass die großen Unterschiede zwischen den Vegetationsstadien des ersten Aufwuchses mit den Folgeaufwüchsen immer geringer werden. So lag die Differenz zwischen erster und siebter Woche bei 14-stündiger Inkubation beim ersten Aufwuchs bei 21,3 %, beim zweiten Aufwuchs bei 12,8 % und beim dritten bei 7,2 Prozentpunkten.

Abbildung 13: Ruminaler in situ-Abbau der Trockenmasse von frischem Wiesenfutter in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vegetationsstadium

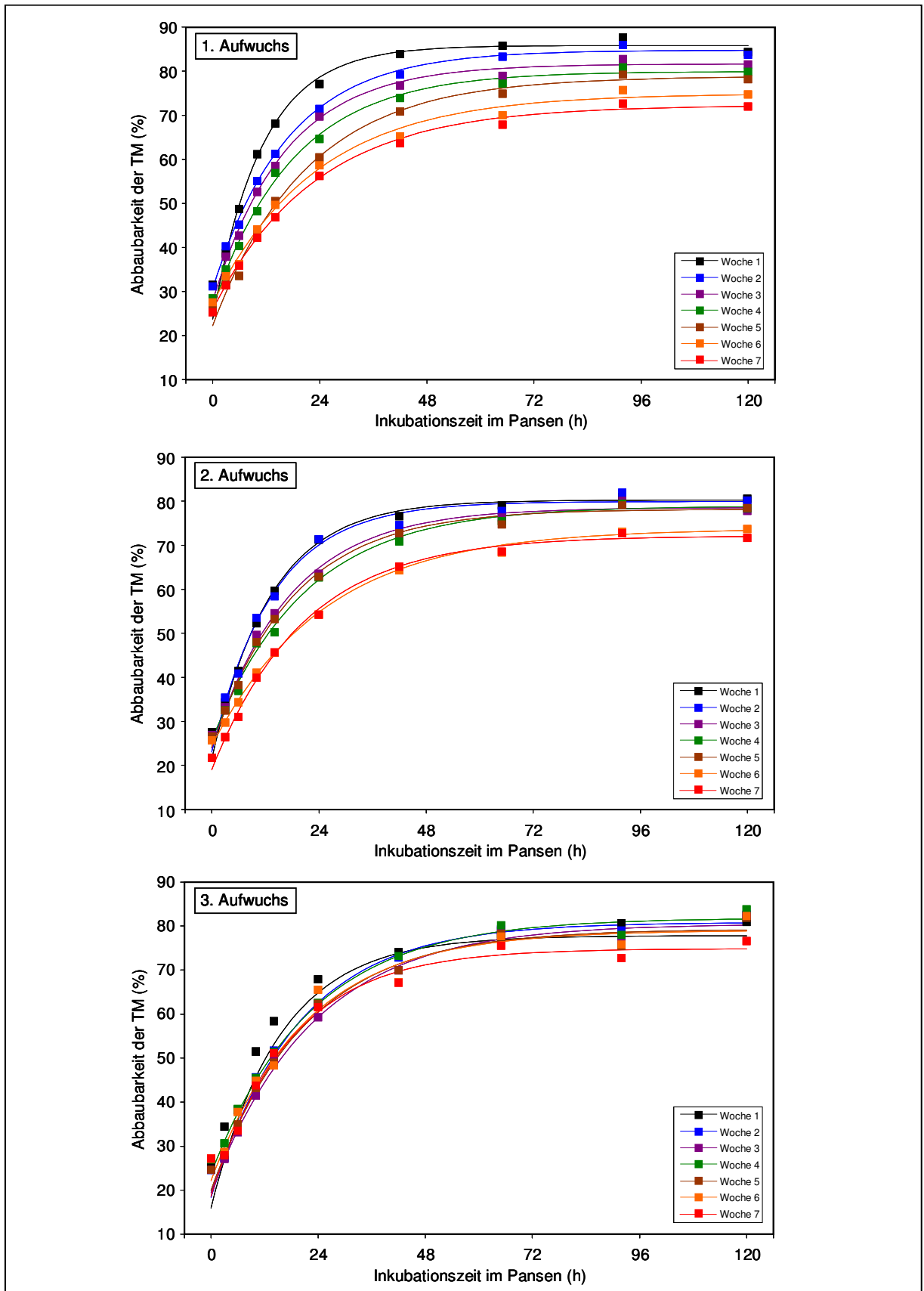
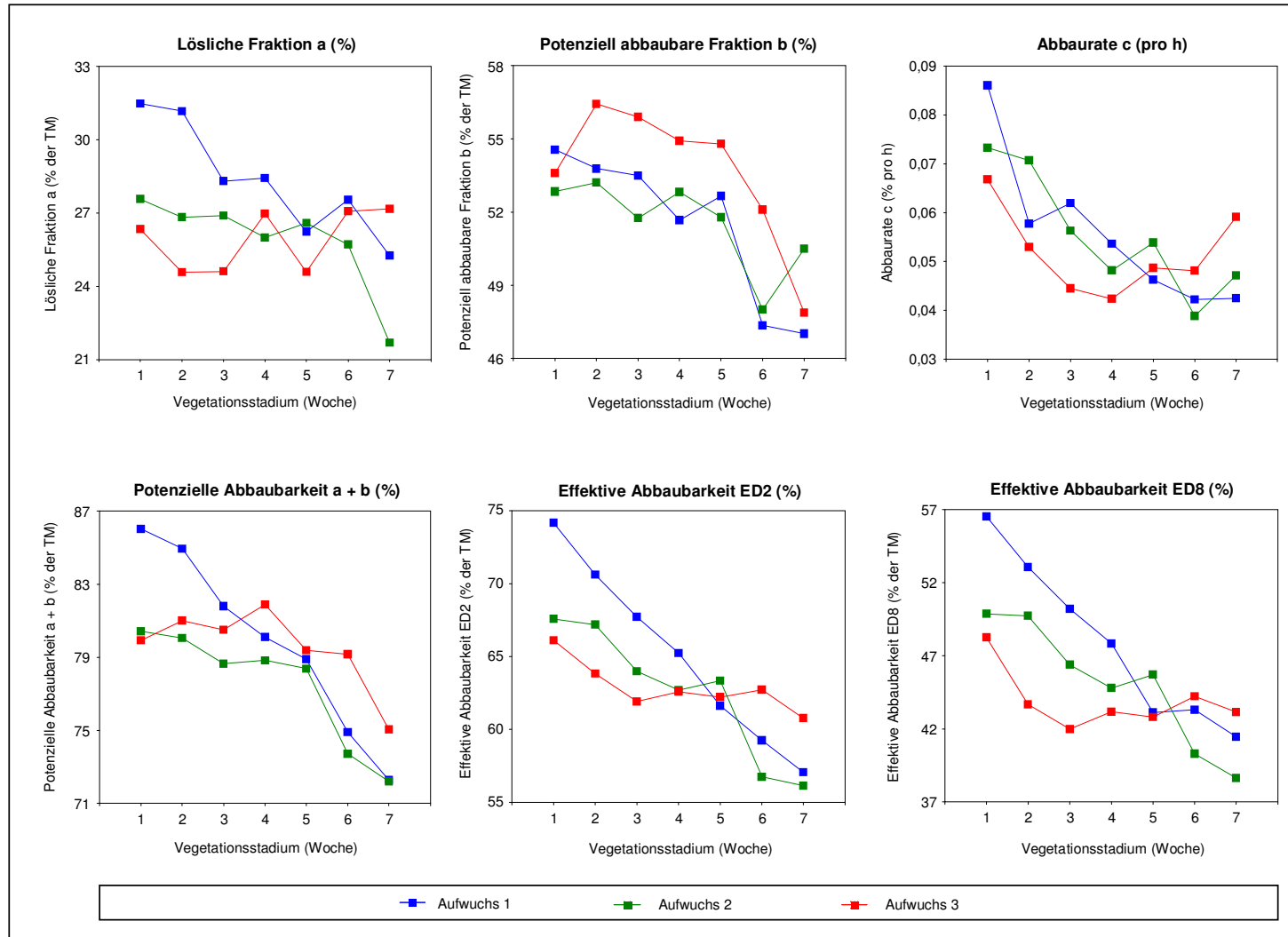


Abbildung 14: Kennzahlen der Abbaukinetik der Trockenmasse in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters



4.5 Abbaubarkeit der organischen Masse im Pansen

Die Abbaubarkeit der organischen Masse zeigte ähnliche Ergebnisse wie die der Trockenmasse. Die Ergebnisse der Abbauparameter und der statistischen Auswertung sind in Tabelle 17 und in Tabelle 18 dargestellt. Durch die im Versuch dargestellten Faktoren können 73 bis 82 % der Varianz der Abbauparameter (a, b, c) erklärt werden. Die Standardabweichung für diese Parameter beträgt 2,72, 2,68 und 0,008, das entspricht einem Variationskoeffizienten von 12,3, 4,7, und 15 %.

Tabelle 17: Kennzahlen der Abbaukinetik der organischen Masse in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters

	a	b	c	a + b	lag	ED2	ED5	ED8
	%	%	%/h	%	h	%	%	%
1. Aufwuchs								
Woche 1	28,0	57,8	8,9	85,8	1,4	73,7	62,2	54,9
Woche 2	27,2	57,6	6,1	84,8	0,0	70,1	58,2	54,3
Woche 3	24,4	57,2	6,4	81,6	0,6	67,0	55,1	48,3
Woche 4	25,1	54,9	5,7	80,0	0,9	64,7	52,7	46,1
Woche 5	22,4	56,2	4,9	78,7	1,6	60,8	47,8	41,0
Woche 6	24,6	50,0	4,5	74,6	0,7	58,6	47,4	41,7
Woche 7	22,9	49,2	4,5	72,1	0,3	56,5	45,7	40,1
2. Aufwuchs								
Woche 1	21,6	57,8	7,7	79,4	1,4	65,8	53,8	46,4
Woche 2	21,5	57,6	7,4	79,1	1,0	65,6	53,7	46,6
Woche 3	22,0	55,8	5,9	77,8	1,1	62,4	50,2	43,3
Woche 4	20,7	57,2	5,2	77,8	0,8	60,9	48,2	41,4
Woche 5	23,2	54,7	5,6	77,9	1,2	62,2	50,0	43,3
Woche 6	22,0	51,3	4,1	73,2	1,1	55,5	43,8	37,9
Woche 7	16,8	54,3	5,0	71,0	1,5	54,1	41,6	35,1
3. Aufwuchs								
Woche 1	17,2	59,7	6,9	76,9	2,2	61,2	47,9	40,2
Woche 2	19,1	61,1	5,2	80,2	2,1	61,4	47,2	39,5
Woche 3	19,6	60,1	4,3	79,7	1,8	59,5	45,3	38,0
Woche 4	23,1	58,3	4,6	81,3	1,7	62,3	48,6	41,5
Woche 5	20,2	58,6	4,8	78,8	1,7	60,4	46,7	39,5
Woche 6	21,1	56,9	4,7	78,0	1,7	59,8	46,5	39,5
Woche 7	21,4	52,3	5,8	73,6	3,0	57,8	45,3	38,5

Die Fraktion a zeigte nur im ersten Aufwuchs einen kontinuierlichen Rückgang im Laufe der Wochen (siehe Tabelle 17). Im zweiten Aufwuchs war kein eindeutiger Trend erkennbar. Die Fraktion a schwankte zwischen 23,2 % (5. Woche) und 16,8 % (7. Woche). Im dritten Aufwuchs zeigte sich sogar ein

Anstieg der sofort löslichen Fraktion (a) im Laufe der Vegetation (17,2 bis 21,4 %). Die Aufwüchse unterschieden sich signifikant voneinander (24,9 % im 1. Aufw., 21,1 % im 2. Aufw., 20,2 % im 3. Aufw.)

Die unlösliche, potenziell abbaubare Fraktion b nahm im Mittel aller Vegetationsstadien und Jahre im Laufe der Aufwüchse zu (54,7 %, 55,5 %, 58,1 % $P = 0.06$). In allen drei Aufwüchsen kam es zwischen erster und siebter Woche zu einer Abnahme der unlöslichen, potenziell abbaubaren Fraktion, wobei diese beim ersten und dritten Aufwuchs stärker ausgeprägt war (8,6 %, 7,4 %) als beim zweiten (6,5 %). Für die Fraktion b wurde ein signifikanter Einfluss des Vegetationsstadiums festgestellt werden.

Die Abbaurate pro h (c) nahm im Mittel aller Vegetationsstadien und Jahre im Laufe der Aufwüchse ab, dies wird in Abbildung 16 deutlich ersichtlich. Es besteht jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Aufwüchsen. Die höchste Abbaurate wurde in der ersten Woche des ersten Aufwuchses festgestellt. Die Abnahme von c mit fortschreitendem Pflanzenalter lag beim ersten Aufwuchs mit 4,4 Prozentpunkten am höchsten. Die Abbaurate der Folgeaufwüchse veränderte sich zwischen erster und siebter Woche nur um 2,7 bzw. 1,1 Prozentpunkte. Die statistische Auswertung ergab für die Woche einen signifikanten Einfluss auf die Abbaurate.

Bei allen drei Aufwüchsen wurde mit zunehmendem Pflanzenalter ein Rückgang der potenziellen Abbaubarkeit (a + b) beobachtet (siehe Tabelle 18). Im Mittel aller Aufwüchse und Wochen betrug a + b 78,2 % (RSD = $\pm 2,2$). Im Laufe der Wochen wurde der stärkste Rückgang mit 13,7 % beim ersten Aufwuchs festgestellt. Während dieser Periode wurde auch die höchste potenzielle Abbaubarkeit mit 85,8 % gemessen. Im dritten Aufwuchs betrug der Rückgang der Abbaubarkeit mit fortschreitender Vegetation nur 3,3 %. Bei diesem Aufwuchs wurde die höchste potenzielle Abbaubarkeit in der vierten Woche (81,3 %) festgestellt. In Abbildung 16 werden diese Ergebnisse verdeutlicht. Der Aufwuchs und die Woche hatten signifikanten Einfluss auf die Höhe der potenziellen Abbaubarkeit (a + b).

Die lag-Phase wird durch den Parameter Aufwuchs signifikant beeinflusst. Sie verlängerte sich im Mittel aller Wochen von Aufwuchs zu Aufwuchs (von 0,8 bis 2,0). Mit fortschreitender Vegetation war bei allen drei Aufwüchsen kein eindeutiger Trend der lag Phase erkennbar, diese schwankte zwischen 0 und 3 Stunden (siehe Tabelle 17).

Die effektive Abbaubarkeit, bei einer unterstellten Passagerate von 5 % (ED5), ging sowohl zwischen erstem und drittem Aufwuchs (von 52,7 % auf 46,8 %) als auch innerhalb der Aufwüchse mit fortschreitendem Pflanzenalter zurück. Wie auch in Abbildung 16 erkennbar, war der Rückgang im Laufe der Vegetation beim ersten Aufwuchs mit 16,5 % am höchsten, gefolgt vom zweiten mit 12,2 % und den dritten mit 2,6 %. Weiters wurde ein signifikanter Einfluss der Parameter Aufwuchs und Woche auf die effektive Abbaubarkeit festgestellt. ED5 zeigte eine Standardabweichung von 3,1, was einem Variationskoeffizienten von 6,4 % entspricht. Die effektive Abbaubarkeit verhielt sich bei unterstellten Passageraten von 2 bzw. 8 % ähnlich der ED5, darum werden sie hier nicht näher besprochen.

Tabelle 18: Ergebnisse der statistischen Auswertung für die Versuchsparameter

	a	b	c	a + b	lag	ED2	ED5	ED8
Statistische Effekte	Irrtumswahrscheinlichkeit P =							
Aufwuchs	0,00	0,06	0,25	0,01	0,03	0,00	0,00	0,001
Woche	0,75	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,78	< 0,001	< 0,001	0,001
Aufwuchs × Woche	0,29	0,75	0,17	0,08	0,82	0,05	0,09	0,12
RSD	2,72	2,68	0,008	2,17	0,81	2,71	3,18	3,29
R ²	0,75	0,73	0,82	0,88	0,58	0,87	0,84	0,82

Bei der grafischen Darstellung der Abbaubarkeit der OM der Aufwüchse mit den sieben Vegetationsstadien zeigte sich ein ähnliches Bild wie bei der TM (Abbildung 15). Auch hier gab es große Unterschiede zwischen den einzelnen Wochen des ersten Aufwuchses. Diese Unterschiede wurden beim zweiten Aufwuchs geringer und beim dritten Aufwuchs kam es sogar zu Überschneidungen zwischen den einzelnen Vegetationsstadien.

Wie bei der TM wurden auch bei der OM die höchsten Abbaubarkeiten in der ersten Woche des ersten Aufwuchses festgestellt. Aus der grafischen Darstellung kann man den Schluss ziehen, dass die Abbaubarkeit der TM und OM besonders im ersten Aufwuchs mit zunehmendem Pflanzenalter sehr schnell zurückgeht, was eine rechtzeitige Nutzung des ersten Aufwuchses empfehlenswert macht. Im Vergleich dazu sind die Folgeaufwüchse in ihrer Nutzung elastischer, wie die Pansenabbaubarkeit der TM und OM im Laufe der Vegetation zeigt (Abbildung 13 und Abbildung 15).

Abbildung 15: Ruminaler in situ-Abbau der organischen Masse von frischen Wiesenfutter in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vegetationsstadium

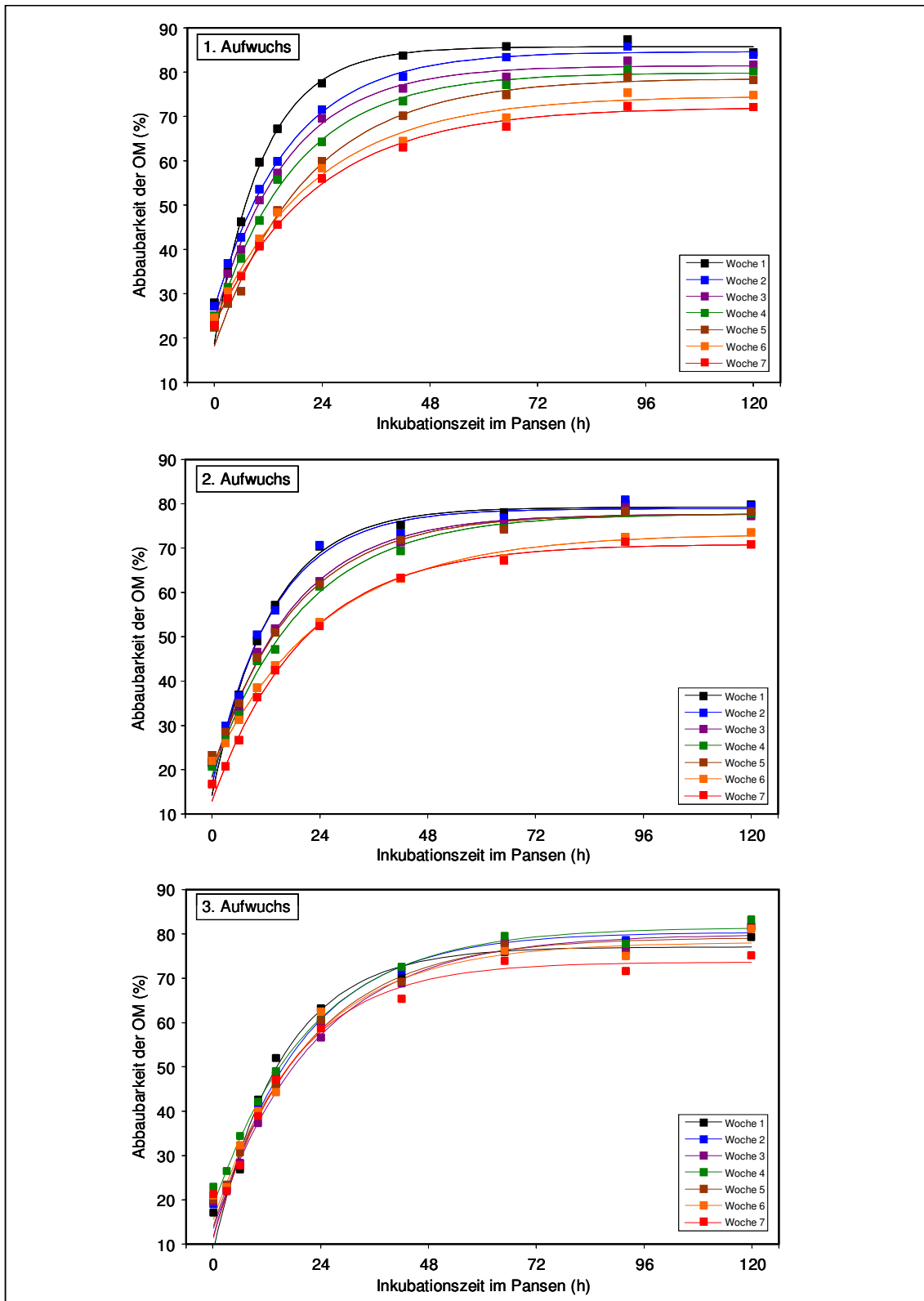
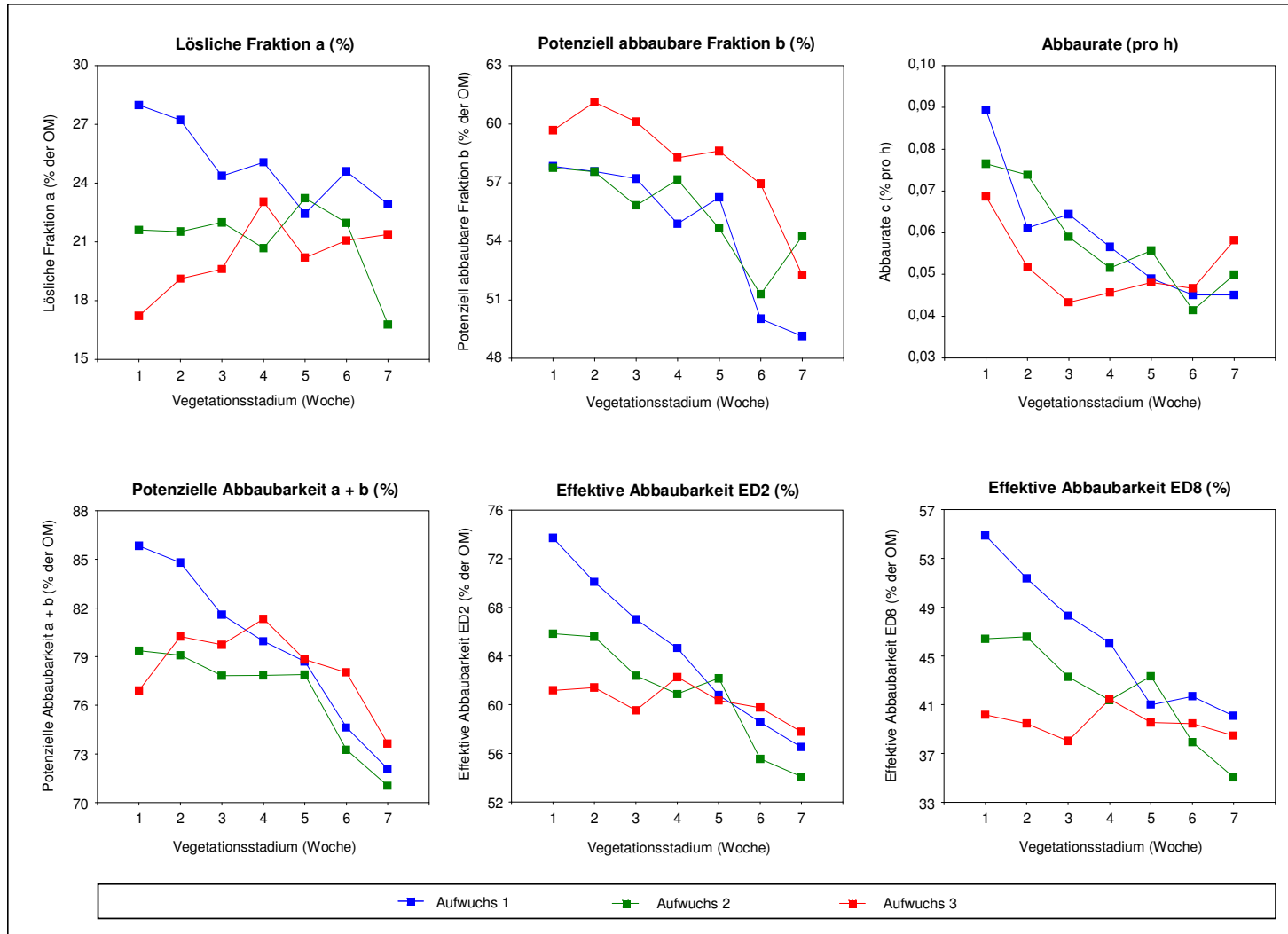


Abbildung 16: Kennzahlen der Abbaukinetik der organischen Masse in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters



4.6 Abbaubarkeit von NDF im Pansen

Die Ergebnisse der Abbauparameter der neutralen Detergentienfaser sind in Tabelle 19 zusammengefasst. Die Resultate der statistischen Auswertung finden sich in Tabelle 20. Eine grafische Darstellung der Abbauparameter wird in Abbildung 17 gezeigt.

Die im Versuch untersuchten Abbauparameter a, b, c können mit einem Bestimmtheitsmaß von 50 bis 85 % erklärt werden.

Tabelle 19: Kennzahlen der Abbaukinetik der NDF in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters

	a	b	c	a + b	lag	ED2	ED5	ED8
	%	%	%/h	%	h	%	%	%
1. Aufwuchs								
Woche 1	-6,9	92,8	10,0	85,9	1,8	67,4	49,2	37,3
Woche 2	-5,6	91,0	6,3	85,4	0,3	62,7	43,9	33,0
Woche 3	-9,0	91,0	6,1	82,0	0,4	58,7	39,6	28,7
Woche 4	-8,4	88,2	5,7	79,8	0,5	55,9	37,1	26,6
Woche 5	-14,7	92,2	5,0	77,5	1,2	49,4	28,6	17,5
Woche 6	-2,3	76,2	4,8	73,9	1,3	50,1	33,1	24,2
Woche 7	-2,3	74,7	4,3	72,4	1,0	47,5	30,6	22,1
2. Aufwuchs								
Woche 1	-1,3	80,5	8,1	79,2	2,1	60,5	43,5	32,9
Woche 2	-7,2	84,8	7,8	77,7	1,5	58,1	40,4	29,6
Woche 3	-9,1	84,8	6,0	75,7	1,2	52,7	34,2	23,8
Woche 4	-2,5	80,4	5,4	77,9	1,0	54,7	37,0	27,3
Woche 5	-1,5	79,6	5,6	78,1	1,4	55,4	37,7	27,9
Woche 6	-4,5	76,3	4,4	71,8	1,8	45,9	28,2	19,2
Woche 7	-10,1	80,0	4,5	69,9	1,6	43,4	24,9	15,5
3. Aufwuchs								
Woche 1	-9,4	83,6	7,6	74,3	2,2	53,5	35,3	24,5
Woche 2	-10,0	86,6	5,7	76,6	2,0	51,8	32,1	21,1
Woche 3	-3,8	79,8	4,9	76,0	3,0	49,7	30,2	19,9
Woche 4	-3,6	82,3	5,0	78,7	1,6	53,4	34,5	24,4
Woche 5	-16,9	90,6	5,6	73,8	1,6	48,2	27,7	16,3
Woche 6	-10,8	85,1	5,1	74,4	1,6	48,5	28,9	18,3
Woche 7	-12,2	96,0	5,9	83,8	1,9	57,5	36,4	24,6

Die sofort lösliche Fraktion a wies im vorliegenden Versuch negative Werte auf, was pansenphysiologisch unmöglich ist. Die Messergebnisse sollten eigentlich um den Wert Null liegen, da Faserbestandteile nicht bzw. nur in sehr geringem Ausmaß sofort löslich sind. Diese Ergebnisse sind sehr wahrscheinlich auf analytische Probleme bei der Bestimmung der NDF-Gehalte in

den Bag-Rückständen zurückzuführen. Für die Fraktion a beträgt die Standardabweichung 6,34%.

Die Ergebnisse der Fraktion a beeinflussen auch die unlösliche, potenziell abbaubare Fraktion (b) (Variationskoeffizient von 8,8 %). Die Fraktion b wurde dadurch überschätzt. Im Mittel aller Wochen zeigte sich ein Rückgang der unlöslichen, potenziell abbaubaren Fraktion von 86,6 auf 80,9 % zwischen erstem und zweitem Aufwuchs. Im dritten Aufwuchs wurde mit 86,3 % wieder eine ähnlich hohe Fraktion b wie beim ersten Aufwuchs festgestellt. Mit zunehmendem Pflanzenalter ging die Fraktion b mit 18,1 % beim ersten Aufwuchs am stärksten zurück. Der zweite Aufwuchs zeigte zwischen erster und siebter Woche ebenfalls einen Rückgang (von 80,5 auf 76,3 %), jedoch erreichten die zweite und dritte Woche eine höhere unlösliche potenziell abbaubare Fraktion (84,8 %) als die erste Woche (80,5 %). Im dritten Aufwuchs kam es sogar zu einem Anstieg der Fraktion b von 83,6 auf 96 %.

In der statistischen Auswertung wurde ein signifikanter Einfluss der Woche auf die Abbaurate c festgestellt. Hier zeigte sich ein deutlicher Rückgang von c in allen drei Aufwüchsen mit zunehmendem Pflanzenalter. Dieser Rückgang war im ersten Aufwuchs mit 5,7 % zwischen erster und siebter Woche am auffälligsten. In der ersten Woche des ersten Aufwuchses wurde auch die höchste Abbaurate von 10 %/h festgestellt. Im Mittel aller Wochen war die Abbaurate zwischen erstem und zweitem Aufwuchs gleich (6,0 %/h) und ging beim dritten Aufwuchs auf 5,7 %/h zurück. Die Ergebnisse der Fraktion c zeigten eine Standardabweichung von 0,008, das ergab einen Variationskoeffizienten von 14,6 %.

Die potenziell abbaubare Fraktion a + b der 42 Futterproben besaß im Mittel aller Aufwüchse eine Abbaubarkeit von 77,3 % (RSD = \pm 5,6). Sie nahm mit fortschreitendem Pflanzenalter um 18,1 % im ersten, 13,5 % im zweiten und um 9,3 % im dritten Aufwuchs ab. Beim dritten Aufwuchs schwankte a + b zwischen 74,3 % in der ersten und 78,7 % in der vierten Woche. Die potenziellen Abbaubarkeit der 7 Wochen der einzelnen Aufwüchse wird in Abbildung 18 ersichtlich.

Die Lag-Phase nahm im Mittel vom erstem und bis zum dritten Aufwuchs zu (0,9 h, 1,5 h, 2,0 h). Innerhalb der Wochen der einzelnen Aufwüchse war kein Trend erkennbar. Für die Lag-Phase wurde weder für den Aufwuchs, noch für die Woche ein signifikanter Einfluss festgestellt.

Bei der effektiven Abbaubarkeit mit einer unterstellten Passagerate von 5 % kam es im Mittel aller Wochen zwischen erstem und drittem Aufwuchs zu einem nicht signifikanten Rückgang (37,5 %, 35,1 %, 32,2 %). Im Mittel aller Jahre, Aufwüchse und Wochen wurde eine potenzielle Abbaubarkeit von 34,9 % (RSD = \pm 6,8) festgestellt. Die Abnahme der effektiven Abbaubarkeit mit fortschreitendem Pflanzenalter war signifikant (P = 0,04). Beim ersten Aufwuchs kam es im Laufe der Wochen zu einem Rückgang von 49,2 auf 30,6 %. Der zweite Aufwuchs zeigte mit 18,6 % eine gleich hohe Abnahme zwischen erster und siebter Woche. Mit einer Verringerung von 6,4 % zwischen erster und siebter Woche ging die effektive Abbaubarkeit des dritten Aufwuchses am schwächsten zurück. Der Verlauf der ED im Laufe der Wochen der drei Aufwüchse ist in Abbildung 18 ersichtlich.

Tabelle 20: Ergebnisse der statistischen Auswertung der NDF

	a	b	c	a + b	lag	ED2	ED5	ED8
Statistische Effekte	Irrtumswahrscheinlichkeit P =							
Aufwuchs	0,39	0,13	0,75	0,22	0,15	0,33	0,31	0,26
Woche	0,72	0,53	< 0,001	0,40	0,84	0,04	0,04	0,07
Aufwuchs \times Woche	0,47	0,29	0,12	0,42	0,97	0,41	0,53	0,62
RSD	6,34	7,52	0,008	5,67	1,11	6,52	6,82	6,80
R ²	0,50	0,60	0,85	0,64	0,41	0,67	0,66	0,62

Abbildung 17: Ruminaler in situ-Abbau der NDF von frischen Wiesenfutter in Abhängigkeit von aufwuchs und Vegetationsstadium

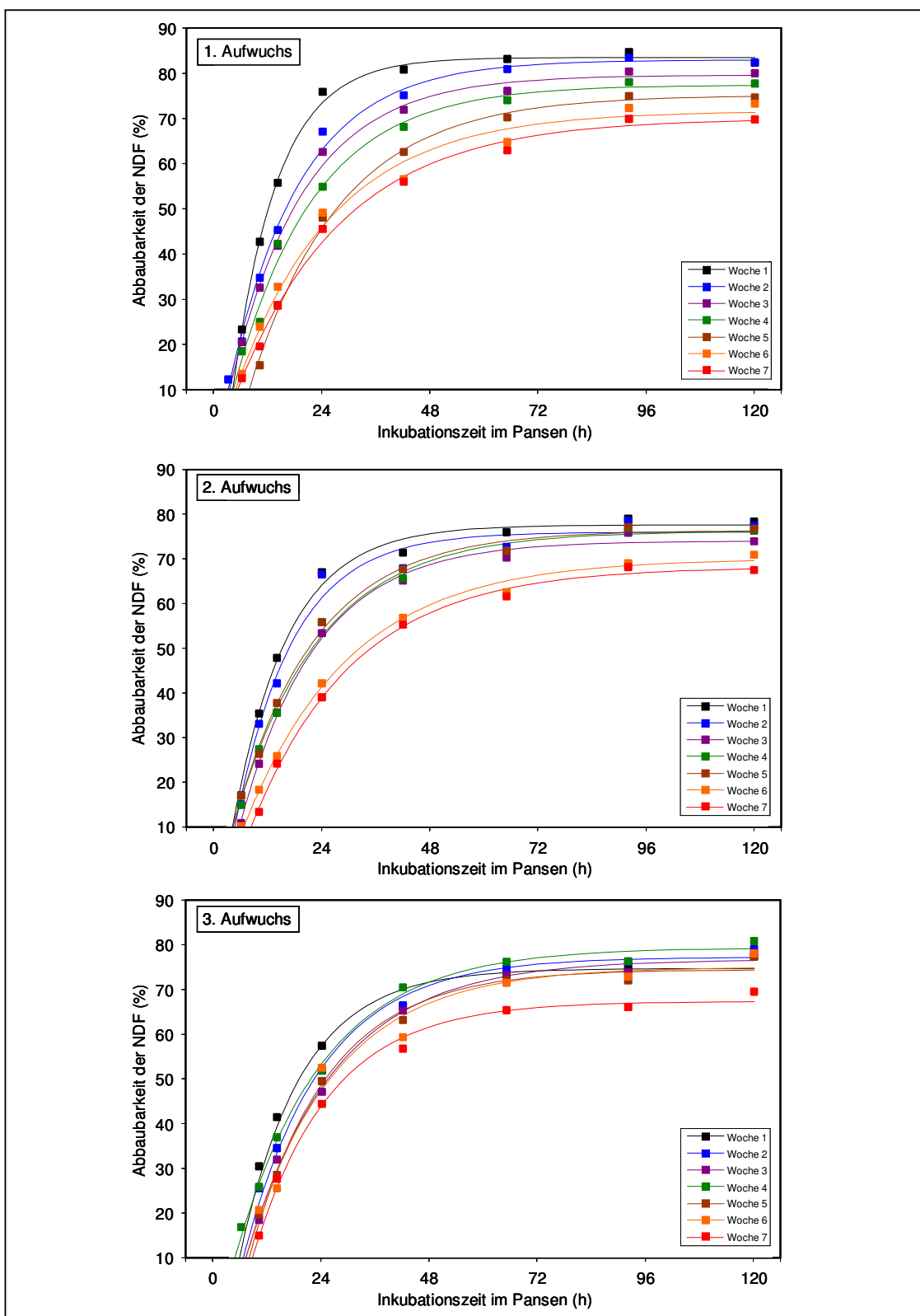
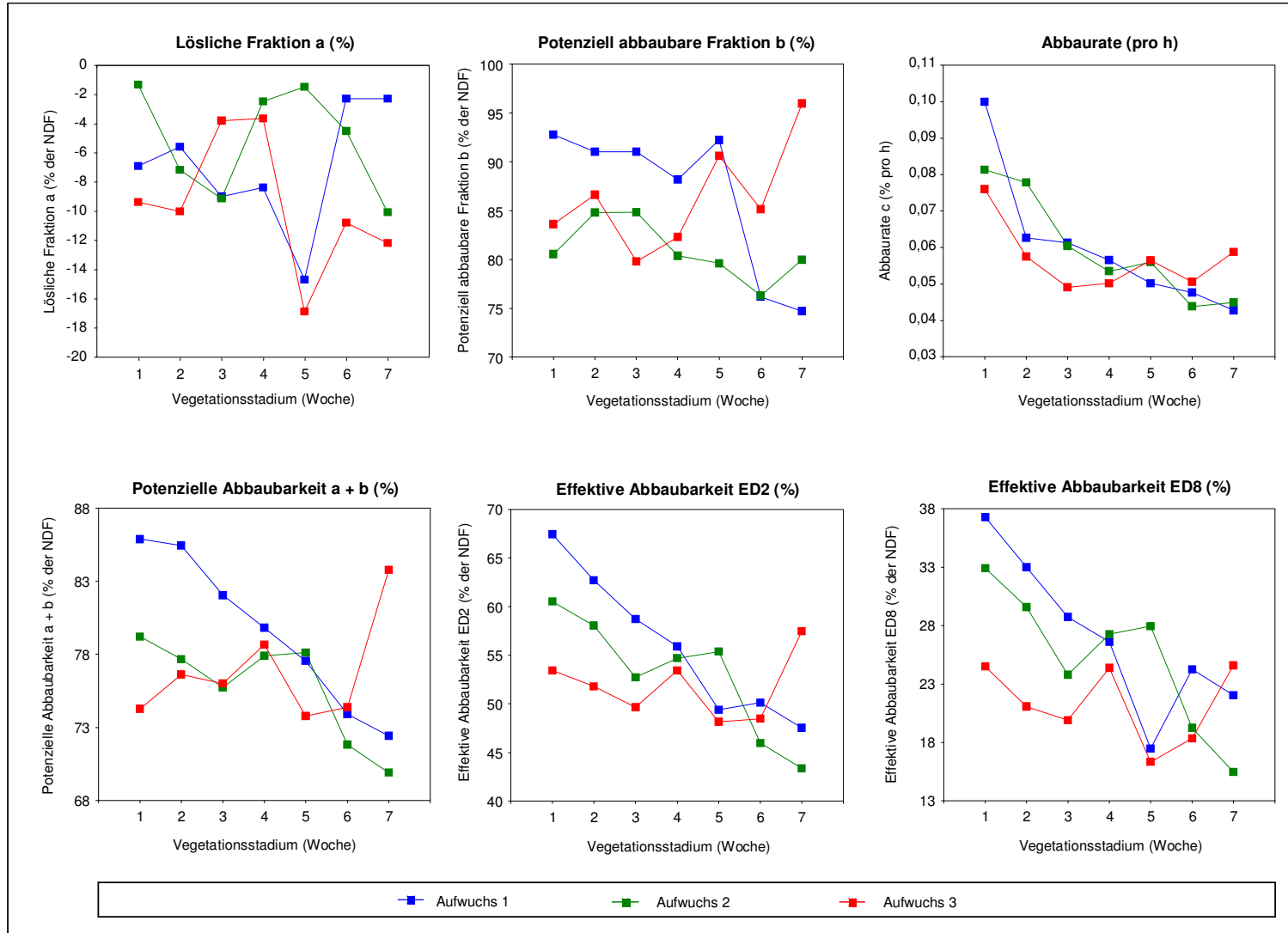


Abbildung 18: Kennzahlen der Abbaukinetik der NDF in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters



4.7 Abbaubarkeit von Rohprotein im Pansen

Die Ergebnisse der Abbauparameter sind in Tabelle 21, die der statistischen Auswertung in Tabelle 22 dargestellt. Die im Versuch geprüften Faktoren a, b und c konnten hinsichtlich der XP-Abbaubarkeit mit einem Bestimmtheitsmaß von 47 bis 60 % erklärt werden.

Tabelle 21: Kennzahlen der Abbaukinetik des Rohproteins in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters

	a	b	c	a + b	lag	ED2	ED5	ED8
	%	%	%/h	%	h	%	%	%
1. Aufwuchs								
Woche 1	28,6	55,5	8,8	84,1	2,1	71,3	59,7	52,3
Woche 2	30,4	51,3	6,2	81,7	1,1	67,6	56,8	50,8
Woche 3	29,7	46,4	8,4	76,1	3,0	64,0	54,2	48,4
Woche 4	29,7	43,3	6,8	73,0	1,6	61,4	52,0	46,6
Woche 5	38,2	31,1	5,0	69,3	4,5	58,3	50,8	47,1
Woche 6	8,9	47,7	4,6	56,5	0,9	39,6	29,1	23,7
Woche 7	-2,8	47,1	8,4	44,3	0,7	33,4	24,1	18,4
2. Aufwuchs								
Woche 1	20,4	60,1	8,3	80,5	1,5	66,7	54,2	46,4
Woche 2	18,7	60,6	8,1	79,3	0,7	66,0	54,0	46,5
Woche 3	19,0	55,8	7,3	74,8	2,8	59,6	46,9	39,5
Woche 4	25,7	49,6	4,8	75,3	3,9	57,9	45,7	39,5
Woche 5	23,5	49,9	6,5	73,5	3,2	59,4	48,1	41,8
Woche 6	24,5	39,8	4,2	64,3	4,2	48,7	38,9	34,2
Woche 7	22,6	43,1	6,8	65,7	3,0	53,5	43,5	37,8
3. Aufwuchs								
Woche 1	27,1	50,0	6,6	77,1	2,3	64,0	52,8	46,2
Woche 2	19,1	59,8	5,2	78,8	3,6	59,6	45,0	37,2
Woche 3	19,5	58,8	4,4	78,3	1,8	59,4	45,7	38,6
Woche 4	19,2	60,9	4,4	77,5	2,1	57,0	42,6	35,2
Woche 5	27,8	47,8	4,7	75,6	4,2	58,8	46,6	40,4
Woche 6	14,9	56,1	4,7	71,0	3,5	52,3	38,5	31,2
Woche 7	28,8	40,4	6,8	69,2	4,4	57,0	47,0	41,4

Im Mittel aller Wochen unterschieden sich die drei Aufwüchse hinsichtlich der sofort löslichen Fraktion nur geringfügig (1. Aufw. 23,2 % im 1. Aufw. 22,1 %, 3. Aufw. 22,3 %). Innerhalb der Aufwüchse schwankte die Fraktion a im Laufe der Wochen und zeigte lediglich für den ersten Aufwuchs einen starken Rückgang der Fraktion a (siehe Tabelle 21). Die Standardabweichung betrug für die Fraktion a 14,64, was einem Variationskoeffizienten von 65,3 % entspricht.

Die unlösliche potenziell abbaubare Fraktion b stieg im Mittel aller Wochen zwischen erstem (46,0 %) und drittem Aufwuchs (53,4 %) an. Es konnte jedoch statistisch kein signifikanter Einfluss des Aufwuchses auf die Fraktion b nachgewiesen werden. Mit fortschreitendem Vegetationsstadium nahm die unlösliche potenziell abbaubare Fraktion b in allen drei Aufwüchsen ab, wobei der zweite Aufwuchs den stärksten Rückgang (17 %) im Laufe der Wochen zeigte. Im Mittel aller Aufwüchse und Wochen erreichte die Fraktion b einen Wert von 50,2 % mit einer Standardabweichung von 9,4 und einem dementsprechenden Variationskoeffizienten von 18,9 %.

Mit zunehmendem Pflanzenalter nahm die Abbaurate c in allen drei Aufwüchsen tendenziell ab. In der siebten Woche wurde jedoch bei allen drei Aufwüchsen wieder ein Anstieg der Abbaurate beobachtet. Über alle Wochen hinweg nahm die Abbaurate vom ersten bis zum dritten Aufwuchs geringfügig ab. Weder für den Aufwuchs noch für die Woche wurde ein signifikanter Einfluss auf die Abbaurate festgestellt. Der Verlauf der Fraktion c wird in Abbildung 20 dargestellt.

Für die potenziell abbaubare Fraktion a + b des Rohproteins war der statistische Effekt Woche signifikant. Der Rückgang von a + b war mit fortschreitendem Pflanzenalter im ersten Aufwuchs am höchsten (39,8 %). Bei diesem wurde in der ersten Woche auch die höchste potenzielle Abbaubarkeit von Rohprotein mit 84,1 % festgestellt. Die potenzielle Abbaubarkeit nahm vom ersten Aufwuchs (69,3 %) bis zum dritten Aufwuchs (75,4 %) zu. Im Mittel aller Wochen, Aufwüchse und Jahre betrug die potenzielle Abbaubarkeit 72,7 % (RSD = ± 7,1).

Beim Parameter lag wurde eine Zunahme von Aufwuchs zu Aufwuchs beobachtet (Tabelle 21). Innerhalb der Aufwüchse schwankte die lag von Woche zu Woche.

Die effektive Abbaubarkeit bei einer unterstellten Passagerate von 5 % (ED5) zeigte im ersten Aufwuchs mit fortschreitender Vegetation den stärksten Rückgang (35,6 %). Die Abnahme war beim zweiten Aufwuchs mit 10,7 % und beim dritten Aufwuchs mit 5,8 % weniger stark. Für ED5 lag der RSD-Wert bei 9,3 und einem entsprechenden Variationskoeffizienten von 19,9 %. Bei der statistischen Auswertung wurde für ED5 ein signifikanter Einfluss der Woche nachgewiesen. Im Mittel aller Wochen zeigte der Aufwuchs für die effektive Abbaubarkeit keinen signifikanten Einfluss.

Tabelle 22: Ergebnisse der statistischen Auswertung für XP

	a	b	c	a + b	lag	ED2	ED5	ED8
Statistische Effekte	Irrtumswahrscheinlichkeit P =							
Aufwuchs	0,97	0,22	0,30	0,17	0,42	0,73	0,92	0,88
Woche	0,67	0,10	0,10	< 0,001	0,56	0,001	0,01	0,05
Aufwuchs × Woche	0,61	0,52	0,91	0,28	0,62	0,28	0,43	0,51
RSD	14,64	9,48	0,021	7,06	1,90	7,74	9,25	10,28
R ²	0,47	0,60	0,54	0,82	0,55	0,78	0,70	0,64

Abbildung 19: Ruminaler in situ-Abbau des Rohproteins von frischem Wiesenfutter in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vegetationsstadium

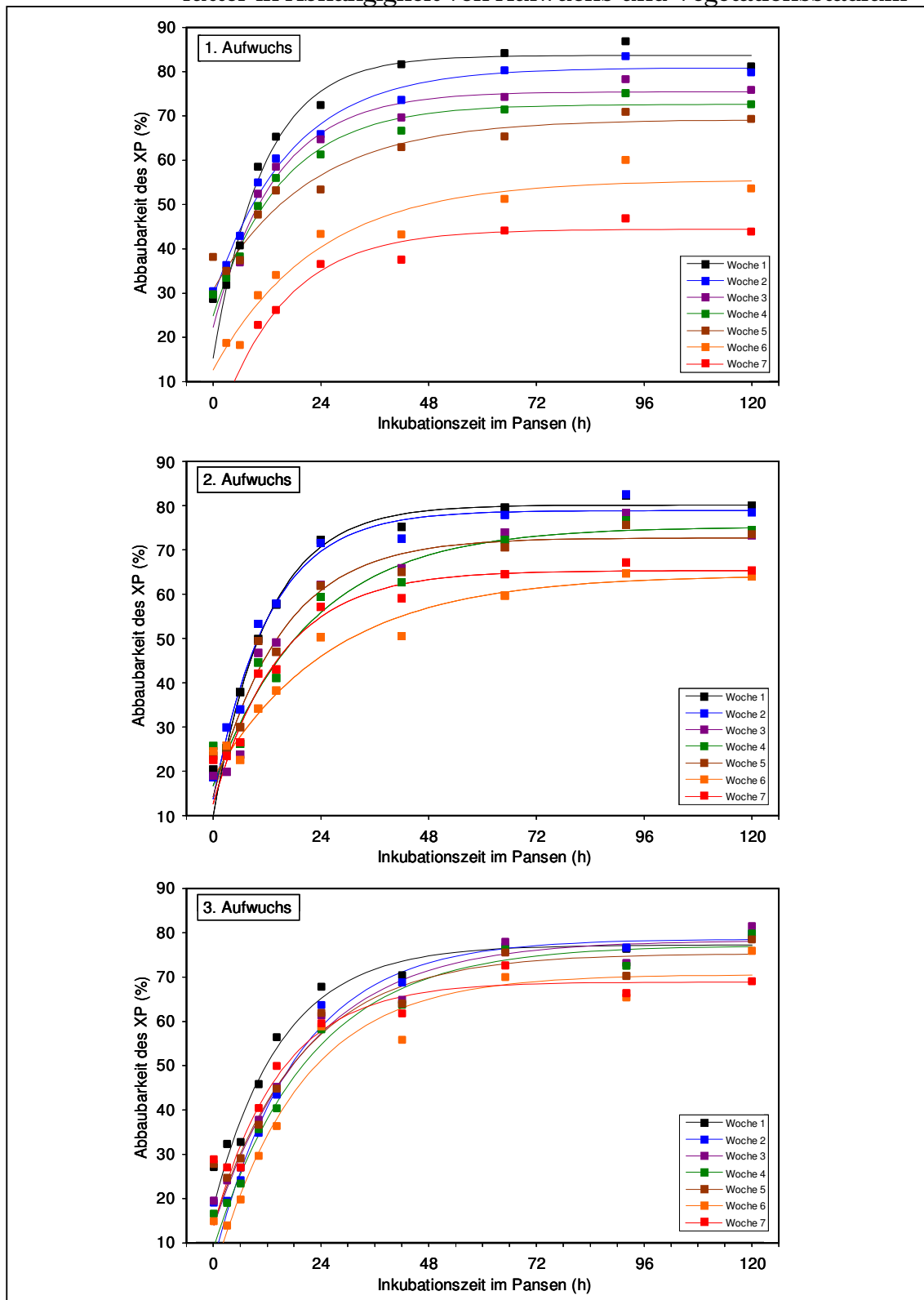
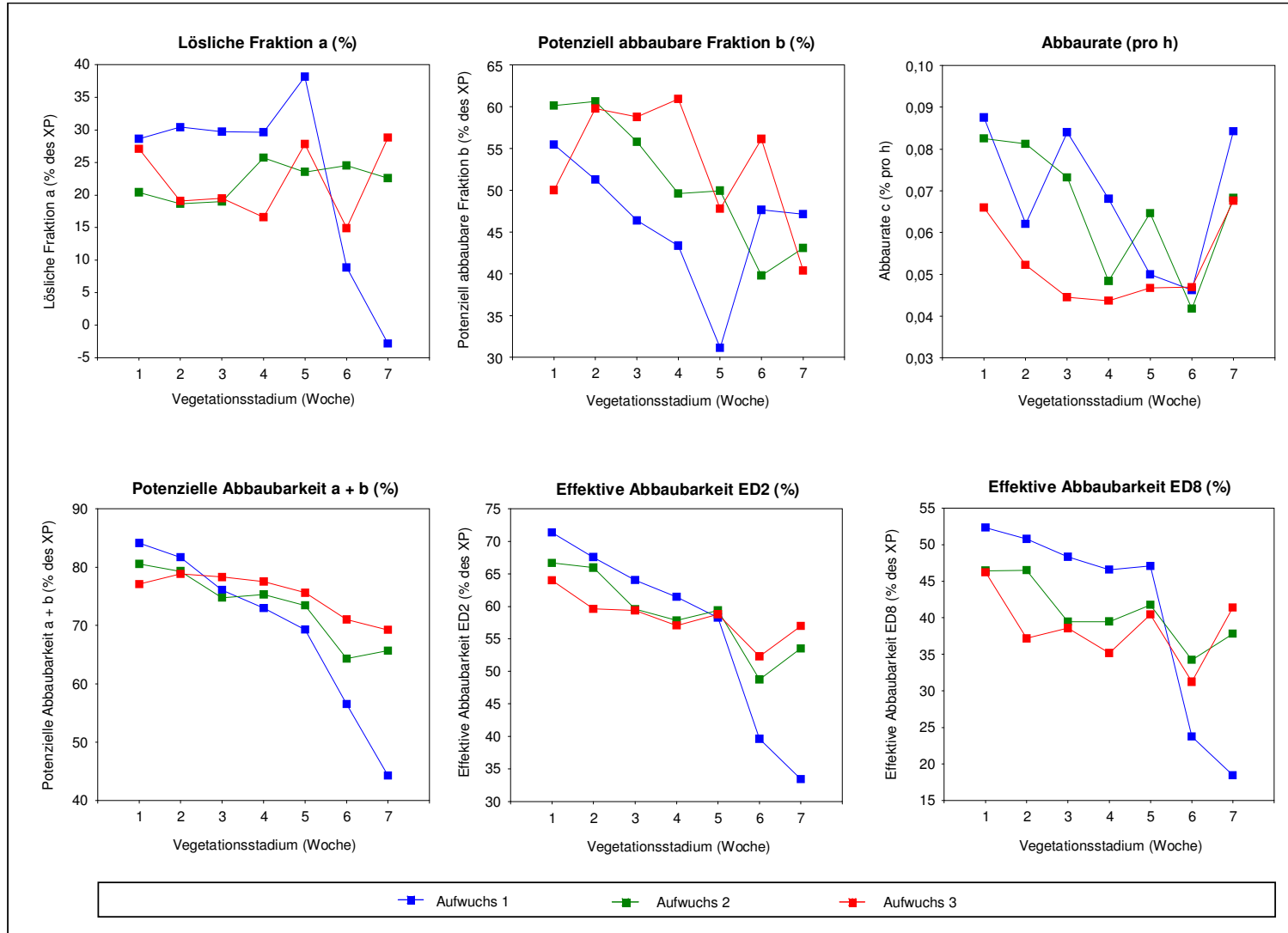


Abbildung 20: Kennzahlen der Abbaukinetik des Rohproteins in den Vegetationsstadien der Aufwüchse des Wiesenfutters



5 DISKUSSION

5.1 In situ-Methode

Seit den ersten Versuchen von QUIN et al. (1938), der erstmalig den ruminalen Nährstoffabbau eines Futters mit Hilfe von Seidentaschen untersuchte, die er über eine Fistel bei Schafen inkubierte, wurde die in situ-Methode stetig weiterentwickelt. Heute findet sie weltweite Verbreitung und trägt dazu bei, den Abbau eines Futtermittels im Pansen besser zu verstehen. Eine Anwendung der in situ-Technik ist laut SÜDEKUM (2002) erforderlich, um ruminale Abbaucharakteristika von Futtermitteln besser als bisher in der Futterwertschätzung für Wiederkäuer verwenden zu können.

In zahlreichen Übersichtsarbeiten wurde deutlich, dass eine Standardisierung der in situ-Methode notwendig ist, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse der einzelnen Forschungsanstalten zu gewährleisten. Bis heute gibt es große Unterschiede bei der Durchführung von in situ-Versuchen und dementsprechend viele Variationsquellen (siehe Kapitel 2.8.1). In diesem Zusammenhang soll auf eine Arbeit von SÜDEKUM (2005) verwiesen werden, in der er die Möglichkeiten und Grenzen einer Standardisierung der in situ-Methodik aufzeigt und eine solche für den deutschsprachigen Raum fordert.

5.2 Chemische Zusammensetzung des Wiesenfutters

Die chemische Zusammensetzung der untersuchten Futtermittel stimmt in ihren TM- und XP-Gehalten relativ gut mit den Ergebnissen der DLG Futterwerttabelle und der ÖAG Futterwerttabelle für Grünfutter aus dem Alpenraum mit landesüblichen Nutzung (2 – 3 Nutzungen) überein. Es gibt geringe Unterschiede im XP-Gehalt, speziell im ersten Aufwuchs, die sich jedoch durch die unterschiedliche botanische Zusammensetzung der untersuchten Futtermittel erklären lassen. Die im Vergleich zu den Referenzwerten (14 – 19 % vs. 19 – 22 %) geringeren Trockenmassegehalte des zweiten und dritten Aufwuchses könnten sich durch die hohen Niederschlagsmengen in dieser Zeit erklären lassen (siehe Tabelle 23).

Tabelle 23: Durchschnittliche* Niederschlagsmenge, Lufttemperatur und Sonnenscheindauer während der Aufwüchse 1 bis 3

Aufwuchs	Niederschlag (mm)	Temperatur (°C)	Sonnenscheindauer (h)
1	252	11,7	5,9
2	330	17,0	6,8
3	276	18,6	6,2

* gemittelt über die Versuchsjahre 2001 – 2003

5.2.1 Einfluss des Pflanzenalters auf die chemische Zusammensetzung der Aufwüchse

Die morphologischen Veränderungen der Pflanzen mit zunehmendem Alter sind bei den untersuchten Proben durch eine Zunahme der Faserfraktion (NDF, ADF und ADL), einer Zunahme des Trockenmassegehalts und einer Abnahme des Rohproteins charakterisiert. Diese Ergebnisse stimmen auch mit Ergebnissen aus früheren Untersuchungen überein (BOSCH et al. 1992, Van STRAALLEN 1993, ALERT & ECKARDT 1996, ALEXANDROV et al. 1997, GRUBER et al. 2000). Die im Laufe der Vegetation steigenden TM-Gehalte entstehen aufgrund der Veränderung des Blatt-Stängel Verhältnis zugunsten des Stängels (MINSON 1990). Gleichzeitig bewirkt diese Tatsache eine Steigerung des Zellwandanteils und eine Minderung des Zellinhalts (Van SOEST 1994). Durch diese Veränderungen der Zelle sinkt ihr XP-Gehalt, da sich das Rohprotein vor allem im Zellinneren befindet. Ein weiterer Grund für die Abnahme des XP-Gehalts ist die Zunahme des Stängelanteils zu Lasten des Blattanteils. Mit dem zunehmenden Pflanzenalter und den damit verbundenen morphologischen Veränderungen (Verschiebung des Blatt-Stängel Verhältnisses, Veränderungen der Zellwand) kommt es zu einem Anstieg des Faseranteils (NDF, ADF und ADL). Beim vorliegenden Versuch ist der Anstieg des Faseranteils beim ersten und zweiten Aufwuchs stärker ausgeprägt als beim dritten. Der Grund hierfür liegt darin, dass speziell im ersten Aufwuchs bei Gräsern reproduktive Organe gebildet werden, weshalb vermehrt Zellulose in die Stängel eingelagert wird (MINSON 1990). Aus den Ergebnissen der Futtermitteluntersuchung ist zu schließen, dass dies auch die Ursache für höhere Faseranteile beim zweiten Aufwuchs ist. Ähnliche Ergebnisse fanden auch BABNIK (1995) in dreimal geschnittenem italienischen Raygras und AUFERE (2003) bei Knaulgras und englischem Raygras.

Die starke Steigerung der ADL-Gehalte im ersten Aufwuchs ist auf die steigenden Temperaturen in diesem Jahresabschnitt zurückzuführen. Laut Van SOEST (1994) wird bei hohen Temperaturen mehr Lignin in die Pflanzenwand eingebaut; so ist es nicht verwunderlich, dass die höchsten ADL-Werte beim zweiten Aufwuchs im Hochsommer zustande kamen.

Der weniger stark zurückgehende XP-Gehalt im zweiten und dritten Aufwuchs ist ein Zeichen dafür, dass sich das Blatt-Stängel Verhältnis weniger stark verschiebt. Diese Ergebnisse stimmen mit Aussagen von CHAVES et al. (2006) überein, die höhere XP-Gehalte in Blättern als in Stängeln nachwies. Weiters sind höhere XP-Gehalte im zweiten und dritten Aufwuchs möglicherweise auf einen höheren Anteil an Leguminosen und Kräutern im Futter zurückzuführen, da im zweiten und dritten Aufwuchs auch höhere Rohaschegehalte festgestellt wurden. Leguminosen und Kräuter besitzen laut Untersuchungen von PÖTSCH & RESCH (2005) einen höheren Mineralstoffgehalt. Weiters kann durch einen höheren Leguminosenanteil im Bestand mehr Stickstoff fixiert werden und somit ein höherer XP-Gehalt des gesamten Aufwuchses erreicht werden.

5.3 Einfluss des pH-Wertes auf die Abbaubarkeit

Der pH-Wert im Pansen hat einen großen Einfluss auf die Abbaubarkeit. Ein konstanter pH-Wert im Pansen wird einerseits durch die Pufferkapazität des Speichels und andererseits durch die Aufnahme der flüchtigen Fettsäuren über die Pansenwand erreicht (JEROCH et al. 2008). Zusätzlich wird der pH-Wert auch durch die direkte Abgabe von Bicarbonat über das Pansenepithel stabilisiert (JEROCH et al. 2008). Ein niedriger pH-Wert (unter 6,0) hat negative Auswirkungen auf den mikrobiellen Zellwandabbau. Speziell für zellulolytische Mikroben sind bei niedrigen pH-Werten die Anhaftbedingungen an Futterpartikel ungünstig (FLACHOWSKY 1995). Laut STEWARD (1977), MOULD & ORSKOV (1983b) ist eine Faserverdauung unter einem pH-Wert von 6,1 – 6,0 nicht mehr möglich. Eine optimale zellulolytische Verdauung bzw. optimales Wachstum zellulolytische Organismen ist laut Van SOEST (1994) bei einem pH-Wert von 6,7 gegeben. Bei normaler Pansenaktivität sollte die pH-Wert-Spanne nicht größer sein als $\pm 0,5$ pH-Werteinheiten. Diese pH-Wert-Spanne wurde auch bei den durchgeführten Messungen nicht überschritten (siehe Abbildung 12). Von GRANT & MERTENS (1992) wurde in einem

Versuch bewiesen, dass ein pH-Wert unter 6,2 die Verdauungsrate senkt und die lag-Phase verlängert. Beim durchgeführten Versuch dürfte es zu keiner negativen Beeinflussung der Abbaubarkeit aufgrund des pH-Wertes gekommen sein, da dieser nicht unter einen Wert von 6,3 sank. Durch viermalige Fütterung am Tag, wurden starke pH-Wert-Schwankungen im Pansen und dadurch eine Verzerrung der Ergebnisse weitestgehend vermieden.

5.4 Einfluss des Vegetationsstadiums auf die in situ- Abbaubarkeit

5.4.1 Abbau von Trockenmasse und organischer Masse im Pansen

Die Ergebnisse der Abbauparameter von TM und OM unterscheiden sich nur gering voneinander (siehe Tabelle 15 und Tabelle 17) und werden deshalb gemeinsam diskutiert. Es gibt in der Literatur einige Arbeiten, die sich mit dem Ausmaß und der Geschwindigkeit des Abbaus von TM und OM von Wiesenfutter mit steigendem Pflanzenalter beschäftigten und ihre Ergebnisse diskutiert und dargestellt haben (BOSCH et al. 1992, HOFFMANN et al. 1993, HUHTANEN & JAAKKOLA 1994, ALERT & ECKHARDT 1996, KIRCHHOF 2007). Die Veränderungen der Abbauparameter der TM und OM mit fortschreitender Vegetation spiegeln die morphologischen Veränderungen der Pflanzenzellwand und des Zellinhalts wieder. Der im Versuch festgestellte Rückgang der Fraktion a im Laufe der Wochen zeigt die Abnahme der Zellinhaltsstoffe. Dieser Rückgang mit fortschreitender Vegetationsdauer wurde auch bei einem Versuch von BABNIK (1995) beobachtet. Er untersuchte den Abbau von italienischem Raygras mit zunehmenden Pflanzenalter und stellte ebenfalls einen Rückgang der sofort löslichen Fraktion fest. Die Fraktion a zeigt beim ersten Aufwuchs die höchsten Werte (siehe Tabelle 15), was auf eine erhöhte Ansammlung von Photosyntheseprodukten (wasserlösliche Kohlenhydrate) in der Zelle zurückzuführen ist. Diese können aufgrund der klimatischen Verhältnisse (viel Sonneneinstrahlung bei vergleichsweise niedriger Temperatur) nicht in Strukturkohlenhydrate überführt werden (Van SOEST 1994). Die niedrigeren Werte der Fraktion a bei den Folgeaufwüchsen lassen sich durch die Einwirkung höherer Temperaturen erklären. Mit dem

Temperaturanstieg geht auch eine höhere Stoffwechselrate einher, die dazu führt, dass die Photosyntheseprodukte schneller in Gerüstkohlenhydrate umgebaut werden (Van SOEST 1994).

Die Abbaurate c ging im vorliegenden Versuch im Laufe der Aufwüchse und zwischen erster und siebter Woche zurück (8,6 – 4,3 %/h im 1. Aufwuchs, 7,3 – 4,7 %/h im 2. Aufwuchs und 6,7 – 5,9 %/h im 3. Aufwuchs). In einer Arbeit von HUHTANEN & JAKOLA (1994) mit Timotheegras wurden Abbauraten von nur 6,5 bis 3,2 %/h ermittelt. Die im eigenen Versuch erreichten hohen Abbauraten lassen sich dadurch erklären dass artenreiche Bestände eine höhere Abbaurate erreichen als artenarme Bestände. Mit dieser Thematik befasste sich BRUINENBERG (2003), die in ihren Versuch den Abbau von OM bei intensiv genutzten Flächen (artenarm) mit jenem von extensiv genutzten Flächen (artenreich) verglich. Dass Leguminosen eine höhere Abbaurate aufweisen als Gräser, zeigte ein Versuch von ELIZALDE et al. (1999). Dort wurde für Luzerne zwischen den Vegetationsstadien „Ähren-/Rispschieben“ und „Ende Blüte“ ein Rückgang der Abbaurate von 17,6 auf 11,4 %/h festgestellt. Für Wiesenschwingel wurde in denselben Vegetationsstadien eine Abnahme der Abbaurate von 8,6 auf 5,6 %/h verzeichnet. Somit lassen sich auch die höheren Abbauraten des eigenen Versuchs durch einen gewissen Anteil an Leguminosen im Bestand erklären.

Der Rückgang der potenziellen Abbaubarkeit mit fortschreitendem Pflanzenalter lässt sich dadurch erklären, dass es im Laufe der Vegetation zu einer Zunahme des Stängel- und Blütenanteils und zu einem Rückgang des Blattanteils kommt (MINSON 1990). Die Verschiebung des Blatt/Stängel-Verhältnisses zu Gunsten des Stängels zeigt sich besonders deutlich beim ersten Aufwuchs, in welchem der Rückgang der TM- und OM-Abbaubarkeit, verglichen mit den Folgeaufwüchsen, am höchsten ist. Diese Beobachtungen stimmen auch mit Aussagen von MINSON (1990) überein. Die geringeren Abnahmen der Abbaubarkeit während der Folgeaufwüchse lassen den Schluss zu, dass es in diesen zu einer weniger starken Verschiebung des Blatt/Stängel Verhältnisses gekommen ist.

5.4.2 Abbau von NDF im Pansen

Die neutrale Detergentienfaser repräsentiert die Faserkohlenhydrate bzw. die wesentlichen Zellwandbestandteile eines Futters. Sie beinhaltet Zellulose, Hemizellulose und Lignin.

Die Abbauparameter der NDF (a, b, c) zeigen einen Rückgang mit fortschreitendem Pflanzenalter. Dies lässt sich durch die morphologischen Veränderungen im Laufe der Vegetation (Verschiebung des Blatt/Stängel-Verhältnis) und die folglich höheren NDF-Gehalte bei älterem Futter erklären (MINSON 1990). McDONALD (1988) folgerte, dass der Fasergehalt (Menge und Zusammensetzung) den größten Einfluss auf die Verdaulichkeit eines Futters besitzt. Diese Feststellung wird mit den Ergebnissen der eigenen Untersuchung untermauert. Besonders deutlich wird dies beim ersten Aufwuchs, in dem sowohl die höchste potenzielle Abbaubarkeit bei jungem Futter als auch der stärkste Rückgang in den sieben Beprobungswochen erreicht wurde (siehe Tabelle 19). Dies stimmt auch mit den Ergebnissen der Futtermitteluntersuchung überein, in der die höchsten NDF-Gehalte beim überständigen Futter des ersten Aufwuchses festgestellt wurden.

Die geringeren Abbauraten der Folgeaufwüchse sind dadurch erklärbar, dass in diese höhere Ligningehalte aufweisen. Lignin beeinflusst die Abbaubarkeitsgeschwindigkeit von Pflanzenzellwänden sehr stark (Van SOEST 1994). Folglich wird bei höherem Ligningehalt die Abbaubarkeit von NDF herabgesetzt. Gleichzeitig zeigten der zweite und dritte Aufwuchs geringere Fasergehalte, was laut McDONALD et al. (1988) eigentlich zu einer höheren Verdaulichkeit führen müsste. Der Abbau der Faser wird laut Van SOEST (1994) jedoch in starkem Maße vom Verhältnis von Lignin zu Zellulose beeinflusst. Im vorliegenden Versuch war das Verhältnis bei den Folgeaufwüchsen höher, was zu geringeren Abbaubarkeiten führte. Der geringere Rückgang der NDF-Abbaubarkeit mit fortschreitendem Pflanzenalter des zweiten und dritten Aufwuchses lässt sich durch den ebenfalls weniger stark ansteigenden Fasergehalt erklären.

5.4.3 Abbau von XP im Pansen

Der ruminale Abbau des XP bei strukturreichem Futter wurde in der Vergangenheit bereits von einigen Wissenschaftlern beschrieben, unter anderem von AMRANE & MICHALET-DOREAU 1992, SALAÜN et al. 1997, ELIZALDE et al. 1999, AUFERE et al. 2003, CHAVES et al. 2006. Bei der Rohproteinfraktion gibt es, wenn man die verschiedenen Arbeiten vergleicht, Probleme, da die mikrobielle Kontamination bei einzelnen Arbeiten unterschiedlich berücksichtigt wurde. Im vorliegenden Versuch wurde die mikrobielle Konatmination nicht korrigiert. Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungen zu gewährleisten, wäre eine Standardisierung erforderlich, denn die Probenbehandlung ist die Hauptursache für unterschiedliche Abbauparameter zwischen den einzelnen Laboratorien (WILKERSON et al. 1995).

In der eigenen Untersuchung kam es lediglich bei der potenziell abbaubaren Fraktion zu einem signifikanten Rückgang mit fortschreitendem Pflanzenalter (siehe Tabelle 22). Das stimmt mit den Untersuchungen von SALAÜN et al. (1997) überein, die ebenfalls einen signifikanten Einfluss des Pflanzenalters auf die Abbaubarkeit von Raygras feststellten. Über alle Aufwüchse und Vegetationsstadien hinweg wurde eine potenzielle Abbaubarkeit von 72,6 % ermittelt. Ein ähnlicher Wert von 70,7 % wurde auch von AMARANE & MICHALET-DORAU (1992) festgestellt, die den Einfluss des Vegetationsstadiums auf die Abbaubarkeit von italienischem Raygras untersuchten. Mit der eigenen Arbeit vergleichbar, ist das Ergebnis von Van VUUREN et al. (1990), die für Raygras in unterschiedlichen Vegetationsstadien eine mittlere Abbaubarkeit von 76,8 % feststellten.

Die Fraktion a zeigte im vorliegenden Versuch mit fortschreitender Vegetation keine eindeutigen Veränderungen und schwankte in allen drei Aufwüchsen (siehe Tabelle 21). Zu ähnlichen Ergebnisse kam auch ELIZALDE et al. (1999), wobei in diesem Versuch bei unterschiedlichen Gräsern viel höhere Werte für die Fraktion a (27 – 55 %) festgestellt wurden. Diese hohen Werte sind zum Teil die Folge einer unterschiedlichen Probenvorbehandlung, welche einen großen Einfluss auf die Fraktion a hat (Van VUUREN et al. 1991 und 1992, MICHALET-DOREAU & CERNEAU 1991, BALDE et al. 1993). Ein weiterer Grund für die geringen a-Werte im eigenen Versuch kann auch eine geringe N-Düngung sein (VALK et al. 1996) und die besonderen klimatischen Bedingungen des Alpenraums (KIRCHOF 2007).

Im eigenen Versuch wurden die Proben schonend getrocknet und anschließend durch ein 2 mm-Sieb gemahlen. Bei dem Versuch von ELIZALDE et al. (1999) wurde die Proben auf 2 cm Länge gehäckselt, anschließend gefriergetrocknet und durch ein 1,5 mm-Sieb gemahlen. Diese unterschiedlichen Bearbeitungen bringen auch eine verschiedene Partikelgrößenverteilung mit sich (Tabelle 5). Das bedeutet, dass eine feinere Vermahlung dazu beiträgt, dass mehr Zellwände zerstört werden und somit ein größerer Anteil des Zellinhalts (XP) in die sofort lösliche Fraktion a wandert (HUNTINGTON & GIVENS 1995).

Die Fraktion b ging in allen Aufwüchsen zurück. Der stärkste Rückgang wurde mit 17 % im zweiten Aufwuchs festgestellt. Der Rückgang der Fraktion b mit fortschreitender Vegetation wurde auch in Arbeiten von CHAVES et al. (2005) festgestellt, der den Einfluss von Pflanzenalter bei Raygras untersuchte, sowie von AMRANE & MICHALET-DOREAU (1993).

Im vorliegenden Versuch war die Höhe der Abbaurate c geringer als in vergleichbaren Versuchen. Der Rückgang von c mit fortschreitendem Pflanzenalter kann auf die Veränderungen innerhalb der Pflanzenzelle zurückgeführt werden, denn sowohl der Anteil des Zellinhalts als auch die Abbaubarkeit der Zellwände sinken mit zunehmendem Pflanzenalter. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass der Abbau des Rohproteins vom Pflanzenalter abhängig ist, da im Laufe der Zeit mehr an NDF-assoziiertes Protein in die Pflanzenzelle eingelagert wird. Dieser Umstand verdeutlicht nochmals den Einfluss des Zellwandabbaus auf die Höhe des abbaubaren XP.

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Eine genaue Charakterisierung von Wiesenfutter, wie sie in der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurde, ist deshalb von großem Interesse, da Wiesenfutter in Österreich nach wie vor das wichtigste Grundfutter für Wiederkäuer darstellt. In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss des Vegetationsstadiums und des Aufwuchses auf die Abbaubarkeit von TM, OM, NDF und XP bei Wiesenfutter beschrieben. Dabei wurde ersichtlich, dass das Vegetationsstadium einen großen Einfluss auf die ruminale Abbaubarkeit von Wiesenfutter hat. Der erste Aufwuchs zeigte bei allen untersuchten Parametern den stärksten Rückgang mit zunehmenden Pflanzenalter (siehe Abbildung 13, Abbildung 15, Abbildung 17 und Abbildung 19), aufgrund

dessen ist eine rechtzeitige Nutzung des ersten Aufwuchses anzustreben, um hochwertiges Grundfutter zu produzieren. Dagegen nahm in den Folgeaufwüchsen mit zunehmendem Pflanzenalter die Abbaubarkeit im geringeren Ausmaß ab und die Gehalte an Gerüstsubstanzen im geringeren Ausmaß zu; somit sind der zweite und dritte Aufwuchs bezüglich des Schnittzeitpunktes nutzungselastischer.

Die Berücksichtigung der ruminalen Abbauvorgänge, ermittelt aus in situ-Untersuchungen, sind eine wertvolle Ergänzung der herkömmlichen Futtermittelanalyse (Weender Analyse, Detergentienanalyse). Um den hohen Leistungsanforderungen der Tiere gerecht zu werden, muss man heute mehr denn je die physiologischen Vorgänge im Tier verstehen und die tatsächlich zur Verfügung stehenden Nährstoffe ermitteln. Die in situ-Methode hilft die Verdauungsvorgänge im Pansen besser zu verstehen und sollte somit ein wichtiges Instrument für die Futterbewertung sein. Daher müsste der Forschung in Zukunft mehr Geld für diese Methode zur Verfügung stehen, um bald auch im deutschsprachigen Raum eine genauere bzw. bessere Futterbewertung und folglich auch eine tiergerechtere Fütterung zu erreichen.

7 ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss des Vegetationsstadiums und des Aufwuchses auf die in situ-Abbaubarkeit von TM, OM, NDF und XP untersucht. Der Versuch wurde in Anlehnung an ein umfangreiches Projekt zur Strukturwirkung von Grünlandaufwüchsen des Alpenraumes unterschiedlicher Vegetationsstadien am LFZ Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Das Ziel des Versuchs war es, die ruminale Abbaubarkeit von Wiesenfutter festzustellen und somit eine genaue Charakterisierung von Grünlandaufwüchsen zu gewährleisten.

Das Probenmaterial bestand aus 42 Grünfutterproben aus den Jahren 2001, 2002 und 2003. Die Proben unterschieden sich hinsichtlich des Aufwuchses und des Pflanzenalters. Die Futtermittel wurden nach verschiedenen Methoden untersucht: WEENDER Analyse (VDLUFA 1976, ALVA 1983), Detergentienanalyse nach Van SOEST 1994 und in situ-Methode (ORSKOV & McDONALD 1979, ORSKOV 1984, HUNTINGTON & GIVENS 1995). Für die in situ-Untersuchung standen vier pansenfistulierte Braunviehochsen zur

Verfügung. Die Proben wurden jeweils für 0, 3, 6, 10, 14, 24, 42, 65, 92 und 120 Stunden im Pansen inkubiert.

Bei den Ergebnissen der in situ-Untersuchung zeigte das Vegetationsstadium einen signifikanten Einfluss auf die ruminale Abbaubarkeit von Wiesenfutter. Bei den Faserbestandteilen konnte für die Abbaurate (c) und für die effektive Abbaubarkeit (ED2, ED5 und ED8) ein signifikanter Einfluss des Vegetationsstadiums auf die NDF-Abbaubarkeit beobachtet werden. Beim Rohprotein zeigten lediglich die potenzielle Abbaubarkeit (a + b) und die effektive Abbaubarkeit (ED2 und ED5) einen signifikanten Einfluss der Woche. Für den zweiten untersuchten Versuchsfaktor, den Aufwuchs, konnte bei einigen Abbauparametern nur für die TM und OM ein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden. Im Versuch wurde deutlich, dass die Abbaubarkeit aller untersuchten Nährstoffparameter mit zunehmendem Pflanzenalter zurückgeht. Weiters zeigte der Versuch, dass der erste Aufwuchs die höchsten Abbaubarkeiten bei jungem Futter erreichte. Jedoch zeigte dieser auch den stärksten Rückgang der Abbaubarkeit mit fortschreitendem Pflanzenalter. Dies lässt für die Praxis den Schluss zu, dass eine frühe Nutzung des ersten Aufwuchses anzustreben ist, um hochwertiges, schnell bzw. hoch abbaubares Futter zu produzieren. Die Folgeaufwüchse zeigten geringere Abbaubarkeiten als der erste Aufwuchs. Die Abnahme der Abbaubarkeit (im Laufe der Wochen) war jedoch weit weniger stark ausgeprägt als beim ersten Aufwuchs. Dieser Umstand bedeutet, dass die Folgeaufwüchse vom Nutzungszeitpunkt her wesentlich elastischer sind als der erste Aufwuchs.

8 SUMMARY

The influence of the stage of maturity and different pasture growth on the in situ degradation of DM, OM, NDF and CP was tested in this study. The experiment was performed in the course of a comprehensive project of LFZ Raumberg-Gumpenstein, concerning effects on the structure of pasture in mountain areas depending on growth and different stages of maturity.

The scope of our experiments was to point out the ruminal degradation of grassland forage to ensure a precise characterization of pasture growth. The sample material consisting of 42 forages, which varied in growth and stage of maturity, was collected from 2001 to 2003. The different forages were investigated using the Weender-analysis, detergent fiber method and the in situ method.

Rumen degradation characteristics were determined with synthetic fiber (polyester) bags incubations for 0, 3, 6, 10, 14, 24, 45, 65, 92, and 120 hours. Disappearance of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), and neutral detergent fiber (NDF) were calculated from residues of bags after incubation and corrected for small particle losses. Ruminal degradation parameters were fitted to an exponential model. Following parameters were estimated: a = soluble fraction, b = insoluble fraction, $a + b$ insoluble fraction and lag phase, which describes the delay between the beginning of rumen incubation and microbial degradation.

In this study a significant influence on the ruminal degradation of DM and OM was observed, analysing the in situ assay for the different stages of maturity. It was further possible to determine an effect of the stage of maturity on the degradation rate (c) as well as the effective degradation rate (ED2, ED5 and ED8) of the NDF. Concerning the parameters $a + b$, ED2 and ED5 of the crude protein fraction again a significant influence of the stage of maturation was observed. The growth number, the second investigated parameter, showed an impact on some parameter of dry matter and organic matter.

The experiment proved that ruminal degradation decreased for all nutrient parameters with increasing crop maturity. This study also figured out, that young forages of the first growth exposed the highest degradation of all analysed samples. The first growth also showed the highest reduction in degradability with advanced crop maturity. The practical consequences for the farmers

would be, that an early cut of the first growth is necessary to produce highly degradable forages. The second and following cuts are much more elastic in their usage.

9 ANHANG

Tabelle 24: Wichtigste Bakterienarten des Panseninhalts und ihre Charakterisierung nach JEROCH et al. (2008)

Gattung Art	zellulolytisch	amylolytisch	saccharolytisch	pectinolytisch	proteolytisch	lipolytisch	Glycerol Fermentation	Lactatbildung	Lactatverwertung	Methanbildung	säuretolerant	säureempfindlich
<i>Aerovibrio lipolytica</i>						•						
<i>Bacteroides amylophilus</i>		•			•							
<i>Bacteroides rumenicola</i>		•	•	•	•		•					
<i>Fibrobacter succinogenes</i>	•	(•)										•
<i>Butyrifibrio fibrisolvens</i>	•	(•)	•	•	•							•
<i>Eubacterium limosum</i>										•		
<i>Eubacterium ruminatum</i>					•							
<i>Lachnospira multiparus</i>				•	•							
<i>Megasphaera elsdinii</i>							•		•		•	
<i>Methanobacterium rumina</i>										•		
<i>Ruminococcus albus</i>	•											•
<i>Ruminococcus flavefaciens</i>	•											•
<i>Selenomonas ruminatum</i>		•	•		•		•	•			•	
<i>Streptococcus bovis</i>		•			•			•				•
<i>Veilonella alcalescens</i>									•			
<i>Vibrio succinogenes</i>										•		

Tabelle 25: Pflanzenbestände der Stainacher Wiese der Jahre 2000 und 2004, botanische Aufnahme nach Braun-Blanquet (SOBOTIK 2004)

Aufnahmenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	
Zeit der Aufnahme: Jahr	2000	2000	2000	2000	2004	2004	2004	2004	
Monat	5	5	5	5	5	9	5	9	
Tag	10	10	10	10	21	12	21	12	
Größe der Fläche (m ²)	12	20	100	100	60	100	100	100	
Bedeckung (%)	90	95	90	85	97	92	95	97	
Gräser (%)	50	30	55	60	45	35	55	60	
Kräuter (%)	10	35	37	15	15	40	35	25	
Leguminosen (%)	40	35	8	25	40	25	10	15	
Zahl der Arten	22	16	40	22	40	36	32	21	
AKA									
Ranunculus repens	2a	3	2	2a	2	2	1	2b	Kriechender Hahnenfuß
Alopecurus pratensis	1	2a	2a		1b	2	2	2b	Wiesenfuchsschwanz
DA d. Subass. von									
Carex acuta	3a	2	+	+	2	1b	+		Schlank-Segge
Phalaris arundinacea		2			+	1b	r		Rohrgranzgras
Arten des Magnocaricion									
Carex acutiformis	+				+	1a			Sumpf-Segge
Carex vesicaria	+					1b			Blasen-Segge
Arten der Flut- und Trittrasen									
Poa annua	+			+	1a		+	1a	Einjahrs-Rispe
Carex hirta					2a		1		Behaarte Segge
Agrostis stolonifera ssp. prorepens					1b	1a			Kriech-Straußgras
Eleocharis uniglumis					1b				Einspelzen-Sumpfbirse
Juncus effusus		+							Flatter-Simse
Symphitum officinale			+						Echter Beinwell
Arten der Nass- und Feuchtwiesen									
Deschampsia cespitosa		+	+		+	1b	1b	1a	Gew. Rasenschmiele
Ranunculus auricomus			+	+	+		r	1a	Gold-Hahnenfuß
Lychnis flos cuculi	+		+		+	1			Kuckuckslichtnelke
Persicaria bistorta			1			1b	+		Schlangen-Knöterich
Cirsium oleraceum			+			+	+		Kohl-Kratzdistel
Scirpus sylvaticus					2a		+		Gew. Waldbinse
Cardamine pratensis			+		+				Gew. Wiesen-Schaumkraut
Sanguisorba officinalis			+			+			Großer Wiesenknopf
Galium palustre					1a				Sumpf-Labkraut
Filipendula ulmaria			+						Echtes Mädesüß
Myosotis palustris							+		Sumpf-Vergißmeinnicht
Narcissus radiiflorus			+						Stern-Narzisse
Serratula tinctoria			+						Färber-Scharte
Trifolium hybridum					+				Schweden-Klee
Angelica sylvestris			+	R					Wild-Engelwurz
Arten der Kulturweiden									
Phleum pratense	+	+	1	1b	+	1a	+	1a	Wiesen-Lieschgras
Trifolium repens	3		1	3	3	2	2	2	Weißklee
Veronica serpyllifolia	+		+	+	+	+	+		Quendel-Ehrenpreis
Bellis perennis				+	+				Gänseblümchen
Prunella vulgaris						1			Gew. Brunelle
Lolium perenne				+					Engl. Raygras

Verbr. Arten d. Wirtschaftswiesen										
Aufnahmenummer	1	2	3	4	5	6	7	8		
Taraxacum officinale	2a	2	2	2	2a	2	2b	2	Kuhblume	
Cerastium holosteoides	+	1	1	+	+	+	1	1a	Gew. Hornkraut	
Poa trivialis	1b	2		2	2a	2a	1a	2a	Gemeine Rispe	
Poa pratensis	+	+		+	1b	2	2	1b	Wiesen-Rispe	
Ranunculus acris	+	1	1		1b	+	+	+	Scharfer Hahnenfuß	
Festuca pratensis	+		+	+	1b	1b	+	+	Wiesen-Schwingel	
Lolium multiflorum	+		1b	+		1b	+	2b	Italienisches Raygras	
Achillea millefolium		+	+	+	1b	1b		1a	Echte Schafgarbe	
Trifolium pratense			1		3	2a	+	+	Rotklee	
Trisetum flavescens			1a	+	+	2	+		Wiesen-Goldhafer	
Dactylis glomerata						+	2a	1	2	Knautgras
Plantago lanceolata				+	+	2		+	Spitz-Wegerich	
Rumex acetosa		+	2b		+				Wiesen-Sauerampfer	
Vicia cracca			+		+	1b			Vogel-Wicke	
Centaurea jacea			+			+		+	Wiesen-Flockenblume	
Lathyrus pratensis			+			+			Wiesen-Platterbse	
Ajuga reptans			1b						Kriech-Günsel	
Lotus corniculatus			1						Gew. Hornklee	
Heracleum sphondylium							1a		Gew. Bärenklau	
Veronica chamaedrys							+		Gamander-Ehrenpreis	
Unkräuter und Lückenfüller										
Elymus repens	+			3	1a		2	1a	Quecke	
Glechoma hederacea	+			1b	1b		1b	1b	Echte Gundelrebe	
Capsella bursa pastoris	+				1a		1b		Gew. Hirtentäschel	
Rumex obtusifolius			+	+	2a				Stumpfblatt-Ampfer	
Veronica arvensis		+		+			+		Feld-Ehrenpreis	
Rumex crispus				1			1		Kraus-Ampfer	
Bromus hordeaceus			+						Weiche Tresse	
Lamium album							+		Weiß-Taubnessel	
Arten der Magerwiesen										
Agrostis capillaris	+	+	1a	+					Rot-Straußgras	
Anthoxanthum odoratum			2b	+					Gew. Ruchgras	
Leucanthemum ircutianum			+		+				Wiesen-Margerite	
Arten der Goldhafer-und Glatt-haferwiesen										
Alchemilla monticola			+		+	+			Bergwiesen-Frauenmantel	
Myosotis sylvatica	+		+						Wald-Vergißmeinnicht	
Campanula patula						+			Wiesen-Glockenblume	
Weiters vorkommende Arten										
Prunus padus							r		Gew. Traubenkirsche	

Tabelle 26:

Aufnahmenummer	1	2	3	4	
Zeit der Aufnahme: Jahr	2000	2004	2004	2004	
Monat	5	5	5	5	
Tag	10	13	13	13	
Größe der Fläche (m ²)	100	100	20	50	
Bedeckung (%)	80	80	95	95	
Gräser (%)	50	35	80	75	
Kräuter (%)	10	30	20	5	
Leguminosen (%)	45	35	0,5	20	
Zahl der Arten	25	37	13	18	
Ausgesäte Arten					
<i>Trifolium repens</i>	2	2b	+	1b	Weißklee
<i>Dactylis glomerata</i>	+	2a	1	2	Knautgras
<i>Phleum pratense</i>	3	1a	+	2	Wiesen-Lieschgras
<i>Poa pratensis</i>	+	1	1	2	Wiesen-Rispe
<i>Lolium perenne</i>	+	1		1	Engl. Raygras
<i>Festuca pratensis</i>	2b	1b		2b	Wiesen-Schwingel
<i>Trifolium pratense</i>	2	1b		1a	Rotklee
<i>Lotus corniculatus</i>	+	+		+	Gew. Hornklee
<i>Trifolium hybridum</i>	+	+		+	Schweden-Klee
<i>Festuca rubra</i>	+				Rotschwingel
Arten der Tritt- und Flutrasen					
<i>Ranunculus repens</i>		1	1b		Kriechender Hahnenfuß
<i>Juncus filiformis</i>	+	+			Faden-Simse
<i>Juncus articulatus</i>	+	+			Glieder-Simse
<i>Poa annua</i>		1b			Einjahrs-Rispe
<i>Plantago major</i>	+				Breit-Wegerich
<i>Polygonum aviculare</i>		+			Verschiedenblättriger Vogelknöterich
Arten der Nass- und Feuchtwiesen					
<i>Phalaris arundinacea</i>		1b	2a	+	Rohrglanzgras
<i>Cirsium oleraceum</i>	+	+	+		Kohl-Kratzdistel
<i>Rorippa sylvestris</i>	+	+			Wilde Sumpfkresse
<i>Deschampsia cespitosa</i>		+			Gew. Rasenschmiele
Verbr. Arten d. Wirtschaftswiesen					
<i>Alopecurus pratensis</i>	1	1b	1	1b	Wiesenfuchsschwanz
<i>Poa trivialis</i>	+	3	+	2	Gemeine Rispe
<i>Cerastium holosteoides</i>	+	+	+	+	Gew. Hornkraut
<i>Taraxacum officinale</i>	2	3a	2	1b	Kuhblume
<i>Achillea millefolium</i>	+	+		+	Echte Schafgarbe
<i>Ranunculus acris</i>	+	+		+	Scharfer Hahnenfuß
<i>Veronica serpyllifolia</i>	1	+			Quendel-Ehrenpreis
<i>Anthriscus sylvestris</i>		1a	1a		Wiesen-Kerbel
<i>Crepis biennis</i>		+			Wiesen-Pippau
<i>Heracleum sphondylium</i>	+				Gew. Bärenklau
<i>Ajuga reptans</i>		+			Kriech-Günsel
<i>Plantago lanceolata</i>		+			Spitz-Wegerich
<i>Bellis perennis</i>		+			Gänseblümchen
<i>Rumex acetosa</i>		+			Wiesen-Sauerampfer
Unkräuter und Lückenfüller					
<i>Elymus repens</i>		2	4a	2	Quecke
<i>Rumex obtusifolius</i>	+	1		+	Stumpfbblatt-Ampfer
<i>Capsella bursa pastoris</i>		+			Gew. Hirtentäschel
<i>Glechoma hederacea</i>		+			Echte Gundelrebe
<i>Lamium album</i>		+			Weiß-Taubnessel
<i>Rumex crispus</i>	+				Kraus-Ampfer
<i>Veronica arvensis</i>		+			Feld-Ehrenpreis

10 LITERATURVERZEICHNIS

- AFRC (Agricultural and Food Research Council), 1993: Energy and Protein Requirements of Ruminants. AFRC Technical Committee on Response to Nutrients. CAB International. 159 S
- AITCHISON, E.M., M. GILL, M.S. DHANOA und D.F. OSBOURN, 1986: The effect of digestibility and forage species on the removal of digesta from the rumen and voluntary intake of hay by sheep. *Brit. J. Nutr.* 56, 463-476
- ALERT, H.J. und T. ECKHARDT, 1996: Nährstoffgehalt und in situ-Abbau der organischen Substanz von Weißklee und Gräsern in Abhängigkeit vom Nutzungszeitpunkt. *Das Wirtschaftseigene Futter* 42, 179-188
- ALEXANDROV, A.N., D. PAVLOV, S. ATANASSOVA und N. TODOROV, 1997: Estimation of rumen degradability of forages dry matter and crude protein by chemical composition and days of vegetation. *Bulg. J. Agric. Sci.* 3, 451-472
- ALVA (Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten), 1983: Österreichisches Methodenhandbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffe. Selbstverlag ALVA, Wien
- AMARANE R. und B. MICHALET-DOREAU, 1992: Effect of maturity stage of Italian rye grass and lucerne on ruminal nitrogen degradability. *Ann. Zootech.* 42, 31-37
- ARKIN, D.E., D. BURDICK und G.E. MICHAELS, 1974: Rumen bacterial interrelationships with plant tissue during degradation revealed with transmission electron microscopy. *Applied Microbiology* 27, 1149-1156
- AUFRERE, J., D. GRAVIOU und C. DEMARQUILLY, 2003: Ruminal degradation of protein of cocksfoot and perennial ryegrass as affected by various stages of growth and conservation methods. *Anim. Res.* 52, 245-261
- BABNIK, D., 1995: Some environmental effects on relationships between in-sacco degradability of protein and dry matter and chemical composition of Italian Ryegrass. *Arch. Anim. Nutr.* 48, 303-317
- BALDE, A.T., J.H. VANDERSALL, R.A. ERDMANN, J.B. REEVES und B.P. GLENN, 1993: Effect of stage of maturity of alfalfa and orchardgrass on in situ dry matter and crude protein degradability and amino acid composition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 44, 29-43
- BARRIO, R.G., A.L. GOETSCH und F.N. OWENS, 1986: Effect of dietary concentrate on in situ dry matter and nitrogen disappearance of variety of feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 69, 420-430
- BEEVER, D.E. und R.C. SIDDONS, 1986: Digestion and metabolism in the grazing ruminant. In: L.P. Milligan, W.L. Grovum, and A. Dobson, eds. *Control of digestion and metabolism in ruminants: Proceedings of the sixth international symposium on ruminant physiology held at Banff, Canada, Sept. 1984.* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 479-497

- BEEVER, D.E., H.R. LOSADA, S.B. CAMMELL, R.T. EVANS und M.J. HAINES, 1986: Effect of forage species and season on nutrient digestion and supply in grazing cattle. *Brit. J. Nutr.* 56, 209-225
- BOSCH, M.W., S. TAMMINGA, G. POST, C.P. LEFFERING und J.M. MUYLEAERT, 1992: Influence of stage of maturity of grass silage digestion processes in dairy cows. 1. Composition, nylon bag degradation rates, fermentation characteristics, digestibility and intake. *Livest. Prod. Sci.* 32, 254-264
- BRUINENBERG, M.H., 2003: Forages from intensive and semi-natural grasslands in the diet of dairy cows. Dissertation. Universität Wageningen, Niederlande
- BUCHGRABER, K., A. DEUTSCH und G. GINDL, 1994: Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung, Leopold Stocker Verlag Graz, 20-21
- RESCH, R., T. GUGGENBERGER, L. GRUBER, F. RINGDORFER, K. BUCHGRABER, G. WIEDNER, A. KASAL und K. WURM, 2006: Futterwerttabellen für das Grünfutter im Alpenraum. *Der fortschrittliche Landwirt* 84 (Heft 24/2006), Sonderbeilage 20 S
- CHAVES, A.V., J.L. BURKE, G.C. WAGHORN und I.M. BROOKES, 2006: Digestion kinetics of leaf, stem and inflorescence from five species of mature grasses. *J. Sci. Food Agric.* 86, 816-825
- COLLINS, M., 1985: Wetting effects on the yield and quality of legumes and legumes grass hays. *Agron. J.* 77, 936
- DIAS FIHLO, M.B., M. CORSI, S. CUSATO und A. PINHEIRO CAMARO, 1991: In vitro organic matter digestibility and crude protein content of panicum maximum jacq. cv. tobiata under water stress. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 26, 1725-1729
- DILLON, P., 2006: Achieving high dry-matter intake from pasture with grazing dairy cows. In: *Fresh herbage for dairy cattle*. A. Elgersma, J. Dijkstra, and S. Tamminga, Dordrecht, Netherlands, 1-20
- Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim, 1991: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. DLG-Verlag Frankfurt am Main
- ELIZALDE, J.C., N.R. MERCHEN und D.B. FAULKNER, 1999: In situ dry matter and crude protein degradation of fresh forages during the spring growth. *J. Dairy Sci.* 82, 1978-1990
- EMANUELE, S.M. und C.R. STAPLES, 1988: Effect of forage particle size on in situ digestion kinetics. *J. Dairy Sci.* 71, 1947-1954
- EVANS, T.R. und J.R. Wilson, 1984: Some responses of grasses to water stress and their implications for herbage quality and animal liveweight gain. In: *The impact of climate on grass production and quality*. H. Riley and A.O. Skjelvag, eds. Norwegian State Agric. Res. St., As Norway
- FLACHOWSKY, G., H.-J. ABEL, H. JEROCH und S. MOLNAR, 1995: Nutztierernährung. Gustav Fischer Verlag Jena, 40-45, 120-122

- GARZA, R.T., R.F. BARNES, G.O. MOTT und C.L. RHYKERD, 1965: Influence of light intensity, temperature and growing period on the growth, chemical composition and digestibility of culver and tanverde alfalfa seedlings. *Agron. J.* 57, 417-420
- GRANT, R.J. und D.R. MERTENS, 1992: Influence of buffer pH and raw corn starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. *J. Dairy Sci.* 75, 2762-2768
- GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, R. STEINWENDER und B. STEINER, 2000: Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 41-88
- HARRIS, S.L, D.A. CLARK und E.B.L. JANSEN, 1997: Optimum white clover content for milk production. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 57,169-171
- HOFFMANN, P.C., S.J. SIEVERT, R.D. SHAVER, D.A. WELCH und D.K. COMBS, 1993: In situ dry-matter protein and fiber degradation of perennial forages. *J. Dairy Sci.* 76, 2632-2643
- HOFMANN, R.R., 1989: Evolutionary steps of ecophysiological adaption and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78, 443-457
- HUHTANNEN, P. und S. JAAKKOLA, 1994: Influence of grass maturity and diet on ruminal dry matter and neutral detergent fiber digestion kinetics. *Arch. Anim. Nutr.* 47, 153-167
- HUNGATE, R.E., R.W. DAUGHERTY, M.P. BRYANT und R.M. CELLO, 1952: Microbiological and Physiological changes associated with acute indigestion in sheep. *Cornell Veterinarian* 42, 423-449
- HUNTINGTON J.A. und D.I. GIVENS, 1995: The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews* Vol.65, NO.2
- HUSTON, J.E., B.S. RECTOR, W.C. ELLIS und M.L. ALLEN, 1986: Dynamics of digestion in cattle, sheeps, goats and deer. *J. Anim. Sci.* 62, 208-215
- IVVO (Institute for Livestock Feeding and Nutrition Research), 1988: The nylon bag technique. Veröffentlichung der IVVO – Lelystad: Nr.9/1988
- JARRIGE, R. und D.J. MINSON, 1964: Digestibilité des constituants du ray-grass anglais S 24 et du dactyle S37, plus spécialement des constituant glucidiques. *Annales de Zootechnique* 13, 117-150
- JEROCH H., W. DROCHNER und O. SIMON, 2008: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. 2. Auflage Eugen Ulmer Stuttgart, 29-34, 60-62, 117-118, 169ff, 172-174
- KASVARI, T. und P. LEBZIEN, 2001: Untersuchungen zum Einfluss der Trocknungstemperatur von Nylonbeuteln auf die Höhe der Auswaschverluste bei wiederholter Nutzung. *VDLUFA-Schriftenreihe, Teil 2, Kongressband*, 449-450

- KIRCHHOF, S., 2007: Kinetik des ruminalen in situ-Nährstoffabbaus von Grünlandaufwüchsen des Alpenraums unterschiedlicher Vegetationsstadien sowie von Maissilagen und Heu – ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Rationsgestaltung für Milchkühe. Dissertation der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität Kiel
- KIVIMAE, A., 1959: Chemical composition and digestibility of some grassland crops. *Acta. Agric. Scand. Suppl.* 5
- KRICHGESSNER, M., 2004: Tierernährung. 11. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 31-32, 79, 85-88, 168-173
- LINDBERG, J.E. und P.-G. KNUTSSEN, 1980. The effect of bag pore size on the loss of particulate matter and on the degradation of cell wall fibre. OECD-seminar in Uppsala 17-19 Sept. 1980
- LINBERG, J.E., 1981a: The effect of basal diet on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in Nylon bags. *Swedish J. Agric. Res.* 11, 159-169
- LINDBERG, J.E., 1981b: The effect of sample size and sample structure on the degradation of dry matter, nitrogen and cell walls in Nylon bags. *Swedish J. Agric. Res.* 11, 1-6
- LIRETTE, A., J.M. KELLY, L.P. MILLIGAN und R.J. CHRISTOPHERSON, 1988: Effects of physiological stress, acute cold stress and diet on fore-stomach contractions in cattle. *Can. J. Anim.Sci.* 68, 399-407
- MADSEN J. und T. HVELPLUND, 1994: Prediction of in situ degradability in the rumen. Results of a European ringtest. *Livest. Prod. Sci.* 39, 201-212
- MATHERS, J.C., und E.M. AITCHISON, 1981: Direct estimation of the extent of contamination of feed residues by microbial matter after incubation in synthetic fibre bags in the rumen. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 96, 691-693
- McDONALD, I. 1981: A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 96, 251-252
- McDONALD, P., R.A. EDWARDS und J.F.D. GREENHALGH, 1988: *Animal Nutrition*, 4th edition, Longman Scientific and Technical, Essex, 142-153, 379-386, 389-398
- MEHREZ, A.J. und E.R. ORSKOV, 1977: A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 88, 645-650
- MEYER, J.H.F und R.I. MACKIE, 1986: Microbial evaluation of the intraruminal in sacco digestion technique. *Applied and Environmental Microbiology* 51, 622-629
- MICHALET-DOREAU, B., R. VERITE und P. CHAPOUTOT, 1987: Methodologie de mesuré de la dégradabilité in sacco de l'azoté des aliments dans le rumen. *Bulletin Technique, Centre de Recherches Zootechnique et Vétérinaires de Theix* 69, 5-7

- MICHALET-DOREAU, B. und M.Y. OLD-BAH, 1989: Estimation of the extent of bacterial contamination in bag residues and its influence on in sacco measurements of forage nitrogen degradation in the rumen. In: 16th International Grassland Congress Nice, Vol. II, 909-910
- MICHALET-DOREAU, B. und P. CERNEAU, 1991: Influence of foodstuff particle size on in situ degradation of nitrogen in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 35, 69-81
- MINSON, D.J., 1990: Forage in ruminant nutrition. Academic Press Inc. San Diego, 85-89, 95-115, 139-147, 152-156
- MOULD, F. und E.R. ORSKOV, 1983a: Associative effects of mixed feeds, 2: the effect of dietary addition of bicarbonate salts on the voluntary intake and digestibility of diets containing various proportions of hay and barley. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10, 15-30
- MOULD, F. und E.R. ORSKOV, 1983b: Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora in offered either hay or concentrate. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10, 1-14
- NOCEK, J., 1985: Evaluation of specific variables affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *J. Anim. Sci.* 60, 1347-1358
- NOCEK, J.E. und A.L. GRANT, 1987: Characterisation of in situ nitrogen and fibre digestion and bacterial nitrogen contamination of hay crop forages preserved at different dry matter percentages. *J. Anim. Sci.* 64, 552-564
- NOCEK, J.E. und R.A. KOHN, 1988: In situ particle size reduction of alfalfa and thimothy hay as influenced by form and particle size. *J. Dairy Sci.* 71, 932-945
- ORPIN, C.G. und K.N. JOBLIN, 1988: The rumen anaerobic fungi. In: *The Rumen Microbial Ecosystem*. P.N. Hobson, ed. Elsevier Applied Science Publ., New York, 21-76
- ORSKOV, E.R. und I. McDONALD, 1979: The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 92, 499-503
- ORSKOV E.R. und M. RYLE, 1990: *Energy Nutrition in Ruminants*. Elsevier Science Publisher CO., Inc., New York, 149 S
- ORSKOV, E.R., 1992: *Protein Nutrition in Ruminants*. Second Edition, Academic Press Inc. San Diego, 20-40; 51-60;160
- PLAYNE, M.J., W. KHUMNUALTHONG und M.G. ECHEVARRIA, 1978: Factors affecting the digestion of oesophageal fistula samples in nylon bags in the rumen of cattle. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 90, 193-204
- QUIN, J.L., J.G. Van der WATH, S. MYBURGIN, 1938: Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa. Description of experimental technique. *Onderstepoort J. Vet. Sci. Anim. Ind.* 11, 341-360

- RIBEIRO-FILHO, H.M.N., R. DELAGARDE und J.L. PEYRAUD, 2003: Inclusion of white clover in strip grazed perennial ryegrass swards: herbage intake and milk yield of dairy cows at different ages of sward regrowth. *Anim. Sci.* 77, 499-510
- SALAÜN C., W.M. van STRAALLEN, J. KOGUT, J.L. PEYRAUD und A.M. Van VUUREN, 1999: In situ degradation of perennial rye grass from grazed pastures during the season at two levels of nitrogen fertilization. *Ann. Zootech.* 48, 35-46
- SCHMIDT, M. GABEL, J. VOIGT und K. KRAWIELITZKI, 2002: Vergleichende methodische Untersuchungen zur Qualifizierung der mikrobiellen Kontamination bei Anwendung der Nylon Beutel Technik zur Ermittlung des ruminalen Futterproteinabbaus. *VDLUFA-Schriftenreihe* 58, Kongressband, 360-361
- SCHROEDER, J.W., 2004: Forage nutrition of ruminants. Extension Service North Dakota State University, Quality forage series: Artikel AS-1250
- SEBEK, L.B. und H. EVERTS, 1999: In situ rumen degradation of dry matter and crude protein in ewes and dairy cows. *Anim. Sci.* 68, 801-808
- STERN, M.D. und L.D. SATTER, 1984: Evaluation of nitrogen solubility and the Dacron bag techniques as methods for estimating protein degradation in the rumen. *J. Anim. Sci.* 58, 714-724
- STEWART, C.S., 1977: Factors affecting cellulolytic activity of rumen contents. *Appl. Environm. Microb.* 33, 497-502
- SÜDEKUM, K.-H., 2002: Grundlagen internationaler Futterbewertungssysteme für Milchkühe und Perspektiven für die deutschen Empfehlungen (Energie, Protein, Aminosäuren). *Übers. Tierernährung* 30, 135-162
- SÜDEKUM, K.-H., 2005: Möglichkeiten und Grenzen einer Standardisierung der in situ-Methodik zur Schätzung des ruminalen Nährstoffabbaus. *Übers. Tierernährung* 33, 71-86
- TATAJ, M., B. JUNCK, A. MAULBETSCH, H. STEINGASS, H.-P. PIEPHO und W. DROCHNER, 2004: Digesta characteristics of dorsal middle and ventral rumen of cows fed with different hay qualities and concentrate levels. *Arch. Anim. Nutr.* 58, 352-342
- THEODOROU, M.K., S.E. LOWE und A.P.J. TRINCI, 1988: The fermentative characteristics of anaerobic rumen fungi. *Biosystems* 21, 371-376
- THEODOROU, M.K., S.E. LOWE und A.P.J. TRINCI, 1992: Anaerobic fungi and the rumen ecosystem. *Mycology Series*, vol. 9 Marcel Dekker, New York, 43-72
- UDEN, P. und P.J. Van SOEST, 1984: Investigations of the in situ bag technique and a comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits. *J. Anim. Sci.* 58, 213-221
- Van der MEER, H.G. und W.F. WEDIN, 1989: Present and future role of grasslands and fodder crops in temperate countries with special reference to overproduction and environment. In: *Proc. XVI International Grassland Congress*. Nice, France

- Van der KOELEN, C.J., P.W. GOEDHART, A.M. Van VUUREN und G. SAVOINI, 1992: Sources of variation of the in situ nylon bag technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* 38, 35-42
- Van SOEST, P.J., 1973: The uniformity and nutritive availability of cellulose. *Fed. Proc.* 32, 1804-1808
- Van SOEST, P.J. und V.C. MASON, 1991: The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 32, 45-53
- Van SOEST, P.J., 1994: *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Second Edition Cornell University Press, 246-249, 165-170, 365-366
- Van SOEST, P.J., J.L. JERACI, T. FOOSE, K. WRICK und F. EHLE, 1982: Comparative fermentation of fibre in man and other animals. In: *Fibre in human and animal nutrition*. G. Wallace and L. Bell, eds. *Int. Symp. Dietary Fbre*, Massey Univ., Palmerston North, New Zealand. *Bull.* 20, 75-80
- Van STRAALLEN, W.M., F.H.M. DOOPER, A.M. ANTONIEWICZ, I. KOSMALA und A.M. Van VUUREN, 1993: Intestinal digestibility of protein from grass and clover in dairy cows measured with mobile nylon bag and other methods. *J. Dairy Sci.* 76, 2970-2981
- Van VUUREN, A.M., S. TAMMINGA und R.S. KETELAAR, 1990: Ruminant availability of nitrogen and carbohydrates from fresh and preserved herbage in dairy cows. *Neth. J. Agric. Sci.* 38, 499-513
- Van VUUREN, A.M., S. TAMMINGA und R.S. KETELAAR, 1991: In-sacco degradation of organic matter and crude protein of fresh grass (*Lolium perenne*) in the rumen of grazing dairy cows. *J. Agric. Sci.* 116, 429-436
- Van VUUREN, A.M., F. KROL-KRAMER, R.A. Van der LEE und H. CORBIJIN, 1992: Protein digestion and intestinal amino acids in dairy cows fed fresh *Lolium perenne* with different nitrogen contents. *J. Dairy Sci.* 75, 2215-2225
- VANZANT, E.S., R.C. COCHRAN und E.C. TITGEMEYER, 1998: Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *J. Anim. Sci.* 76, 2717-2729
- VARVIKKO, T. und J.E. LINDBERG, 1985: Estimation of microbial nitrogen in Nylon Bag residues by ¹⁵N dilution. *Br. J. Nutr.* 54, 473-481
- VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997: *Methodenhandbuch Band 3: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*. VDLUFA- VERLAG, Darmstadt
- VIK-MO, L., 1989: Degradability of forages in sacco. I. Grass crops and silages after oven and freeze drying. *Acta Agriculturae Scandinavica* 39, 43-52
- WARNER, A.C.I., 1956: Criteria for establishing the validity of in vitro studies with rumen microorganisms in so-called artificial rumen systems. *J. Gen. Microbiol.* 14, 140-143

- WILKERSON, V.A., T.J. KLOPFENSTEIN und W.W. STROUP, 1995: A collaborative study of in situ forage protein degradation. *J. Anim. Sci.* 73, 583-588
- WILKINS, R.J., M.J. GIBB, C.A. HUCKLE und A.J. CLEMENTS, 1994: Effect of supplementation on production by springcalving dairy cows grazing swards of differing clover content. *Grass and Forage Science* 49, 465-475
- WILSON, J.R. und D.J. MINSON 1980: Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. *Trop. Grassl.* 14, 253-259
- WILSON, J.R. 1981: Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: *Nutritional limits to animal production from pastures*. Proc. Int. Symp., St. Lucia Queensland Australia. J.B. Hacker, ed. Commonwealth Agric. Bureau. Pp. 111-131
- WILSON, J.R. 1983: Effects of water stress on in vitro dry matter digestibility and chemical composition of herbage of tropical pasture species. *Aust. J. Agric. Res.* 34, 377-390
- WILSON, J.R. und C.C WONG, 1982: Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and siratro pastures. *Aust. J. Agric. Res.* 23, 937-949
- WILSON, M.K. und C.A.E. BRIGGS, 1955: The normal flora of the bovine rumen. II. Quantitative bacteriological studies. *Journal of Applied Bacteriology* 18, 294-306

Danksagung

Im Besonderen möchte ich mich bei Herrn Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Leonhard Gruber bedanken, der mir die Möglichkeit gab, den vorliegenden Versuch durchzuführen. Der trotz seiner vielen Verpflichtungen immer wieder ein offenes Ohr für mich hatte und mir im Speziellen beim statistischen Teil dieser Arbeit geholfen hat.

Weiters möchte ich mich bei Herrn Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. W.F. Knaus bedanken, der mich in meiner Arbeit stets unterstützt hat.

Ganz besonders möchte ich mich bei meiner Freundin Isabell und meiner Familie bedanken, die mich während der ganzen Zeit unterstützt haben und mir Mut für meine Arbeit zugesprochen haben.

Des Weiteren sei dem gesamten Team des Instituts für Nutztierforschung an der LFZ Raumberg-Gumpenstein, sowie den Mitarbeitern im Stall der LFZ Raumberg-Gumpenstein, die mir bei der Betreuung der pansenfistulierten Ochsen zur Seite standen, gedankt.