



**Nährstoffverfügbarkeit und Nährstoffnutzung  
von klee- und kräuterreichen Aufwüchsen  
ökologisch bewirtschafteten Grünlandes  
entlang der Produktionskette  
Erzeugung-Konservierung-Verdauung**

Erstellt von:

Georg-August-Universität Göttingen  
Forschungs- und Studienzentrum für Landwirtschaft und Umwelt  
Am Vogelsang 6, 37075 Göttingen  
Tel.: +49 551 392253, Fax: +49 551 394601  
E-Mail: [jissels@gwdg.de](mailto:jissels@gwdg.de)  
Internet: <http://wwwuser.gwdg.de/~pbzhome/pflanzen.html>

Gefördert vom Bundesministerium für  
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft  
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



# **Abschlussbericht**

**zum Vorhaben 02OE621, BÖL**

## **Nährstoffverfügbarkeit und Nährstoffnutzung von klee- und kräuterreichen Aufwüchsen ökologisch bewirtschafteten Grünlandes entlang der Produktionskette Erzeugung-Konservierung-Verdauung**

**von**

**J. Isselstein, S. Bonorden, M. Seng, Hj. Abel**

### **Inhalt**

1.	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zum Programm zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau .....	<b>2</b>
1.1	Planung und Ablauf des Projekts .....	2
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	3
2.	Material und Methoden.....	<b>5</b>
3.	Ergebnisse .....	<b>6</b>
3.1	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse .....	6
3.2	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse. Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung der Ergebnisse für eine Ausdehnung des ökologischen Landbaus; bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse.....	16
4.	Zusammenfassung .....	<b>20</b>
5.	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen .....	<b>21</b>
6.	Literaturverzeichnis .....	<b>21</b>

# **1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zum Programm zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau**

Für ökologisch wirtschaftende Betriebe sind hohe Grünlandleistungen von besonderer Bedeutung, da Zukaufsmittel teuer sind und die Erzeugung energiereicher Futtermittel hohe Opportunitätskosten verursacht. Demgegenüber ist die Verwertung des Futters vom Grünland in der Wiederkäuerhaltung oft nicht zufriedenstellend, so dass davon ausgegangen werden kann, dass das Grünlandpotential zur Erzielung hoher Grundfutterleistungen im ökologischen Landbau nicht ausgeschöpft wird.

Ziel des Projektes ist es, unter Einbeziehung grünlandwirtschaftlicher, futterkonservierungsspezifischer und ernährungsphysiologischer Fragestellungen das futterbauliche Potential klee- und kräuterreicher Pflanzenbestände aus ökologischer Grünlandbewirtschaftung zu beschreiben und mit einem reinen Grasaufwuchs, wie er im konventionellen Landbau anzutreffen ist, zu vergleichen. Die besonderen Bewirtschaftungsbedingungen der ökologischen Grünlandwirtschaft mit dem Verzicht auf mineralische N-Düngung und auf Herbizidanwendung führen dazu, dass der Weißklee (*Trifolium repens*) und Grünlandkräuter in den Grasnarben eine wesentlich größere Rolle spielen als in der konventionellen Praxis. Daher wurden in die hier durchgeführten Untersuchungen neben Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) und Weißklee die verstärkt anzutreffenden Grünlandkräuter Gewöhnlicher Löwenzahn (*Taraxacum officinale*) und Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) einbezogen.

Die Bewertung kräuterreicher Aufwüchse war an verschiedenen Stellen der Futtererzeugung und Verwertung nämlich der Frischfutterqualität, der Konservierbarkeit und Gärqualität sowie dem mikrobiellen Abbau im Pansen vorzunehmen. Dabei galt es vorrangig, die spezifischen Wirkungen kräuterreicher Aufwüchse zu identifizieren. Um dies zu ermöglichen, wurden verschiedene Methoden genutzt, von der Roh Nährstoffanalyse über in vitro Pansensaft Verfahren bis zur Pansensimulationstechnik. Zur Prüfung standen weitgehend definierte Aufwüchse vom Frühjahr und vom Spätsommer zur Verfügung.

## **1.1 Planung und Ablauf des Projekts**

Entlang der Produktionskette Futterbau – Futterkonservierung als Silage – Futterqualität – Stoffumsetzungen im Pansen wurden, auf der Basis eines Exakt-Parzellenversuches, die Konservierungseigenschaften und Futterwerte verschiedener Grünlandaufwüchse für Wiederkäuer untersucht.

Seit 1999 werden im Leinetal auf dem Versuchsgut Reinshof der Universität Göttingen in einem Parzellenversuch die Narbenvarianten gedüngter Gras – Reinbestand, ungedüngter Klee-Gras- und ungedüngter Klee-Gras-Kräuter- Mischbestand beerntet.

Für die hier durchzuführenden Untersuchungen zur Verwertbarkeit der Grünlandaufwüchse war somit die Möglichkeit gegeben, einen langjährig etablierten Feldversuch mit Modellbeständen von Gräsern, Leguminosen und Kräutern zu nutzen. Der Versuch umfasst drei Narbenvarianten, einen gedüngten (200 kg N/ha u. Jahr) Reinbestand von Deutschem Weidelgras, einen ungedüngten Mischbestand von Deutschem Weidelgras und Weißklee sowie einen ungedüngten Mischbestand von Deutschem Weidelgras, Weißklee und den Grünlandkräutern

Gewöhnlicher Löwenzahn und Spitzwegerich. Die Grasnarben werden einheitlich viermal im Jahr gemäht. Die Ertragsleistungen der Bestände bzw. Ertragsanteile der Komponenten werden bei jedem Schnitt erfasst. Mit Hilfe dieses Versuches standen gute und präzise beschriebene Ausgangsbedingungen und Grünlandaufwüchse für die Untersuchungen zur Verfügung. Die ungedüngte Gras-Klee- und die Gras-Klee-Kräuter-Variante repräsentieren typische Aufwüchse auf Grünland ökologisch wirtschaftender Futterbaubetriebe. Die mit Stickstoff gedüngte reine Grasvariante dient als Kontrolle und stellt eine intensive Variante dar. Im Rahmen dieses Projektes wurden ein später Sommeraufwuchs (4. Schnitt) des Jahres 2002 und ein Frühjahrswuchs (1. Schnitt) des Jahres 2003 auf Siliereignung, Futterqualität und Nährstoffverwertung hin analysiert.

Die Untersuchungen gliedern sich in die Bereiche:

- a) Qualität des frischen Futters anhand chemisch-analytischer Kriterien
- b) Konservierungseignung und Qualität von Modellsilagen
- c) Mikrobieller Pansenstoffwechsel und Futterbewertung mittels der Pansensimulationstechnik Rusitec

Das Vorhaben wurde im September 2002 mit der Ernte eines Sommeraufwuchses begonnen. Das Futter wurde unter Versuchsbedingungen einsiliert. Ab November 2002 wurden die Silagen auf ihre Futterqualität und auf den mikrobiellen Abbau im Pansenstoffwechsel hin untersucht. Die Untersuchung der Qualität des frischen Futters und der Silagen erfolgte anhand chemisch-analytischer- sowie in-situ- und in-vitro-Analysemethoden u. a. mit der Nylonbag-Methode an fistulierten Ochsen. Im Mai 2003 wurde der Frühjahrswuchs geerntet. Analog zum Spätsommeraufwuchs wurde das Futter einsiliert und ab August die Analysen abgeschlossen. Für die Pansensimulationstechnik sollten die drei Silagevarianten als jeweils alleiniges, nur mineralergänzt Substrat dienen. Jede Silagevariante pro Feldwiederholung sollte in Parallele, d.h. in jeweils 2 möglichst identisch beschickten Fermentern zeitgleich untersucht werden. Es standen 2 simultan zu betreibende RUSITEC-Anlagen mit je 6 Fermentern zur Verfügung, so dass in einem RUSITEC-Durchgang zwei Feldwiederholungen zeitgleich zum Einsatz kommen konnten. Die Silagen des Spätsommeraufwuchses wurden in zwei RUSITEC-Durchgängen vom 19.11. bis 02.12. 2002 bzw. vom 16.01. bis 29.01. 2003 untersucht.

## **1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Gegenüber konventionellen Flächen zeichnen sich ökologisch bewirtschaftete Grünlandflächen in der Regel durch eine größere Artenanzahl, durch höhere Anteile von zweikeimblättrigen Arten (Kräuter und Leguminosen) und durch geringere Ertragsanteile des futterbaulich hochwertigen Deutschen Weidelgrases aus (Mahn 1993; Hopkins und Hrabe 2001). Für den ökologisch wirtschaftenden Futterbaubetrieb kommt dem Grünland, neben dem Klee-grasanbau, eine vorrangige Bedeutung zu. Denn anders als der Klee-grasanbau steht die Grünlandbewirtschaftung nicht in Konkurrenz zum Marktfruchtanbau (Younie u. Hermansen 2000). Durch die erhöhten Anteile von Weißklee im ökologisch bewirtschafteten Grünland kann dieses über die symbiotische N-Bindung der Leguminosen auch ungedüngt Ertragsleistungen erreichen, die kaum oder nicht unter denen von hoch mit Stickstoff gedüngten reinen Grasbeständen liegen (Frame u. Newbold 1986; Hopkins et al. 1994; Elgersma u. Schlepers 1997). Mit zunehmendem Alter der Grasnarbe stellen sich Kräuter natürlicherweise ein. Dies

kann je nach Kräuterart zu einer Erhöhung oder Stabilisierung der Erträge in Grünlandaufwüchsen mit Kräuteranteilen führen (Troxler u. Thomet 1988; Isselstein 1994; Hofmann et al. 1997; Isselstein 2002). Jedoch haben Untersuchungen in der landwirtschaftlichen Praxis gezeigt, dass das Potential des Grünlandes im ökologischen Futterbau gegenüber konventionellem Futterbau gegenwärtig nicht ausgeschöpft wird (Wachenbach u. Taube 2001). Gute konventionelle Betriebe erzielen meist höhere Grundfutterleistungen als ökologische Betriebe (Scheringer u. Isselstein 2001).

Die Auswirkungen erhöhter Anteile von Kräutern auf den futterbaulichen Wert des Aufwuchses sind nur wenig bekannt. Erst in jüngerer Zeit wird eine detaillierte Futterwertschätzung versucht, die auch die Energiedichte bzw. die Verdaulichkeit von Grünlandkräutern miteinschließt. Eine Reihe von Kräuterarten bzw. kräuterreichen Beständen zeichnen sich durch eine vergleichsweise hohe Verdaulichkeit und eine größere Nutzungselastizität aus, wie durch in-vitro-Methoden festgestellt wurde (Meister u. Lehmann 1988, Spatz u. Baumgartner 1990, Wilman u. Riley 1993). Lediglich eine Arbeit ist bekannt, in der Verdauungsversuche in-vivo mit einzelnen Kräuterarten durchgeführt wurden (Derrick et al. 1993). Die Konservierbarkeit bzw. Silierfähigkeit ist neben der Ertragsleistung und der Futterqualität ein wichtiges futterbauliches Merkmal. Das Gärverhalten von Grünlandkräutern ist jedoch bisher wenig untersucht, insbesondere liegen kaum Untersuchungen über den Gärverlauf bei kräuterreichen Aufwüchsen vor. Futterqualität und Siliereignung von kräuterreichen Beständen können auch von sekundären Inhaltsstoffen der jeweiligen Kräuter im Bestand abhängen, die zum Teil antimikrobielle und/oder antinutritive Eigenschaften aufweisen (Isselstein u. Daniel 1996; Mainz et al. 1996; Weißbach 1998). So hat zum Beispiel der Spitzwegerich nach der chemisch-analytischen Nährstoffbestimmung einen potentiell hohen Futterwert. Untersuchungen zeigten jedoch, dass sowohl die Gärsäurenbildung bei der Silierung als auch die Gasbildung im Hohenheimer Futterwerttest reduziert sein können. Es wird vermutet, dass eine auf sekundären Pflanzeninhaltsstoffen beruhende bakteriostatische Wirkung, z. B. durch Aucubin, Konsequenzen auf mikrobielle Umsetzungen in der Silage und im Pansen haben kann und daraus resultierend auf die Nährstoffverwertung durch den Wiederkäuer (Isselstein 1994).

In der Ernährung von Wiederkäuern wird ein möglichst synchroner ruminaler Abbau von Futterkohlenhydraten und Futterrohprotein angestrebt, um die Effizienz der Umsetzungen im Sinne einer Maximierung der mikrobiellen Syntheseleistungen (Protein, Vitamine, flüchtige Fettsäuren) und einer Minimierung tiergesundheitsbelastender ( $\text{NH}_3$ -Absorption) bzw. nährstoffökonomisch oder ökologisch unerwünschter Effekte (Methan-Freisetzung, renale N-Ausscheidung) zu erreichen (Blank et al. 1998; Chamberlain u. Choung 1995; Sniffen et al. 1992; Russel et al. 1992). Der über das im Pansen gebildete und am Duodenum des Wirtstieres anflutende mikrobielle Protein hinausgehende Bedarf sollte durch pansenbeständiges Futterprotein (UDP) abgedeckt werden (GfE 1997). Es bestehen Unsicherheiten in der Einschätzung der ruminalen Abbaubarkeit bzw. Beständigkeit von Kohlenhydraten und Rohprotein aus Aufwüchsen unterschiedlich intensiv bewirtschafteten Grünlandes, die sich in verhältnismäßig grob gerasterten, pauschalierten UDP-Anteilen in Futterwerttabellen niederschlagen (DLG 1997). Bewirtschaftungsbedingte Veränderungen der botanischen Zusammensetzung des Grünlandaufwuchses wirken sich nicht nur auf die Mengen und die Zusammensetzung der Kohlenhydrate und des Rohproteins sondern auch auf die Gehalte an sekundären Inhaltsstoffen des gewonnenen Futters aus. Wirkungen sekundärer Inhaltsstoffe auf mikrobielle Umsetzungen im Pansen wurden wiederholt nachgewiesen (Makkar et al. 1995a, b, 1998; Makkar u. Becker 1997; Salawu et al. 1997; Duncan et al. 1998; Hess et al. 2001). Bei klee- und kräuterreichen Aufwüchsen kommen vorrangig Effekte von Polyphenolen und Saponinen in Betracht (Aerts et al. 1999; Barry u. McNabb 1999; Min et al. 2003).

## 2. Material und Methoden

Ein Exakt-Parzellenversuch wurde im August 1998 am Standort Reinshof in den Varianten (G)=Deutsches Weidelgras-Reinbestand, gedüngt, (GC)=Deutsches Weidelgras-Weißklee-Mischbestand, ungedüngt, und (GCF)=Deutsches Weidelgras-Weißklee-Löwenzahn-Spitzwegerich-Mischbestand, ungedüngt, angelegt. Die Aussaat erfolgte breitwürfig mit 2000 Samen/m<sup>2</sup> in allen Varianten. In den Mischungen wurde die Saatkichte des Grases zugunsten der dikotylen Arten um 400 Samen/m<sup>2</sup> je Art reduziert. Die Pflanzenbestände werden viermal im Jahr geschnitten. Der Weidelgras-Reinbestand erhält zu jedem Aufwuchs 50 kg N/ha. Zu jedem Schnitttermin wurden die Ertragsanteile der Mischungskomponenten durch manuelle Separation von Teilproben erhoben. Ein Spätsommernaufwuchs aus 2002 und ein Frühljahrsaufwuchs aus 2003 wurden innerhalb dieses Projektes untersucht.

Die Untersuchungen gliedern sich in die Bereiche:

### **Qualität des frischen Futters anhand chemisch-analytischer Kriterien**

Für die Analyse der Futterqualität wurde von jeder Variante jeweils eine Teilprobe bei 60°C getrocknet und auf 0,5 mm Siebdurchgang vermahlen. Eine zweite Probe wurde unmittelbar nach der Ernte bei -20 °C tiefgefroren.

Je Aufwuchs wurden die Futterqualitätsuntersuchungen an jeweils 12 Proben durchgeführt (3 Narbenvarianten x 4 Feldwiederholungen). An den getrockneten und gemahlten Proben wurden die folgenden Qualitätskriterien ermittelt: Trockensubstanzgehalt (T), Rohasche (XA), Rohprotein (XP), Rohfett (XL), nach der Weender Futtermittelanalyse. Die Gerüstsubstanzen bzw. Zellwandbestandteile (Lignozellulose, Hemizellulose) wurden durch NDF (neutral detergent fiber) und ADF (acid detergent fiber) und ADL (acid detergent lignin) nach van Soest analysiert. Die Energiedichte (ME MJ/kg T) wurde durch die Gasbildung im Hohenheimer Futterwerttest (HFT) unter Einbeziehung von XA, XL und XP errechnet (Menke u. Steingass 1987). Weiterhin wurde die Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (CDOM) nach De Boever et al. (1986, 1988) bestimmt.

Die tiefgefrorenen Frischproben dienten der Bestimmung der in-sacco Abbaubarkeit (Nylonbag-Methode) der organischen Substanz (OS) bzw. der Abbaubarkeit von XP, NDF und ADF nach 24 Stunden; hierfür standen drei fistulierte Ochsen zur Verfügung. An den Proben des Spätsommernaufwuchses wurde unter Einbeziehung des Rohproteingehaltes des Frischmaterials und des Rohproteingehaltes nach 24 Stunden, das unabbaubare Protein ermittelt (UDP). Die Ableitung der Gehalte an nutzbarem Protein (nXP) und ruminaler Stickstoffbilanz (RNB) erfolgte nach GfE (1997).

### **Konservierungseignung und Qualität von Modellsilagen**

Die beiden zu untersuchenden Aufwüchse wurden in den 3 Narbenvarianten und 4 Feldwiederholungen des Parzellenversuches in Modellsilos (Glasbehälter, 2 l Volumen) unter standardisierten Bedingungen einsiliert. Je Versuchsglied und Feldwiederholung wurden drei Silos gefüllt; je Narbenvariante standen somit 12 Silos zur Verfügung. Um den Gärverlauf und die Silagequalität beurteilen zu können, wurden die Silos in einer Zeitreihe nach 3, 10 und 60 Tagen geöffnet. Die Silagen wurden entnommen und bei -20°C tiefgefroren. Je Narbenvariante und Feldwiederholung wurde parallel ein weiterer Silo gefüllt, bei dem das Futter zuvor mit einem Milchsäurebakterienpräparat (MSB) als Siliermittel (Silabac®) versetzt wurde. Diese Variante diente als Kontrolle für das Ausmaß bzw. die möglicherweise auftretende Limitierung eines natürlichen Epiphytenbesatzes bzw. der Spontangärung in den nicht

behandelten Silagen. Die Silos der MSB-Variante wurden nach 60 Tagen geöffnet. Sämtliche Silos wurden bis zur Entnahme der Silagen in Klimaschränken, in Dunkelheit bei konstant 20 °C gelagert.

Die Gärqualität wurde anhand des pH-Wertes und des Ammoniak-N-Gehaltes (im Nassaufschluss) sowie anhand des T-Gehaltes (korrigiert nach Weißbach u. Berg, 1977) und der Gär-säurezusammensetzung beurteilt. Mit Hilfe der Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) wurden die Konzentrationen an Milchsäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure und Ethanol ermittelt.

Die 60-Tage-Silagen wurden, ebenso wie das Frischmaterial, auf ADF, NDF, XP, XA und XL untersucht. Zur Beurteilung der Gärfähigkeit wurde an der Frischsubstanz die Pufferkapazität (PK, in Anlehnung an Weißbach, 1967) untersucht.

### **Mikrobieller Pansenstoffwechsel und Futterbewertung mittels der Pansensimulations-technik Rusitec**

Aus den Feldversuchen standen für die im Spätsommer 2002 geernteten und silierten Aufwüchse jeweils vier Wiederholungen zur Verfügung. Die Durchführung der RUSITEC-Versuche folgte dem seit vielen Jahren am Institut für Tierphysiologie und Tierernährung etablierten, wiederholt ausführlich beschriebenen Verfahren (Abel et al. 1990, 2002). Die Untersuchungen wurden nach dem in Tabelle 1 dargestellten Schema durchgeführt.

Tab. 1: Versuchsschema für die RUSITEC-Untersuchungen

Probe	Durchgang	Fermenter					
		F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6
Ernte 2002		F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6
Feld 1	1	G	GC	GCF	GCF	GC	G
Feld 2	2	GCF	G	GC	G	GCF	GC
Feld 3	3	GC	GCF	G	GC	G	GCF
Feld 4	4	GCF	G	G	GCF	GC	GC

Innerhalb eines Durchgangs erfolgte die Zuordnung der Silagevarianten zu den Fermentern zufallsmäßig. Jeder Durchgang umfasste 8 Tage Adaptation, an die sich 5 Sammeltage anschlossen. Während der gesamten 13-tägigen Versuchszeit eines Durchgangs wurden Überlaufmengen, Gasmengen, pH-Werte und NH<sub>3</sub>-N-Konzentrationen in der Flüssigphase täglich gemessen. Die mikroskopische Zählung der Protozoen und die gaschromatographische Messung der Methanproduktion erfolgten jeweils am 1., 3. und 5. Tag der Sammelperiode. Für die Bestimmung der Futterabbauraten, der Produktionsraten an flüchtigen Fettsäuren (SCFA) und der mikrobiellen Zellsynthese dienten gepoolte Proben der 5 Sammeltage. Aus dem UDP konnte das nutzbare Rohprotein (nXP) und die ruminale Stickstoffbilanz (RNB) abgeleitet werden.

## **3. Ergebnisse**

### **3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse**

Die Qualität des frischen Futters wurde anhand eines Spätsommernaufwuchses und eines Frühljahrsaufwuchses (1. Aufwuchs) beurteilt. Die Ertragsanteile der einzelnen Arten in den verschiedenen Narbenvarianten sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Varianten unterschieden sich

erheblich; während in der reinen Grasvariante kaum Arten anderer funktioneller Gruppen vorkamen, hatten in den beiden anderen Varianten der Weißklee bzw. die feinblättrigen Kräuter einen hohen Ertragsanteil.

**Tab. 2:** Botanische Zusammensetzung (Ertragsanteile % T) der Futteraufwüchse Sommer 2002 und Frühjahr 2003 der Grasnarbenvarianten G= Gras, GC= Gras-Klee, GCF= Gras-Klee-Kräuter

<b>Sommeraufwuchs</b>			
Pflanzenart	<b>G</b>	<b>GC</b>	<b>GCF</b>
<i>Lolium perenne</i>	98,4	79,7	25,5
<i>Trifolium repens</i>		19,6	26,2
<i>Plantago lanceolata</i>			40,0
<i>Taraxacum officinale</i>			8,2
Sonstige	1,6	0,7	0,1

  

<b>Frühjahrsaufwuchs</b>			
Pflanzenart	<b>G</b>	<b>GC</b>	<b>GCF</b>
<i>Lolium perenne</i>	88,2	67,3	17,4
<i>Trifolium repens</i>		23,0	15,0
<i>Plantago lanceolata</i>			17,1
<i>Taraxacum officinale</i>			49,5
Sonstige	11,8	9,7	1,0

### **Qualität des frischen Futters anhand chemisch-analytischer Kriterien**

Die Qualität des frischen Futters wurde anhand der Rohnährstoffe, der Detergenzienanalyse nach van Soest, des Hohenheimer Gastests, der Enzymlöslichkeit der organischen Substanz und der Abbaubarkeit der Trocken- und Gerüstsubstanz im Pansen (Nylonbag Methode) bewertet. Die wesentlichen Ergebnisse sind in den Tabellen 3 und 4 mitgeteilt. Die Trockensubstanzgehalte zum Erntezeitpunkt waren im Sommeraufwuchs höher als im Frühjahrsaufwuchs; die Kräutervariante hatte jeweils die geringsten Werte. Die Rohproteingehalte unterschieden sich zwischen den beiden Aufwüchsen nur wenig, der Gehalt an Zellwandbestandteilen (NDF) war in der Gras- und Klee grasvariante im Sommeraufwuchs deutlich höher als im Frühjahrsaufwuchs, während in der Gras/Klee/Kräuter-Variante ein solcher Unterschied nicht festgestellt wurde. Die Anteile von NDF waren in beiden Aufwüchsen in der Kräutervariante geringer als in der Grasvariante, beim ADL-Anteil verhielt es sich umgekehrt. Die im Hohenheimer Futterwerttest ermittelte Gasbildung war im Frühjahrsaufwuchs deutlich höher als im Sommeraufwuchs; ein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten bestand in beiden Aufwüchsen nicht. Ebenso verhielt es sich mit dem im Hohenheimer Futterwerttest geschätzten Energiegehalt des Futters: Der ME-Gehalt war im Frühjahrsaufwuchs höher als im Sommeraufwuchs, und ein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten bestand nicht. Im Hinblick auf die Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (CDOM) wurde ein höherer Wert im Frühjahrsaufwuchs als im Sommeraufwuchs gemessen; im Sommerauf-

wuchs wiesen die Klee gras- und Klee gras-Kräuter-Varianten etwas höhere Werte auf als die Grasvariante. In Bezug auf den Abbau der Trockensubstanz und der Zellwand im Pansen – ermittelt mit der Nylonbag Methode – wurden nur geringe signifikante Effekte festgestellt. Im Sommerauswuchs war der T-Abbau in der Kräutervariante signifikant höher als in der Grasvariante.

Mit Hilfe der Nylonbag Methode wurde auch die Stickstoffbilanz geschätzt. Die UDP-Werte (als Anteile des Rohproteins) waren in der Kräutervariante mit 37 % signifikant höher als in der Klee gras– (31 %) und der Grasvariante (33 %). Die nXP-Werte unterschieden sich dagegen nicht signifikant (G = 130 g/kg, GC = 133 g, GCF = 133 g). Die ruminale N-Bilanz war in der Klee gras-Kräuter-Variante ausgeglichen; in der Klee gras- und der Grasvariante wurde ein leichter Überschuss festgestellt (2,6 bzw. 6,0)

**Tab. 3:** Einfluss der Narbenzusammensetzung auf die Frischfutterqualität des Sommeraufwuchses 2002, G = Gras, GC = Gras-Klee, GCF= Gras-Klee-Kräuter, Mittel und Standardabweichung (in Klammern)

<b>Merkmal</b>	<b>G</b>	<b>GC</b>	<b>GCF</b>	<b>Sign. v. F</b>
T (g/kg)	278a (12)	244b (13)	213c (5)	0,001
XA (g/kg T)	90 (3)	99 (5)	94 (2)	n.s.
XP	178a (6)	151b (1)	141c (1)	0,001
XL	15,2 (3,4)	16,1 (1,1)	14,7 (0,8)	n.s.
ADF	325a (12)	304ab (18)	278b (7)	0,003
NDF	593a (9)	521b (23)	396c (19)	0,001
ADL	50,2 (6,0)	45,7 (7,6)	55,2 (9,8)	n.s.
CDOM %	64,6a (1,2)	69,2b (2,8)	71,5b (0,9)	0,002
HFT Gb (ml/200gTS)	35,9 (5,7)	43,1 (7,8)	46,9 (7,1)	n.s.
ME (MJ/kg TM)	7,7 (0,6)	8,3 (0,8)	8,5 (0,9)	n.s.
Nylonbag, Abbau 24 h				
% T	56,3a (1,2)	59,2ab (8,2)	67,2b (1,2)	0,03
% ADF	43,2 (1,9)	41,1 (7,7)	48,8 (4,5)	n.s.
% NDF	48,2 (2,2)	52,5 (12)	45,4 (6,5)	n.s.

Werte, die innerhalb einer Zeile mit gleichem Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich nicht signifikant voneinander, Tukey-Test,  $\alpha = 0,05$

Tab. 4: Einfluss der Narbenzusammensetzung auf die Frischfutterqualität des Frühljahrsaufwuchses 2003, G = Gras, GC = Gras-Klee, GCF= Gras-Klee-Kräuter, Mittel und Standardabweichung (in Klammern)

Merkmal	G		GC		GCF	Sign. v. F
T (g/kg)	203a	(3)	210a	(1)	159b (0,9)	0,005
XA (g/kg T)	76,6a	(5,6)	72,3a	(4,7)	88,4b (2,6)	0,002
XP	194a	(5)	141b	(3)	127b (5)	0,001
XL	26,9	(2,6)	28,4	(1,5)	26,8 (3,9)	n.s.
ADF	287a	(3)	268b	(2)	284a (3)	0,002
NDF	489a	(5)	436b	(3)	367c (2)	0,001
ADL	24,2a	(1,6)	19,5a	(1,5)	51,3b (1,5)	0,001
CDOM %	84,8	(2,2)	84,9	(1,5)	86,4 (1,0)	n.s.
HFT Gb (ml/200gTS)	59,9	(1,9)	61,8	(2,2)	60,6 (1,1)	n.s.
ME (MJ/kg TM)	11,4	(0,3)	11,4	(0,3)	11,1 (0,1)	n.s.
Nylonbag, Abbau 24 h						
% T	71,4	(5,4)	71,3	(5,6)	74,5 (8,3)	n.s.
% ADF	56,6	(8,7)	55,2	(8,4)	57,6 (8,0)	n.s.
% NDF	61,1	(3,1)	59,2	(6,7)	54,3 (3,5)	n.s.

Werte, die innerhalb einer Zeile mit gleichem Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich nicht signifikant voneinander, Tukey-Test,  $\alpha = 0,05$

### Konservierungseignung und Qualität von Modellsilagen

Die Gäreignung des Ausgangsmaterials wurde mit Hilfe der Pufferkapazität charakterisiert. Im Sommeraufwuchs betragen die Werte (in g Milchsäure je kg Trockensubstanz) für die Grasvariante 80, die Klee grasvariante 77 und die Klee gras-Kräuter-Variante 76. Im Frühljahrsaufwuchs lagen die entsprechenden Werte bei 48, 48 und 59 g.

Futter der beiden Aufwüchse wurde in Modellsilos einsiliert. Zur Beurteilung des Gärverlaufs wurden Gefäße nach 3, 10 und 60 Tagen nach Silierbeginn geöffnet. In einer Vergleichsvariante wurde Futter zu Silierbeginn mit einem Milchsäurebakterienpräparat versetzt und das Gärprodukt anhand von 60 Tage-Silagen beurteilt. Zur Bewertung der Gärqualität wurden der Trockensubstanzgehalt, der pH-Wert, der Gärsäuregehalt und der Ammoniakgehalt ermittelt. Die Ergebnisse der Silagen des Sommer- und des Frühljahrsaufwuchses sind in den Tabellen 5 und 6 dargestellt. Im Sommeraufwuchs lag der Trockensubstanzgehalt der Silagen unter 30 %; im Frühljahrsaufwuchs überwiegend unter 25 %.

Die Silagen des Sommeraufwuchses waren insgesamt durch eine geringe Einsäuerung gekennzeichnet. Ohne einen Zusatz eines Milchsäurebakterienpräparates blieb in der Grasvariante der pH-Wert bei 5,7 und damit oberhalb eines Wertes, der für eine stabile Silage erforderlich ist (Weißbach und Honig 1996). Die Klee gras- und Klee gras-Kräuter-Aufwüchse säuerten stärker ein und erreichten pH-Werte von 4,9 bzw. 4,7. Beurteilt an der Konzentration an Milchsäure, an Buttersäure und an Ammoniak ergaben die Klee gras-Kräuter-Aufwüchse eine

deutlich bessere Silage als die Gras- bzw. die Kleegrasaufwüchse. Letztere waren nicht frei von Buttersäure.

Im Frühlingsaufwuchs wiesen die Silagen aller drei Narbevarianten eine deutlich bessere Qualität auf als im Sommeraufwuchs. Die pH-Werte lagen in einem Bereich, der bei den gegebenen Trockensubstanzgehalten als stabil gekennzeichnet werden kann. Sämtliche Silagen waren weitgehend frei von Buttersäure und wiesen vergleichsweise hohe Milchsäuregehalte auf. Durch den Zusatz eines Milchsäurebakterienpräparates konnte sowohl im Sommer als auch im Frühlingsaufwuchs die Qualität der Silagen deutlich verbessert werden. Dies galt insbesondere für die reinen Grasvarianten, die durch die Zugabe des Siliermittels ein Qualitätsniveau erreichten wie es in der Kräutervariante ohne Siliermittelzusatz festgestellt wurde.

**Tab. 5:** Einfluss der Narbenzusammensetzung auf die Konsevierungseigenschaften und den Gärverlauf des Sommeraufwuchses 2002, G = Gras, GC = Gras-Klee, GCF= Gras-Klee-Kräuter, Mittelwert und Standardabweichung (in Klammern), Gärergebnis nach 3, 10 und 60 Tagen; MSB=Zugabe eines Milchsäurebakterienpräparates

<b>3 Tage Silagen</b>	<b>G</b>	<b>GC</b>	<b>GCF</b>	<b>Sign. F</b>
T*)	283 (21)	297 (9)	245 (7)	n.s.
pH	6,22a (0,12)	5,58b (0,17)	5,27b (0,07)	0,001
XP*)	174a (12)	156b (4)	141b (7)	0,002
Milchsäure*)	25,4a (10,2)	40,8b (0,6)	38,9b (7,2)	0,029
Essigsäure*)	10 (3,6)	6,8 (0,1)	6,5 (0,8)	n.s.
Propionsäure*)	5,2 (2,7)	4 (2,3)	2,5 (1,9)	n.s.
Buttersäure*)	0,6a (0,1)	0,01b (0,01)	0,2b (0,1)	0,021
Ethanol*)	4,6 (1,2)	6,1 (0,8)	4 (1,4)	n.s.
NH <sub>3</sub> -N <sup>#</sup> )	197a (47)	68b (14)	51b (5)	0,001

  

<b>10 Tage Silagen</b>	<b>G</b>	<b>GC</b>	<b>GCF</b>	<b>Sign. F</b>
T	262a (6)	299b (4)	280b (10)	0,02
pH	5,81 (0,47)	4,92 (0,21)	4,91 (0,11)	0,004
XP	167a (12)	157ab (5)	141b (9)	0,01
Milchsäure	48,2 (2,2)	59,5 (10,6)	65,6 (2,6)	n.s.
Essigsäure	12,6 (7,2)	6,6 (1,4)	7,3 (0,5)	n.s.
Propionsäure	2,2 (0,2)	1,7 (0,1)	2,3 (1)	n.s.
Buttersäure	0,9 (0,5)	1 (0,3)	0,6 (0,1)	n.s.
Ethanol	5,2 (1,2)	5,2 (1,8)	3,8 (0,4)	n.s.
NH <sub>3</sub> -N	312a (23,5)	85b (19)	70b (14)	0,002

\*) in g je kg TS

#) in g je kg Gesamt-N

Werte, die innerhalb einer Zeile mit gleichem Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich nicht signifikant voneinander, Tukey-Test,  $\alpha = 0,05$

Tab. 5 Fortsetzung

<b>60 Tage Silagen</b>	<b>G</b>	<b>GC</b>	<b>GCF</b>	<b>Sign. F</b>
T	243a (3)	273b (18)	249ab (10)	n.s.
pH	5,74a (0,34)	4,9b (0,21)	4,65b (0,12)	0,001
XP	166a (12)	161ab (7)	144b (7)	0,025
Milchsäure	52,2a (15,1)	64,4ab (13,6)	83,4b (9,4)	0,023
Essigsäure	17,4ab (4,4)	8,7a (3,6)	9,6b (1,3)	0,011
Propionsäure	5,3 (0,5)	4,1 (1,7)	2,6 (0,1)	n.s.
Buttersäure	15a (7)	11ab (7)	1b (0,6)	0,023
Ethanol	9,5a (3,5)	5,6ab (0,49)	4,7b (0,7)	0,023
NH <sub>3</sub> -N	392a (54)	131,3b (24)	95b (18)	0,001

  

<b>60 Tage Silagen + MSB</b>	<b>G</b>	<b>GC</b>	<b>GCF</b>	<b>Sign. F</b>
T	260 (3)	275 (5)	266 (4)	n.s.
pH	4,37 (0,11)	4,24 (0,19)	4,11 (0,09)	n.s.
XP	180a (23)	158ab (7,7)	145b (6)	0,027
Milchsäure	79,5 (28,3)	92,9 (25,8)	115,4 (10,3)	n.s.
Essigsäure	20,4 (11,9)	15 (2,4)	9 (3,2)	n.s.
Propionsäure	10,7a (3,5)	8,4b (3,1)	1,6c (0,7)	0,003
Buttersäure	3,9 (0,6)	3,6 (0,4)	0,3 (0,2)	n.s.
Ethanol	3,1 (1,0)	2,7 (0,2)	2,9 (0,2)	n.s.
NH <sub>3</sub> -N	184a (38)	66b (4)	59b (8)	0,001

Tab. 6: Einfluss der Narbenzusammensetzung auf die Konservierungseigenschaften und den Gärverlauf des Frühjahresaufwuchses 2003, G = Gras, GC = Gras-Klee, GCF= Gras-Klee-Kräuter, Mittelwert und Standardabweichung (in Klammern), Gärergebnis nach 3, 10 und 60 Tagen; MSB=Zugabe eines Milchsäurebakterienpräparates

<b>3 Tage Silagen</b>	<b>G</b>	<b>GC</b>	<b>GCF</b>	<b>Sign. F</b>
T	223 (7)	244 (3)	230 (6)	n.s.
pH	4,63 (0,11)	4,61 (0,21)	4,54 (0,05)	n.s.
XP	208a (20)	150b (11)	133b (13)	0,001
Milchsäure	40,7 (2,8)	42 (7,9)	47,5 (3,9)	n.s.
Essigsäure	11,0 (2,2)	9,2 (2,7)	9,6 (2,3)	n.s.
Propionsäure	1,9 (0,1)	0,1 0,01	0,37 (0,1)	n.s.
Buttersäure	0,4 (0,1)	0,4 (0,1)	0,2 (0,1)	n.s.
Ethanol	4,6 (0,3)	5,3 (0,5)	3,7 (0,8)	n.s.
NH <sub>3</sub> -N	50 (6)	35 (5)	31 (5)	n.s.

  

<b>10 Tage Silagen</b>	<b>G</b>	<b>GC</b>	<b>GCF</b>	<b>Sign. F</b>
	233 (8)	229 (10)	202 (14)	n.s.
pH	4,48 (0,1)	4,36 (0,07)	4,41 (0,03)	n.s.
XP	180a (21)	157ab (4)	131b (10)	0,045
Milchsäure	41,9 (5,1)	53,4 (0,5)	49,9 (1,61)	n.s.
Essigsäure	11,0 (0,4)	12,5 (0,2)	10,7 (0,4)	n.s.
Propionsäure	0,2 (0,1)	0,3 (0,1)	0,4 (0,3)	n.s.
Buttersäure	1,2 (0,1)	0,6 (0,1)	0,3 (0,01)	n.s.
Ethanol	4,1 (2,0)	5,8 (0,7)	4,2 (1,0)	n.s.
NH <sub>3</sub> -N	78 (3)	54 (10)	44 (9)	n.s.

Tab. 6: Fortsetzung

<b>60 Tage Silagen</b>	<b>G</b>	<b>GC</b>	<b>GCF</b>	<b>Sign. F</b>
T	224 (9)	228 (3)	200 (11)	n.s.
pH	4,25 (0,19)	4,15 (0,14)	3,99 (0,08)	n.s.
XP	191ab (16)	150a (2)	123b (12)	0,001
Milchsäure	67,7ab (16,3)	62,3a (9,2)	86,5b (9,5)	0,048
Essigsäure	13,8 (3,9)	14,2 (2,9)	13,7 (1,2)	n.s.
Propionsäure	0,9 (0,7)	1,1 (1,6)	1,2 (0,9)	n.s.
Buttersäure	0,7a (0,1)	0,6b (0,1)	0,3c (0,1)	0,001
Ethanol	7,3 (3,8)	7,2 (0,4)	5,6 (1,2)	n.s.
NH <sub>3</sub> -N	126 (54)	78 (11)	70 (18)	n.s.

<b>60 Tage Silagen + MSB</b>	<b>G</b>	<b>GC</b>	<b>GCF</b>	<b>Sign. F</b>
T	224 (4)	321 (8)	200 (20)	n.s.
pH	3,89 (0,09)	3,84 (0,07)	3,89 (0,12)	n.s.
XP	205a (19)	148b (9)	127b (12)	0,001
Milchsäure	87,3a (6,4)	94,3ab (8,1)	102b (3,0)	0,028
Essigsäure	11,5 (6,6)	10,4 (3,3)	10,2 (1,9)	n.s.
Propionsäure	1,43 (2,6)	1,2 (0,9)	0,5 (0,3)	n.s.
Buttersäure	0,6a (0,1)	0,4ab (0,1)	0,2b (0,1)	0,006
Ethanol	6,8 (2)	7 (0,9)	4,7 (0,7)	n.s.
NH <sub>3</sub> -N	48 (9)	62 (13)	49 (10)	n.s.

## Mikrobieller Pansenstoffwechsel und Futterbewertung mittels der Pansensimulations-technik Rusitec

Die mit den Silagen durchgeführten Rusitec-Untersuchungen führten für beide Erntetermine zu gleichgerichteten Ergebnissen. Im Folgenden werden die Wirkungen der im Spätsommer 2002 gewonnenen Silagen detailliert dargestellt. Die N-gedüngten Grasaufwüchse lieferten Silagen mit den höchsten Gehalten an Rohprotein, gefolgt von dem Gras/Klee-Gemenge und den niedrigsten Gehalten für die Silagen aus Gras/Klee/Kräuter-Aufwüchsen (Tabelle 7). Eine ähnliche, allerdings nicht durchgehend signifikante Rangierung ergab sich für die Gerüstsubstanzengehalte (XF, NDF, ADF). Demgegenüber stiegen die Gehalte an N-freien Extraktstoffen in den Silagen aus Gras- über die aus Gras/Klee- zu Gras/Klee/Kräuter-Aufwüchsen schrittweise an.

Tab. 7: Gehalte an Trockensubstanz (g/kg), Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen (g/kg T) der Silagen des Spätsommernaufwuchses, (n=4), G = Gras, GC = Gras-Klee, GCF= Gras-Klee-Kräuter

Inhaltsstoff	G	GC	GCF
T	229	245	228
XA	106	110	103
XP	225 <sup>a</sup>	184 <sup>b</sup>	154 <sup>c</sup>
XL	34 <sup>ab</sup>	37 <sup>a</sup>	30 <sup>b</sup>
XF	207 <sup>a</sup>	191 <sup>a</sup>	147 <sup>b</sup>
NfE	428 <sup>c</sup>	478 <sup>b</sup>	566 <sup>a</sup>
NDF	521 <sup>a</sup>	440 <sup>b</sup>	390 <sup>b</sup>
ADF	330	200	288

ungleiche Hochbuchstaben innerhalb Zeilen kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede ( $P < 0,05$ ), Tukey-Test

Geringfügige Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen in den zugeführten Mengen an Trockensubstanz ließen sich aufgrund der täglichen Einwaagen und erst an den jeweiligen Folgetagen möglichen T-Berechnungen nicht vermeiden. Insgesamt wurden jedoch für die drei Versuchsvarianten auf annähernd gleichem Niveau liegende Mengen an zugeführter Trockensubstanz und Organischer Substanz erreicht, die während der Incubation einem größenordnungsmäßig vergleichbaren Abbau (45 - 48%) unterlagen (Tabelle 8). Deutliche Unterschiede ergaben sich jedoch für das Rohprotein und die Gerüstsubstanzen. In der Rangierung „Gras“ > „Gras/Klee“ > „Gras/Klee/Kräuter“ nahmen die zugeführten Mengen an Rohprotein, NDF und ADF, begleitet von gleichgerichtet sinkenden Abbaubarkeiten, ab.

Tab. 8: Zugeführte Substratmengen (g/d) und Abbaubarkeiten (%) in der Pansensimulation für die Silagen des Spätsommerraufwuchses (n=8), G = Gras, GC = Gras-Klee, GCF = Gras-Klee-Kräuter

Inhaltsstoff	G		GC		GCF	
	zugeführt	abgebaut	zugeführt	abgebaut	zugeführt	abgebaut
T	8,65 <sup>b</sup>	44,7	9,25 <sup>a</sup>	48,1	8,90 <sup>ab</sup>	48,0
OS	7,59 <sup>b</sup>	44,7	8,09 <sup>a</sup>	47,7	7,85 <sup>ab</sup>	47,0
XP	1,91 <sup>a</sup>	74,2 <sup>A</sup>	1,67 <sup>b</sup>	67,9 <sup>B</sup>	1,34 <sup>c</sup>	45,6 <sup>C</sup>
NDF	4,44 <sup>a</sup>	29,7 <sup>A</sup>	4,04 <sup>b</sup>	24,6 <sup>AB</sup>	3,44 <sup>c</sup>	21,7 <sup>B</sup>
ADF	2,81 <sup>a</sup>	28,7 <sup>A</sup>	2,76 <sup>ab</sup>	26,8 <sup>AB</sup>	2,53 <sup>b</sup>	22,5 <sup>B</sup>

ungleiche Hochbuchstaben innerhalb Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $P < 0,05$ ), Tukey-Test, Kleinbuchstaben für zugeführte Substratmengen, Großbuchstaben für Abbaubarkeiten

#### *Fermentation in der Pansensimulation*

Die Protozoenkonzentration lag bei „Gras/Klee/Kräuter“ am höchsten und auch bei „Gras/Klee“ signifikant über der bei „Gras“ (Tabelle 9). Dagegen nahmen die Ammoniak-N-Gehalte des Incubationsmediums in umgekehrter Folge von „Gras“ über „Gras/Klee“ nach „Gras/Klee/Kräuter“ deutlich ab. Die pH-Werte und die Methanproduktion wurden von den Silagevarianten nur wenig bzw. nicht signifikant beeinflusst. Die Beschickung der Fermenter mit „Gras/Klee/Kräuter“ verursachte signifikant niedrigere Produktionsraten an flüchtigen Fettsäuren (SCFA), die im Wesentlichen auf weniger Acetat, iso-Butyrat, iso-Valeriat und n-Valeriat beruhten. Die mikrobielle Zellsynthese erreichte mit „Gras“ den höchsten und mit „Gras/Klee/Kräuter“ den niedrigsten Wert, während mit „Gras/Klee“ eine zwischen diesen Extremen liegende Produktionsrate auftrat.

Tab. 9: Parameter der Fermentation in der Pansensimulation beim Einsatz der im Sommer 2002 gewonnenen Silagen (n = 8), G = Gras, GC = Gras-Klee, GCF= Gras-Klee-Kräuter

Parameter	G	GC	GCF
Protozoen [Anzahl/ml]	9729 <sup>c</sup>	13469 <sup>b</sup>	17361 <sup>a</sup>
NH <sub>3</sub> -N [mg/l]	115,8 <sup>a</sup>	79,9 <sup>b</sup>	33,8 <sup>c</sup>
pH	6,74 <sup>a</sup>	6,69 <sup>b</sup>	6,68 <sup>b</sup>
CH <sub>4</sub> [mmol/d]	5,58	5,77	5,27
SCFA [mmol/d]	31,6 <sup>a</sup>	31,7 <sup>a</sup>	29,1 <sup>b</sup>
Acetat	16,9 <sup>a</sup>	16,8 <sup>a</sup>	15,4 <sup>b</sup>
Propionat	8,22	7,92	8,36
iso-Butyrat	0,55 <sup>a</sup>	0,44 <sup>a</sup>	0,15 <sup>b</sup>
n-Butyrat	3,84 <sup>b</sup>	4,29 <sup>a</sup>	3,79 <sup>b</sup>
iso-Valeriat	1,40 <sup>a</sup>	1,52 <sup>a</sup>	0,94 <sup>b</sup>
n-Valeriat	0,62 <sup>a</sup>	0,72 <sup>a</sup>	0,42 <sup>b</sup>
Mikrobenzellmasse [g/d]	1,24 <sup>a</sup>	1,09 <sup>b</sup>	0,73 <sup>c</sup>

ungleiche Hochbuchstaben innerhalb Zeilen kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede (P < 0,05), Tukey-Test

### 3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse. Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung der Ergebnisse für eine Ausdehnung des ökologischen Landbaus; bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

Ziel des hier durchgeführten Forschungsvorhabens war es, das Futter von kräuterreichen Grasnarben, die kennzeichnend sind für das Grünland im ökologischen Landbau, präziser zu bewerten und damit eine Grundlage für eine verbesserte Grünlandnutzung und Verwertung des Futters vom Grünland zu legen. Der Bewertung wurde anhand der Frischfutterqualität, der Konservierungseignung als Silage, der Gär- und Silagequalität sowie des Abbaus im simulierten Pansen vorgenommen.

Die drei geprüften Grasnarbenvarianten (reiner Grasbestand mit N-Düngung, ungedüngter Gras/Klee-Bestand und ungedüngter Gras/Klee/Kräuterbestand) unterschieden sich hinsichtlich ihrer botanischen Zusammensetzung deutlich. Während in der Grasvariante kaum andere Arten als das Deutsche Weidelgras vorkamen, wurden in der Gras/Klee-Variante Weißkleeanteile von etwa 20 % ermittelt; dies entspricht üblichen Kleeanteilen in der Praxis des ökologischen Landbaus. In der Gras/Klee/Kräuter-Variante wurden Kräuteranteile (der feinblättrigen Arten Löwenzahn und Spitzwegerich) von über 60 % festgestellt. Dies liegt weit oberhalb praxisüblicher Kräuteranteile, wird aber für die hier durchgeführte Untersuchung als günstig erachtet, um kräuterspezifische Effekte klarer erkennen zu können.

Die Qualitätsbewertung anhand chemisch analytischer sowie in vitro-Methoden ergab unabhängig vom Aufwuchs signifikante Unterschiede der Grasnarbenvarianten bei den Zellwandanteilen bzw. Zellwandbestandteilen. Ein hoher Anteil feinblättriger Kräuter reduzierte den NDF-Gehalt d.h. den Zellwandanteil deutlich, dagegen war der ADF-Gehalt nicht bzw. nur leicht vermindert gegenüber der Grasvariante, und der ADL-Anteil etwas erhöht. Die Abbaubarkeit im Pansen, die mit Hilfe der Nylonbag-Methode an fistulierten Ochsen bestimmt wurde, war zwischen den Grasnarbenvarianten nicht signifikant verschieden. In der Tendenz war die Zellwand im kräuterreichen Futter geringer abbaubar, was mit einem in der Tendenz erhöhten ADL-Gehalt in Zusammenhang stehen kann. In der Analyse der Abbaubarkeit mit Hilfe der Pansensimulationstechnik Rusitec wurde im Unterschied zur Nylonbag-Methode ein deutlicherer Unterschied zwischen den Grasnarbenvarianten festgestellt. Dieses zunächst widersprüchliche Ergebnis ist auf die verschiedenen Bedingungen in der Nylonbag-Technik einerseits und der Rusitec-Methode andererseits zurückzuführen. Bei der Inkubation im Pansen mittels Nylonbags ist nicht davon auszugehen, dass die zu analysierenden Futterproben das Pansenmedium beeinflussen; im Rusitec hingegen erhält die Pansenflora abgesehen von einer Mineralergänzung ausschließlich das Material der zu analysierenden Probe, die damit das Medium beeinflusst.

Zwischen den Grasnarbenvarianten bestanden keine signifikanten Unterschiede im Hohenheimer Futterwerttest (HFT) bzw. in der mit Hilfe des HFT geschätzten Energiedichte. Die Enzymlöslichkeit der organischen Substanz war ebenfalls nur wenig von der Grasnarbenvariante beeinflusst. Dieses Ergebnis ist ein wichtiges Indiz darauf, dass das Futter von kräuterreichen Grünlandbeständen, zumindest wenn bei der Kräuterkomponente feinblättrige Arten wie Löwenzahn und Spitzwegerich dominieren, nicht per se schlechter ist als das von Grasnarben, bei denen das Deutsche Weidelgras die dominierende Art ist. Dieser Befund bestätigt vorangegangene Arbeiten, wonach viele feinblättrige Kräuterarten grundsätzlich eine Futterqualität aufweisen können, die auch die hohen Ansprüche etwa des Milchviehs an das Grundfutter erfüllen können. Auf der alleinigen Basis der chemisch-analytischen Ergebnisse zur Futterqualität mußte es zunächst unklar bleiben, warum grasreiche bzw. kräuterreiche Grünlandaufwüchse trotz erheblicher Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung bzw. dem Anteil und Aufbau der Gerüstsubstanzen zu ähnlichen Verdaulichkeiten bzw. Energiekonzentrationen bei der Bewertung mit in vitro-Methoden führten. In dieser Hinsicht konnten mit Hilfe der Pansensimulationstechnik Rusitec, die zur Analyse von Unterschieden in der Pansenverdauung von gras- bzw. kräuterreichen Grünlandaufwüchsen erstmalig eingesetzt wurde, neue Erkenntnisse erarbeitet werden.

So wurde in der Pansensimulation als ein augenfälliges Charakteristikum der Unterschied der Silagen in den Gehalten und Abbaubarkeiten an Rohprotein und Gerüstsubstanzen festgestellt. Silagen aus N-gedüngtem Gras hatten im Vergleich zur Gras/Klee/Kräuter-Variante mehr als doppelt soviel Rohprotein und fast die zweifache Menge an NDF abgebaut, während die mit „Gras/Klee“ ermittelten Werte zwischen diesen beiden Extremen lagen. Andererseits traten zwischen den drei Silagevarianten keine nennenswerten Unterschiede beim Abbau der organischen Substanz auf (3,40 – 3,86 g/d). Entsprechend lassen sich tägliche Abbaumengen an organischem Rest (OR) von 0,66 g („Gras“), 1,70 g („Gras/Klee“) und 2,33 g („Gras/Klee/Kräuter“) berechnen. Möglicherweise stand diese analytisch nicht genauer definierte Fraktion ursächlich in Zusammenhang mit dem gleichgerichtet steigenden Wachstum der Protozoen

Die an der SCFA-Produktion ablesbare Fermentationsintensität fiel nur mit „Gras/Klee/Kräuter“ etwas niedriger als mit den anderen beiden Silagevarianten aus, während die mikrobielle Zellsynthese sehr deutlich von „Gras“ über „Gras/Klee“ nach „Gras/Klee/Kräuter“ abnahm. Demzufolge erreichte die Effizienz der mikrobiellen Synthesen

- messbar am Quotienten Mikrobenzellmasse/abgebaute OS - mit „Gras“ den höchsten Wert (368g), entsprechend gefolgt von „Gras/Klee“ (287g) und „Gras/Klee/Kräuter“ (202g). Es liegt nahe, diese Unterschiede zunächst mit Umsetzungen der Bakterien durch Protozoen in Zusammenhang zu bringen. Derartige Umsetzungen wirken sich i.d.R. steigernd auf die Ammoniumkonzentration in der Pansenflüssigkeit aus. Die von uns beobachtete inverse Beziehung zwischen Protozoen- und NH<sub>3</sub>-N-Konzentration deutet jedoch eher darauf hin, dass möglicherweise die N-Verfügbarkeit limitierend auf die mikrobiellen Synthesen gewirkt hat, obwohl die NH<sub>3</sub>-N-Konzentration in allen drei Versuchsgruppen den für maximales mikrobielles Wachstum als ausreichend angesehenen Bereich von 2 – 5 mg/100 ml (Slyter et al. 1979) erreichte.

Aus den Ergebnissen der RUSITEC-Untersuchungen lassen sich die in Tabelle 10 aufgezeigten Mengen und Gehalte an UDP, nXP sowie die ruminalen Stickstoffbilanzen (RNB) ableiten.

Tab. 10: Mengen und Gehalte an UDP und nXP sowie ruminale Stickstoffbilanzen für die drei Silagevarianten

Parameter	G	GC	GCF
<b><u>in der Pansensimulation</u></b>			
UDP [g/d]	0,49	0,54	0,73
MP*) [g/d]	0,62	0,55	0,37
nXP [g/d]	1,11	1,08	1,09
<b><u>in den Silagen</u></b>			
UDP [% von XP]	26	32	54
nXP [g/kg T]	129	117	123
RNB [g/kg T]	15	10	4

\*)MP = Mikrobenprotein

Die drei Silagevarianten enthielten in etwa gleiche Mengen an nutzbarem Rohprotein (nXP), das sich jedoch bei „Gras“ zu 44% bzw. 56% aus unabbaubarem Rohprotein (UDP) und Mikrobenprotein (MP), bei „Gras/Klee“ entsprechend zu jeweils 50 % und bei „Gras/Klee/Kräuter“ zu 67% bzw. 33% aus UDP und MP zusammensetzte. Die UDP-Werte lagen deutlich über den in offiziellen Futterwerttabellen (DLG 1997) für Grünfuttersilagen ausgewiesenen, mit grundlegend anderer Methodik erzielten Daten. Die hier ermittelte ruminale Stickstoffbilanz sank von einem deutlich positiven Wert für „Gras“ nahezu linear über „Gras/Klee“ bis in den schwach positiven Bereich für „Gras/Klee/Kräuter“.

Die Ergebnisse zum mikrobiellen N-Umsatz und zur Qualität des Futterrohproteins lassen zunächst die Gras/Klee/Kräuter-Variante für den Ökologischen Landbau am günstigsten erscheinen, weil mit dieser Variante die in Grünfuttersilagen und -silagen meist zu hohen, den tierischen Stoffwechsel und die Umwelt belastenden N-Überschüsse deutlich herabgesetzt werden. Gras/Klee-Silagen sind in dieser Hinsicht weniger günstig und Silagen aus reinen Grasbeständen am ungünstigsten einzuschätzen. Andererseits wurde mit geringeren mikrobiellen Synthesen und steigenden UDP-Mengen auch der Gerüstsubstanzabbau deutlich herabgesetzt. Damit gewinnen die postruminalen Verdauungsvorgänge an Bedeutung, wenn anstelle reiner Grasaufwüchse Gras/Klee- und Gras/Klee/Kräuter-Gemenge in der Fütterung

von Wiederkäuern eingesetzt werden. Es sollte geklärt werden, wie sich Grasbestände ohne mineralische N-Düngung auswirken. Der Futterwert hängt darüber hinaus entscheidend von den im Dünndarm verdaulichen Rohprotein- bzw. Aminosäuremengen ab. Hierzu müssen weiterführende Untersuchungen durchgeführt werden.

Die Konservierbarkeit als Silage von klee- bzw. kräuterreichen Aufwüchsen erwies sich in der hier durchgeführten Untersuchung als günstig im Vergleich zum reinen Grasbestand. Die Silagen der Gras/Klee/Kräuter-Variante säuerten durchweg stärker ein, wiesen höhere Konzentrationen an Milchsäure und geringere an Buttersäure auf als die reinen Grassilagen bzw. Kleegrassilagen. Auffallend war auch der vergleichsweise geringe Proteinabbau während des Siliervorganges bei den kräuterreichen Aufwüchsen. Damit kann für Grünland mit hohen Anteilen an feinblättrigen Kräutern grundsätzlich eine effiziente Konservierung in Form der Silagebereitung erreicht werden. Bei diesem für die landwirtschaftliche Praxis wichtigen Ergebnis ist zu berücksichtigen, dass in Abhängigkeit vom Vorwelkegrad des gemähten Futters mehr oder weniger hohe Verluste im Feld durch Abbröckeln feinen, belastungsempfindlichen Pflanzengewebes entstehen können. Das bedeutet, dass bei klee- und kräuterreichen Aufwüchsen in besonderer Weise darauf geachtet werden muss, dass das Futter auf dem Feld nicht zu weit antrocknet (vgl. Isselstein u. Ridder 1993, Isselstein 1994).

Insgesamt bieten die Ergebnisse der hier durchgeführten Untersuchungen einige Ansatzpunkte zu einer verbesserten Grünlandwirtschaft und Grünlandnutzung im ökologischen Landbau beizutragen. Die Qualität des Futters kräuterreicher Grünlandaufwüchse ist nicht grundsätzlich schlechter als die grasreicher Aufwüchse – soweit es sich um feinblättrige Kräuterarten wie Löwenzahn oder Spitzwegerich handelt und zur Bewertung chemisch-analytische bzw. in vitro-Methoden herangezogen werden. Weisen Grasnarben unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus hohe Kräuteranteile auf, so kann der Schwellenwert für eine als notwendig angesehene Grünlandregeneration möglicherweise höher gesetzt werden und es besteht mehr Spielraum, umbruchlose Verfahren der Grünlandverbesserung einzusetzen. Die Ergebnisse zur Silierbarkeit kräuterreicher Aufwüchse sind für solche Formen des ökiologischen Landbaus wichtig, in denen es keine grundsätzlichen Vorbehalte gegen die Milchsäurekonservierung von Futter gibt. Vielfach spielt in der Praxis des ökologischen Landbaus die Konservierung als Heu die entscheidende Rolle. Diese Konservierungsart ist aber infolge extremer Bröckelverluste – insbesondere bei Bodenheubereitung – mit enormen Masse- und Qualitätsverlusten verbunden. In der Umstellung auf Silagekonservierung dürfte demnach ein erhebliches Potential zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des Grünlandes liegen. Ein für die Praxis ebenfalls wichtiges und in der Grünlandbewertung umsetzbares Ergebnis ist die bei kräuterreichen gegenüber grasreichen Aufwüchsen veränderte mikrobielle Metabolisierung sowohl bei der Vergärung im Silo als auch dem Abbau im Pansen. Auffallend war, dass bei kräuterreichen Aufwüchsen der Proteinabbau in der Silage aber auch im Pansen verringert war, und dass der Anteil des unverdauten Proteins am insgesamt im Duodenum verfügbaren Protein höher war. Während dieses Ergebnis für die Silage als uneingeschränkt günstig zu beurteilen ist, so bedarf es im Hinblick auf die Bewertung der Pansenverdauung bzw. der Fütterungseffizienz noch der Klärung des post-ruminalen ‚Schicksals‘ des Proteins.

Die Ergebnisse zur ruminalen N-Bilanz sind ebenso von Relevanz für die Fütterungspraxis im ökologischen Landbau wie die zur Silierfähigkeit. In der hier vorliegenden Untersuchung wurde festgestellt, dass ungedüngte Gras/Klee/Kräuter-Bestände eine nahezu ausgeglichene N-Bilanz hatten wohingegen gedüngte reine Grasbestände einen deutlicheren N-Überschuss aufwiesen. Dieses Ergebnis ist zunächst ein Indiz für die bessere N-Effizienz des Kräuter- ‚Systems‘. Es hat aber darüber hinaus Bedeutung für die Gestaltung der Futtermischung. Futter der Gras-Variante muss ‚energiebetont‘ ergänzt werden; das Futter der Gras/Klee/Kräuter-Variante kann mit Protein- und Energieträgern ergänzt werden, etwa mit Kraftfutter von Kör-

nerleguminosen, die im ökologischen Landbau ohnehin verbreitet angebaut werden und neben dem Kleegrasanbau eine wesentliche Stütze der Produktivität des Ackerbaus darstellen.

Die Ergebnisse des Vorhabens sollen einem wissenschaftlichen Fachpublikum und der landbaulichen Praxis zugänglich gemacht werden. Es ist vorgesehen, dass die Ergebnisse auf Fachkongressen der Gesellschaften für Grünlandwirtschaft und Futterbau und für Ernährungswissenschaften vorgestellt werden. Darüber hinaus sind Vorträge und Beiträge für internationale Kongresse vorgesehen (European Grassland Federation, IFOAM). Eine gesonderte Publikation wird für ein fachspezifisches wissenschaftliches Organ vorbereitet. Neben der wissenschaftlichen Veröffentlichung sollen Beiträge für landwirtschaftliche Fachzeitschriften, die ihren Leserkreis bei praktischen Landwirten und bei Beratern haben, erstellt werden. Thematik und wesentliche Ergebnisse des Projektes wurden bereits einer interessierten Öffentlichkeit in der Rundfunksendung des Deutschlandradios ‚Forschung Aktuell/Wissenschaft im Brennpunkt‘, ‚Klasse und Masse‘ vom 30.11.2003 vorgestellt (<http://www.dradio.de/dlf/sendungen/wib/216947/>).

## **4. Zusammenfassung**

Im ökologischen Landbau ist das Dauergrünland im Vergleich zum konventionellen Landbau durch einen größeren Pflanzenartenreichtum und durch einen höheren Anteil an Klee- und Kräuterarten gekennzeichnet. Ziel des Vorhabens war es, kräuterreiche Grünlandaufwüchse im Hinblick auf die Futterqualität und die Tierernährung zu bewerten. Während die Qualitätseigenschaften der wichtigen Futtergräser gut untersucht sind, fehlen entsprechende Kenntnisse bei den Leguminosen und insbesondere den Grünlandkräutern weitgehend. Für jeweils einen Frühjahrs- und einen Sommeraufwuchs wurden die Futterqualitäts- und Konservierungseigenschaften eines ungedüngten kräuterreichen Grünlandes und eines ungedüngten Weißklee-Weidelgrasbestandes mit dem eines mit mineralischem Stickstoff gedüngten reinen Weidelgrasbestandes (konventionelle Vergleichsvariante) verglichen. Beim kräuterreichen Grünland bestand der Kräuteranteil aus den feinblättrigen Arten Löwenzahn und Spitzweigerich. Das Futter wurde jeweils im Labormaßstab einsiliert und die Gärfähigkeit sowie die Silagequalität anhand chemisch-analytischer Methoden ermittelt. Außerdem kamen die Silagen als jeweils alleinige Substrate in der Pansensimulation (Rusitec) zum Einsatz. Folgende Ergebnisse wurden erzielt: Die kräuterreichen Aufwüchse wiesen eine im Vergleich zum reinen Grasbestand gute Siliereignung und Silagequalität auf. Bemerkenswert war ein relativ geringer Ammoniakgehalt und Proteinabbau bei der Vergärung. Die Aufwüchse unterschieden sich in der chemischen Zusammensetzung: Kräuterreiches Futter enthielt weniger Rohprotein und Gerüstsubstanzen. Bei der Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) und der energetischen Bewertung (HFT) traten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten auf. Dagegen erwiesen sich die Silagen aus kräuterreichen Aufwüchsen in der Pansensimulation als geringer abbaubar, die mikrobielle Zell- bzw. Proteinsynthese war im Vergleich zur Gras-Klee- und insbesondere gegenüber der Grasvariante vermindert. Die Ergebnisse weisen auf ein hohes, besonders N-effizientes Verwertungspotential feinblättrig-kräuterreicher Grünlandaufwüchse in der Wiederkäuerfütterung hin. Es bleibt zu klären, in welchem Maße die nicht mikrobiell im Pansen abbaubaren Futterbestandteile postuminal zur Energie- und Nährstoffversorgung des Wiederkäuers beizutragen vermögen.

## **5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen**

Primäres Ziel des hier durchgeführten Forschungsvorhabens war es, kräuterreiche Aufwüchse ökologisch bewirtschafteten Grünlands aus der Sicht von Futterbau und insbesondere Futterwert und Tierernährung zu bewerten. Hierzu wurden Grünlandaufwüchse eines mehrjährigen Exaktversuches herangezogen. Die erzielten Ergebnisse gelten zunächst für die spezifischen Grasnarbenbedingungen der Untersuchung, d.h. für Grünland, dessen Kräuterkomponente durch Löwenzahn und Spitzwegerich geprägt wird. Generalisierende Aussagen zu Kräutern sind dementsprechend nicht möglich. Dennoch sind die Ergebnisse von Relevanz, da die beiden genannten Kräuterarten im mitteleuropäischen Grünland die weiteste Verbreitung finden in der Gruppe der Grünlandkräuter. In weiterführenden Untersuchungen sind zusätzliche Kräuterarten einzubeziehen.

Das primäre Ziel des Vorhabens untergliederte sich in Teilziele nämlich in die differenzierende Bewertung kräuterreicher Aufwüchse entlang der Produktionskette Futterbau - Frischfutterqualität – Konservierung und Gärfutterqualität – Abbau und Verwertungseffizienz im Pansen. Diese Teilziele verlangten den Einsatz einer Vielzahl verschiedener Methoden, die in der Untersuchung ausnahmslos mit Erfolg zur Anwendung kamen. Die chemisch-analytischen Methoden zur Bewertung der Futterqualität ergaben, dass kräuterreiche Aufwüchse einen vergleichbaren Wert besaßen wie Bestände, in denen das Deutsche Weidelgras dominierte. Weiterführende Untersuchungen unter Verwendung der Pansensimulationstechnik ergaben, dass sich gras- und kräuterreiche Aufwüchse in der Abbaubarkeit im Pansen deutlich unterscheiden können. Die Ursachen für dieses Ergebnis konnten im Rahmen dieser Untersuchung nicht geklärt werden. Insbesondere bedarf es weiterführender Forschung im Hinblick auf sekundäre Inhaltsstoffe, die den mikrobiellen Abbau im Pansen beeinflussen können und auf die ernährungsphysiologische Verwertung von im Pansen nicht abgebauten Futterstoffen, vor allem des Rohproteins. Forschungsbedarf wird darüber hinaus für die Verwertung kräuterreicher Aufwüchse, die in eine Gesamtration eingebettet sind, gesehen. Dabei ist davon auszugehen, dass der Abbau im Pansen je nach Zusammensetzung der Gesamtration veränderlich ist.

## **6. Literaturverzeichnis**

- Abel, H.J., Coenen, G., Immig, I. (1990): Untersuchungen zum Einfluss von Fett- und Stärkezulagen auf den mikrobiellen Stoffwechsel im Pansensimulationssystem RUSITEC. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 64, 62-73.
- Abel, H.J., Immig, I., Harman, E. (2002): Effect of adding caprylic and capric acid to grass on fermentation characteristics during ensiling and in the artificial rumen system RUSITEC. *Anim. Feed Sci. Technol.* 99, 65-72.
- Aerts, R.J., Barry, T.N., McNabb, W.C. (1999): Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agric. Ecosystems Environ.* 75, 1-12.
- Barry, T.N., McNabb, W.C. (1999): The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *Br. J. Nutr.* 81, 263-272.
- Blank, R., Südekum, K.-H., Immig, I., Kleinmans, J. (1998): Synchroner Abbau von Kohlenhydraten und Rohprotein in den Vormägen – Eine neue Variable für die Rationsgestaltung? *Übers. Tierernähr.* 26, 157-188.
- Chamberlain, D.G., Choung, J.-J. (1995): The importance of rate of ruminal fermentation of energy sources in diets for dairy cows. In: Garnsworthy, P.C., Cole, D.J.A. (Eds.), *Recent*

- Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham, England, pp. 1-27.
- De Boever, J.L., Cottyn, B.G., Buysse, F.X., Wainman, F.W., Vanacker, J.M. (1986): The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 14, 203-214.
- De Boever, J.L., Cottyn, B.G., Andries, J.I., Buysse, F.X., Vanacker, J.M. (1988): The use of a cellulase technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of forages. *Animal Feed Science and Technology* 19, 247-260.
- Derrick, R.W., Moseley, G., Wilman, D. (1993): Intake by sheep, and digestibility of chickweed, dandelion, dock, ribwort, and spurrey compared with perennial ryegrass. *J. Agric. Sci.* 120, 51-61.
- DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer (1997): 7. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt.
- Duncan, Sylvia, H., Flint, H.J., Stewart, C.S. (1998): Inhibitory activity of gut bacteria against *Escherichia coli* O157 mediated by dietary plant metabolites. *FEMS Microbiol. Letters* 164, 283-288.
- Elgersma, A., Schlepers, H. (1997): Performance of white clover/perennial ryegrass mixtures under cutting. *Grass and Forage Science* 52, 134-146.
- Frame, J., Newbold, P. (1986) Agronomy of white clover. *Advances in Agronomy* 40, 1-88.
- GfE (1997): Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für ernährungsphysiologie: Zum Proteinbedarf von Milchkühen und Aufzuchtrindern. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 6, 217-236.
- Hess, H.D., Machmüller, Andrea, Díaz, T.E., Kreuzer, M. (2001): Rusitec evaluation of the potential of saponin-rich tropical fruits to manipulate rumen fermentation and to reduce methanogenesis. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 10, 123.
- Hofmann, M., Isselstein, J. und Opitz v. Boberfeld, W. (1997): Entwicklung eingesäter Kräuter in *Lolium perenne*-Grasnarben und ihre Bedeutung für die Ertragsleistung der Bestände. *Pflanzenbauwissenschaften* 1, 35-41.
- Hopkins, A., Davies, A., Doyle, C. (1994) Clovers and other grazed legumes in UK pasture land. Institute of Grassland & Environmental (IGER) Technical Report No 1, 61p.
- Hopkins, A., Hrabec, F. (2001): Organic grassland farming and nature conservation. *Grassland Science in Europe* 6, 91-106.
- Isselstein, J., Ridder, P. (1993): Untersuchungen zum Trocknungsverlauf ausgewählter Grünlandkräuter unter kontrollierten Bedingungen. *Das wirtschaftseigene Futter* 39, 136-145.
- Isselstein, J. (1994): Zum futterbaulichen Wert verbreiteter Grünlandkräuter. *Habil. Schrift, Universität Gießen*, 157 S.
- Isselstein, J. und Daniel, P. (1996): The ensilability of grassland forbs. In: Parente, G., Frame, J., Orsi, S. (eds.), *Grassland and land use systems*, Proc. 16<sup>th</sup> Gen. Meet. Europ. Grassl. Federation, Grado, Italy, 451-455.
- Isselstein, J. (2002): Effect of perennial ryegrass variety on the performance of grass/clover and grass/clover/forb mixtures. *Grassland Science in Europe* 7, 312-313.
- Mahn, D. (1993): Untersuchungen zur Vegetation von biologisch und konventionell bewirtschaftetem Grünland. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 22, 127-134.
- Mainz, A.K., Isselstein, J., Daniel, P. und Opitz v. Boberfeld, W. (1996): Gäreigenschaften verbreiteter Grünlandkräuter. *Das wirtschaftseigene Futter* 42, 125-136.
- Makkar, H.P.S., Becker, K. (1997): Degradation of quillaja saponins by mixed culture of rumen microbes. *Letters Appl. Microbiol.* 25, 243-245.
- Makkar, H.P.S., Becker, K., Abel, H., Szegletti, C. (1995a): Degradation of condensed tannins by rumen microbes exposed to quebracho tannins (QT) in rumen simulation technique (RUSITEC) and effects of QT on fermentative processes in the RUSITEC. *J. Sci. Food Agric.* 69, 495-500.

- Makkar, H.P.S., Blümmel, M., Becker, K. (1995b): In vitro effects of and interactions between tannins and saponins and fate of tannins in the rumen. *J. Sci. Food Agric.* 69, 481-493.
- Meister, E., Lehmann, J. (1988): Nähr- und Mineralstoffgehalt von Wiesenkräutern aus verschiedenen Höhenlagen in Abhängigkeit vom Nutzungszeitpunkt. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* 27, 127-137.
- Min, B.R., Barry, T.N., Attwood, G.T., McNabb, W.C. (2003): The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106, 3-19.
- Russell, J.B., O'Connor, J.D., Fox, D.G., Van Soest, P.J., Sniffen, C.J. (1992): A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 70, 3551-3561.
- Salawu, M.B., Acamovic, T., Stewart, C.S., DeB.Hovell, F.D. (1997): Quebracho tannins with or without Browse Plus (a commercial preparation of polyethylene glycol) in sheep diets: effect on digestibility of nutrients in vivo and degradation of grass hay in sacco and in vitro. *Anim. Feed Sci. Technol.* 69, 67-78.
- Scheringer, J., Isselstein, J. (2001): Nitrogen budgets of organic and conventional dairy farms in North-West Germany. *Grassland Science in Europe* 6, 284-287.
- Slyter, L.L., Satter, L.D., Dinius, D.A. (1979): Effect of ruminal ammonia concentration on nitrogen utilization by steers. *J. Anim. Sci.* 48, 906-912.
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B. (1992): A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70, 3562-3577.
- Spatz, G., Baumgartner, A. (1990): Zur Bewertung der Grünlandkräuter als Futterpflanzen. *Das wirtschaftseigene Futter* 36, 79-91.
- Troxler, J., Thomet, P. (1988): Untersuchungen zur Ertragsleistung von kräuterreichen Wiesen. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* 27, 167-180.
- Wachendorf, M., Taube, F. (2001): Artenvielfalt, Leistungsmerkmale und bodenchemische Kennwerte des Dauergrünlands im konventionellen und ökologischen Landbau in Nordwestdeutschland. *Pflanzenbauwissenschaften* 5, 75-86.
- Weißbach, F. (1998): Untersuchungen über die Beeinflussung des Gärungsverlaufes bei der Bereitung von Silage durch Wiesenkräuter verschiedener Spezies im Aufwuchs extensiv genutzter Wiesen. *Landbauforschung Völkenrode*, SH 185.
- Weißbach, F. (1967): Die Bestimmung der Pufferkapazität der Futterpflanzen und ihre Bedeutung für die Beurteilung der Vergärbarkeit. *Tagungsber. Deut. Akad. Landwirtschaftswiss. Berlin* 92, 211-220.
- Weißbach, F., Berg, K. (1977): Untersuchungen zur vollständigen Erfassung des Trockensubstanzgehaltes von Silagen. 2. Mitteilung: Methoden zur Bestimmung und zur Korrektur des Trockensubstanzgehaltes. *Archiv Tierernährung* 27, 69-84.
- Weißbach, F., Honig, H. (1996): Über die Vorhersage und Steuerung des Gärungsverlaufes bei der Silierung von Grünfütter aus extensivem Anbau. *Landbauforschung Völkenrode*, Heft 1/1996, 10-17
- Wilman, D., Riley, G. (1993): Potential nutritive value of a wide range of grassland species. *J. Agric. Sci.* 120, 43-49.
- Younie, D., Hermansen, J. (2000): The role of grassland in organic livestock farming. *Grassland Science in Europe* 5, 493-509.