

Endbericht

Forschungsprojekt 100011

(Projektnummer 100308 an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein)

Optimierung der betriebseigenen Proteinversorgung von Milchkühen im ökologisch bewirtschafteten Grünland Österreichs

Projektnehmer

BOKU - Universität für Bodenkultur, Wien
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Nutztierwissenschaften
Gregor Mendel Straße 33
1180 Wien

Projektleiter

Ao. Univ. Prof. Dr. Wilhelm Knaus

Projektmitarbeiter

Dipl. Ing. Margit Velik

Berichtleger

Dipl. Ing. Margit Velik

Laufzeit: Oktober 2005 bis September 2007

Irdning, September 2007

DANKSAGUNG

Unser Dank gilt

Dr. Andreas Steinwider von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, für die Unterstützung bei der Formulierung der Fragestellungen und der Planung des Versuchsdesigns

PD. Dr. Roswitha Baumung für die Hilfe bei der statistischen Datenauswertung

der HBLA Ursprung, Elixhausen, für die Kooperation im Zuge derer uns ihre Milchviehherde zur Verfügung gestellt wurde sowie den am Lehrbetrieb der HBLA angestellten Personen (insbesondere dem Verwalter Franz Grießner) für die Hilfestellung bei der Versuchsdurchführung und

dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, dem Raiffeisenverband Salzburg, der Salzburger Landesregierung und Bio Austria für die finanzielle Unterstützung des vorliegenden Projektes.

INHALTSVERZEICHNIS

I	EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG.....	1
I.1	Allgemeine Einleitung.....	1
I.2	Zielsetzung und Fragestellung	3
II	TIERE, MATERIAL UND METHODIK.....	5
II.1	Allgemeine Versuchsbedingungen.....	5
II.2	Datenerhebung und Datenkalkulation	5
II.3	Fütterungsregime	6
II.4	Statistische Auswertung.....	9
III	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	10
III.1	Parzieller Ersatz von Zukaufskrafftutter durch betriebseigene Maissilage.....	10
III.1.1	Futteraufnahme und Milchleistung	10
III.1.2	Futterverwertung	12
III.1.3	Schlussfolgerungen	13
III.2	Maissilage als Energieergänzung in ökologischen Milchviehrationen.....	14
III.2.1	Futter- und Nährstoffaufnahme	14
III.2.2	Milchleistung und Futterverwertung.....	15
III.2.3	Schlussfolgerungen	17
III.3	Lupinen, Erbsen und Getreide als Ergänzung in ökologischen Milchviehrationen..	18
III.3.1	Futteraufnahme und Milchleistung	18
III.3.2	Futterverwertung	20
III.3.3	Schlussfolgerungen	21
IV	ALLGEMEINE DISKUSSION DER ERGEBNISSE	22
V	ALLGEMEINE SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	26
VI	ZUSAMMENFASSUNG	27
VII	SUMMARY	28
VIII	LITERATURVERZEICHNIS	29
IX	ANHANG.....	34

TABELLENVERZEICHNIS

Tab 1: Methodik zur Berechnung der Futterverwertung nach GfE (2001).....	6
Tab 2: Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel in Versuch I (g /kg T wenn nicht anders angegeben)	8
Tab 3: Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel in Versuch II (g /kg T wenn nicht anders angegeben)	8
Tab 4: Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel in Versuch III (g /kg T wenn nicht anders angegeben)	8
Tab 5: Effekt der Substitution von Kraftfutter durch Maissilage auf die tägliche Futter- und Nährstoffaufnahme	10
Tab 6: Effekt der Substitution von Kraftfutter durch Maissilage auf die tägliche Milchleistung und Futterverwertung	12
Tab 7: Einfluss der Energieergänzungsform (Maissilage vs. Getreide plus Heu) auf die tägliche Futter- und Nährstoffaufnahme	14
Tab 8: Einfluss der Energieergänzungsform (Maissilage vs. Getreide plus Heu) auf die tägliche Milchleistung und Futterverwertung	16
Tab 9: Effekt der Kraftfutterergänzung (energie- vs. proteinreich) auf die tägliche Futter- und Nährstoffaufnahme	18
Tab 10: Effekt der Kraftfutterergänzung (energie- vs. proteinreich) auf die tägliche Milchleistung und Futterverwertung	19

I EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

I.1 Allgemeine Einleitung

In Österreich wirtschaften 16% aller Milchviehbetriebe, das entspricht rund 9.000 Betrieben, nach den Richtlinien des ökologischen (biologischen) Landbaus (Kirner 2005a). Auffallend ist, dass rund 87% aller ökologischen Milchviehbetriebe in Berggebieten liegen (Kirner 2005b), was auf die bereits vor der Umstellung extensive Bewirtschaftung zurückzuführen sein dürfte. Die meiste ökologische Milch wird in Salzburg, gefolgt von Niederösterreich und Tirol erzeugt (Kirner 2005a). Nach Kirner (2005b) werden in Österreich 60% aller ökologischen Milchviehbetriebe im Haupterwerb geführt. Im Durchschnitt bewirtschaftet ein ökologischer Milchviehbetrieb 18 ha und hält 12 Milchkühe mit einer durchschnittlichen Laktationsleistung von 5.300 kg pro Kuh (Kirner 2005b). Werden nur jene Betriebe berücksichtigt, die dem Arbeitskreis Milchproduktion angehören, so liegt die durchschnittliche Leistung bei 6.200 kg (Eder 2005). Zwischen 1998 und 2001 ging die Zahl der ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetriebe deutlich zurück, was primär auf wirtschaftliche Gründe (geringe Produktpreise und Förderungen) und den hohen Aufwand für Aufzeichnungen und Kontrollen zurückzuführen sein dürfte (Schmid 2005). Aufgrund des Vorherrschens von Betrieben im Berggebiet sind 63% der ökologischen Milchviehbetriebe reine Grünlandbetriebe (Kirner und Schneeberger 2002). Die übrigen Betriebe bewirtschaften Grün- und Ackerland, wobei allerdings der Anteil an Ackerland mit 12% deutlich unter dem der konventionellen Milchviehbetriebe (27%) liegt.

Der ökologische Landbau hat zum Ziel ein integriertes, humanes und in Bezug auf Umwelt und Wirtschaft nachhaltiges landwirtschaftliches System aufzubauen und zu erhalten (Nicholas et al. 2004). In Hinblick auf die Milchproduktion bedeutet dies, den Zukauf von Krafffutter und Futtermittelzusatzstoffen zu minimieren, den Einsatz betriebseigener (Grund-)Futter zu maximieren, Nährstoffverluste (Stickstoff) durch Harn und Kot zu reduzieren, die Futterverwertung zu erhöhen und Futterkosten gering zu halten.

Gemäß den Richtlinien des ökologischen Landbaus muss in Wiederkäuerrationen zumindest 60% der Tagesration aus Grundfutter bestehen (EG 1999, Bio Austria 2006). Somit ist Grünland ein entscheidender Faktor in ökologischen Milchproduktionssystemen und konventionellen Low-input Systemen (Nicholas et al. 2004). Gras und Leguminosen (Klee) und deren Konserven sind die wichtigsten Proteinquellen für ökologisch gefütterte Milchkühe, wobei insbesondere Leguminosen essenziell für die Stickstoff-Fixierung, die Bodenstruktur und die Bodenfruchtbarkeit sind.

In der Wiederkäuerernährung tragen die Pansenmikroben durch die Synthese von Mikrobenprotein wesentlich zur Proteinversorgung des Tieres bei. Für ein optimales Mikrobenwachstum und eine hohe Mikrobenproteinsynthese ist eine balancierte ruminale Protein- und Energieversorgung essenziell (Nocek und Russell 1988). Das CNCPS (Cornell Net Carbohydrate- und Proteinsystem) unterscheidet nach der ruminalen Abbaurate eines Futtermittels fünf Protein- (A, B1, B2, B3, C) und vier Kohlenhydratfraktionen [A (Zucker), B1 (Stärke), B2 (verfügbare Zellwandbestandteile), C (nicht verfügbare Zellwandbestandteile)] (Sniffen et al. 1992). In Grundfutter, das sich aus Gras und Leguminosen zusammensetzt, ist die Proteinbereitstellung gewöhnlich höher als die Energiebereitstellung und vor allem verläuft der Protein-

abbau deutlich rascher als die Kohlenhydrat-Fermentation (Russell et al. 1992, Sniffen et al. 1992, Gruber et al. 2004). Daher dürfte die Verbesserung der ruminalen Protein- und Kohlenhydrat-Synchronisation eine effektive Möglichkeit sein, die Leistung und die Futterverwertung zu erhöhen.

Traditionell werden auf konventionellen aber auch ökologischen Milchviehbetrieben zur Ergänzung proteinreicher Grundfüttermittel hauptsächlich Krafftütermittel mit einem hohen Getreideanteil eingesetzt. Getreide hat einen hohen Gehalt an Stärke, welche im Pansen rasch fermentiert wird, ist einfach zu füttern und hat gegenüber Grundfütterergänzungen (Grundfüttermittel, welche die Grundfütterration ergänzen) eine geringe Grundfütterverdrängung. Einige Literaturquellen behandeln die Ergänzung mit energiereichen Grundfüttermitteln, beispielsweise Futterrüben, Getreide-Ganzpflanzensilagen, energiereichen Nebenprodukte oder Maissilage (Moran und Croke 1993, Huhtanen et al. 1995, Phipps 2002, Mogensen und Kristensen 2003, Eriksson et al. 2004, Givens und Rulquin 2004, Mitani et al. 2005). Eine ernährungsphysiologische Konsequenz dieser Substitution ist, dass die Getreidestärke durch andere Kohlenhydratquellen ersetzt wird.

Morrison und Patterson (2007) verglichen fünf verschiedene Ergänzungsfüttermittel (Grassilage, Weizen-Ganzpflanzensilage, Maissilage, ruminal schnell abbaubares Krafftüter, ruminal langsam abbaubares Krafftüter) und kamen zu dem Schluss, dass Maissilage die ernährungsphysiologisch wertvollste Ergänzung für weidende Milchkühe ist. Maissilage enthält ruminal verfügbare Faser, aber auch nennenswerte Mengen an ruminal abbaubarer Stärke (Sniffen et al. 1992). Weiters hält Sniffen et al. (1992) fest, dass die Stärke von silierten Körnern schneller im Pansen verdaut wird als die Stärke von getrockneten Körnern. Neue Studien zeigen, dass Maissilage auch im ökologischen Anbau eine verlässliche Grundfütterkomponente ist, die in vielen Grünlandgebieten angebaut werden kann und die Produktionskosten jenen von Kleegrassilage ähnlich sind (Altrichter et al. 2002).

Die Ergänzung von Grün- und Leguminosenfütter mit energiereichem Grundfütter und/oder Getreide führt zu einer Reduktion des Proteingehalts der Ration. Nach Tamminga (1992) und Castillo et al. (2000) soll der Rohproteingehalt von Milchviehrationen nicht über 150 g kg^{-1} Trockenmasse (T) liegen, da ansonsten die Stickstoff-Ausscheidungen sehr stark ansteigen. Nach einer Modellkalkulation von Pötsch und Gruber (2006) ist für eine Laktationsleistung von 8.000 kg (inklusive Trockenstehzeit) ein durchschnittlicher Rohproteingehalt von 132 g kg^{-1} T und ein Energiegehalt von 6.25 MJ NEL ausreichend. Steinwider und Gruber (2001) machten Modellkalkulationen zum Protein- und Energiebedarf von ökologisch gefütterten Milchkühen und schlussfolgerten, dass Rationen, die auf guten Silagen (Grassilage, Maissilage) und Getreide basieren, Laktationsleistungen bis 6.500 kg zulassen, ohne dass Proteinkrafftütermittel eingesetzt werden. Mehrere Studien behandelten die Auswirkungen einer Substitution von Proteinkrafftüter durch Getreide (Kröber et al. 1999, Stockdale 1999, Frank und Swensson 2002, Khalili et al. 2002, Mogensen und Kristensen 2002, Mogensen und Kristensen 2003, Mogensen et al. 2004).

Es herrscht allgemeiner Konsens, dass in den ersten zwei Laktationsmonaten die Leistung von hochlaktierenden Milchkühen häufig durch eine mangelnde Proteinversorgung limitiert wird, die nicht allein durch eine verbesserte Mikrobenproteinsynthese gedeckt werden kann. In der ökologischen Milchviehfütterung werden aufgrund des Verbotes von Extraktions-

schroten (Soja und Raps) hauptsächlich Erbsen, Bohnen (Sojabohnen und Ackerbohnen) und Lupinen (Wilkins und Jones 2000, Froidmont und Bartiaux-Thill 2004) als Proteinkraftfuttermittel eingesetzt. Alle drei Futtermittel gehören zu der Gruppe der Leguminosen und enthalten hohe Gehalte an Protein und Energie, wobei jedoch im Gegensatz zu Extraktionschroten das Protein von Leguminosen rasch im Pansen abgebaut wird. Daher wurden in einigen Studien unterschiedliche Methoden der Hitzebehandlung untersucht, um den Anteil an im Pansen unabbaubarem Protein zu erhöhen (Schneider 2005).

Das Füttern von Kraftfutter sollte nicht nur in der ökologischen Landwirtschaft aufgrund folgender Aspekte kritisch hinterfragt werden: den Kosten und der Verfügbarkeit von ökologisch erzeugtem Kraftfutter, der Verdrängung von Grundfutter, dem Verursachen von Nährstoff-Imbalancen, dem Einsatz von fossiler Energie sowie dem Einsatz von für die menschliche Ernährung geeigneten Nahrungsmitteln in der Wiederkäuerernährung. Trotzdem wird in der Milchviehfütterung der Einsatz hoher Kraftfuttermengen häufig damit gerechtfertigt, dass nur so der Energie- und Nährstoffbedarf von hochlaktierenden Kühen gedeckt werden kann (Trachsel et al. 2000, Sommer 2003, Mahlkow-Nerge 2004). Es dürfte jedoch zumindest im fortgeschrittenen Laktationsstadium ein beachtliches Potenzial geben, Protein- und Energiekraftfutter einzusparen. Die Zahl der Studien, welche die Reduktion des Kraftfuttereinsatzes behandeln, ist allerdings gering (Gruber et al. 1995, Haiger und Sölkner 1995, Steinshamm und Thuen 1999, Sehested et al. 2003).

I.2 Zielsetzung und Fragestellung

Das Projekt 'Optimierung der betriebseigenen Proteinversorgung von Milchkühen im ökologisch bewirtschafteten Grünland Österreichs' lief von 2005 bis 2007. Im Winter 2004/05 wurde bereits ein Fütterungsversuch durchgeführt, dessen Ergebnisse im vorliegenden Bericht ebenfalls beschrieben werden. Das Projekt wurde in Kooperation mit der HBLA Ursprung, Elixhausen, durchgeführt.

Ziel des vorliegenden Projektes war es folgende Aspekte zu beleuchten:

- die Notwendigkeit die Protein- und Energieversorgung von ökologisch gefütterten Milchkühen zu verbessern
- das Potenzial die Futter- und Stickstoff-Effizienz zu erhöhen
- Möglichkeiten und Einschränkungen im Einsatz ökologischer Milchviehrationen mit hohem Grundfutteranteil
- das Potenzial betriebseigene Maissilage als Alternative zu Zukaufskraftfutter und Getreide einzusetzen
- das Potenzial Proteinkraftfuttermittel durch Getreide zu ersetzen

Im vorliegenden Projekt wurden zusätzlich zu einem Studium der vorhandenen Literatur drei Fütterungsversuche (je ein Versuch pro Winterfütterungsperiode) durchgeführt, die jeweils 3 bzw. 4 Monate dauerten. Die Grundration bestand aus Kleegrassilage und geringen Mengen an Heu. Folgende Daten wurden erhoben bzw. errechnet: Futter- und Nährstoffaufnahme, Milchleistung und Milch Inhaltsstoffe, Lebendmasse und Body Condition Score, Protein- und Energiebilanz, Stickstoff-Effizienz, Futtermittelverwertung.

Ziel des ersten Fütterungsversuches war es, die Effekte einer partiellen Substitution von Zukaufskraftfutter durch betriebseigene Maissilage zu erheben. Im zweiten Versuch sollte geklärt werden, ob Maissilage und Getreide vergleichbare Energiequellen in ökologischen Milchviehrationen sind. Im dritten Versuch wurde untersucht, ob mit einer Getreideergänzung die gleiche Leistung erzielt werden kann wie mit einer Proteinkraftfuttermischung.

II TIERE, MATERIAL UND METHODIK

II.1 Allgemeine Versuchsbedingungen

Im Rahmen des Projektes wurden auf dem seit 1985 ökologisch bewirtschafteten Lehrbetrieb der HBLA Ursprung, Elixhausen, drei Milchvieh-Fütterungsversuche durchgeführt. Die Schule liegt auf 570 m Seehöhe, die durchschnittliche Niederschlagsmenge beträgt 1250 mm und die durchschnittliche Jahrestemperatur 8.5°C. Der Lehrbetrieb der Schule umfasst eine Milchkuhherde von circa 20 Holstein Friesian Kühen mit durchschnittlichen Laktationsleistungen von 7.500 kg Milch pro Kuh. Die Herde ist seit 2003 in einem planbefestigten Tief-Liegeboxen-Laufstall untergebracht, in den ein 2×3 Fischgrätmelkstand, eine Transponder gesteuerte Krafffutterstation und am Futtertisch ein Calan-Fressplatz-System zur Erhebung der Grundfutteraufnahme am Einzeltier integriert sind.

Der Lehrbetrieb umfasst eine landwirtschaftliche Nutzfläche von circa 38 ha. Hiervon sind 21.5 ha Grünland (10 ha 3-Schnittwiesen, 11.5 ha 4-Schnittwiesen) und 15 ha Ackerland. Am Ackerland wird hauptsächlich Klee gras (zur Silageerzeugung) angebaut. Seit 2003 wird auf einer Fläche von 2 ha Maissilage angebaut. Weiters werden geringe Mengen an Getreide (Gerste, Weizen, Roggen, Triticale) angebaut.

II.2 Datenerhebung und Datenkalkulation

Für die Fütterungsversuche wurde jeweils im Herbst von sämtlichen, in den Rationen eingesetzten Futtermitteln eine Futterprobe gezogen und auf die Inhaltsstoffe (Weender Analyse, Gerüstsubstanzen, Silagequalität, Mineral- und Spurenelemente) untersucht (VDLUFA 1976, ALVA 1983). Die Rationserstellung erfolgte unter Zugrundelegung der analysierten Futtermittel mit dem Rationsprogramm GH-Soft (Gsöls und Heidenbauer 2005).

Vor Versuchsbeginn wurde die Milchviehherde in zwei nach Laktationstag, Laktationszahl und Milchleistung annähernd gleiche Gruppen geteilt. Über einen Zeitraum von drei bis vier Wochen wurden die Kühe an das CALAN-Fressgittersystem und die Rationen angewöhnt.

Der erste Versuch war im kontinuierlichen Design angelegt und dauerte einschließlich der Angewöhnungsphase 12 Wochen. Der zweite und dritte Versuch waren im Change-over Design (2x2 Lateinisches Quadrat; nach der Hälfte des Versuches wurden die Gruppen vertauscht) angelegt und dauerten 15 bzw. 16 Wochen.

Während der Versuche wurde von jeder Kuh in vier Erhebungsperioden (drei Perioden in Versuch I) über einen Zeitraum von sechs Tagen die Grundfutteraufnahme (Kleegrassilage, Maissilage, Heu) erhoben. Das Grundfutter wurde vor dem Verfüttern mit einer Plattformwaage in Tröge bzw. Eimer eingewogen. Vor der nächsten Mahlzeit wurden die Futterreste jeder Kuh einzeln zurück gewogen. Die Erhebung der tierindividuellen Krafffutteraufnahme erfolgte täglich während des gesamten Versuches über eine Transponder gesteuerte Krafffutterstation. Von allen Futtermitteln und den Futterresten (Kleegrassilage, Heu) wurde vor Ort mindestens drei Mal pro Erhebungsperiode die Trockenmasse (T) (24 h bei 105°C) bestimmt.

Pro Erhebungsperiode wurde von jeder Rationskomponente und den Futterresten je eine Futterprobe genommen, welche sich aus einer an drei Tagen gezogenen Sammelprobe zusammensetzte. Die Futterproben wurden im Futtermittellabor Rosenau bzw. im Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding, auf ihre Inhaltsstoffe hin analysiert.

Die Kühe wurden täglich um 6:00 und 16:30 Uhr gemolken. Die tierindividuelle Milchleistung wurde täglich über die gesamte Versuchsdauer mit Hilfe eines Programms der Firma Westfa-

lia erhoben. Während jeder Erhebungsperiode wurden pro Kuh drei, über Morgen- und Abendmilch, gepoolte Milchproben gezogen und auf ihre Milchinhaltsstoffe (Fett, Eiweiß, Laktose, Zellzahl, Harnstoff) untersucht; außerhalb der Erhebungsperioden wurde wöchentlich eine Milchprobe pro Kuh gezogen. Im ersten Versuch wurden vierzehntägig tierindividuelle Milchproben gezogen.

Von alle Kühen wurde zu Versuchsbeginn und einmal pro Erhebungsperiode die Lebendmasse bestimmt. Zusätzlich wurde im zweiten und dritten Versuch alle vier Wochen der Body Condition Score (BCS) erfasst.

Die Daten zur Berechnung der Futtermittelverwertung basieren auf den Empfehlungen der GfE (2001) und sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tab 1: Methodik zur Berechnung der Futtermittelverwertung nach GfE (2001)

nXP, g	$\{11.93 - [6.82 \times (\text{UDP} / \text{XP})]\} \times \text{ME} + 1.03 \times \text{UDP}$ UDP = im Pansen unabbaubares Futterprotein, ME = metabolisierbare Energie
Ruminale Stickstoff Bilanz (RNB), g	$(\text{XP} - \text{nXP}) / 6.25$
Milchleistung je kg T-Aufnahme, kg	tägliche Milchleistung / tägliche T-Aufnahme
Krafffutter je kg Milch, g T	tägliche Krafffutter T-Aufnahme / tägliche Milchleistung
Milch N in % der N Aufnahme, %	$[(\text{tägliche Milchleistung} \times \text{Milchproteingehalt}) / 6.25] / (\text{tägliche XP Aufnahme} / 6.25) \times 100$
Milchleistung aus Grundfutter, %	$[(\text{NEL Aufnahme aus Grundfutter} - \text{NEL Bedarf für Erhaltung}) / \text{NEL Bedarf pro kg Milch}] \times 100 / \text{Milchleistung}$
nXP Bilanz, %	$\text{nXP Aufnahme} / \text{nXP Bedarf für Erhaltung und Milchleistung} \times 100$
NEL Bilanz, %	$\text{NEL Aufnahme} / \text{NEL Bedarf für Erhaltung und Milchleistung} \times 100$
Bedarf für Erhaltung, MJ NEL pro Tag	$0.293 \times \text{Lebendmasse}^{0.75}$
Bedarf für Milchleistung, MJ NEL pro Tag	$0.38 \times \text{Milchfettgehalt} + 0.21 \times \text{Milchproteingehalt} + 0.95$
Bedarf für Erhaltung, g nXP pro Tag	$(5.9206 \times \log(\text{Lebendmasse}) - 6.76 + 2.19 \times \text{kg T-Aufnahme} + 0.018 \times \text{Lebendgewicht}^{0.75}) \times 2.1$ (endogener Harn- und Kot-N, N-Oberflächenverluste)
Bedarf für Milchleistung, g nXP pro Tag	$(\text{tägliche Milchleistung} \times \text{Milchproteingehalt}) \times 2.1$

Zu Versuchsbeginn wurden für die im jeweiligen Versuch berücksichtigten Milchkühe folgende Leistungsparameter festgestellt:

Versuch I: 162 ± 82 Tage in Milch, 21.6 ± 4.3 kg Milch pro Tier und Tag, 3.2 ± 2.5 Laktationen

Versuch II: 105 ± 59 Tage in Milch, 25.9 ± 6.2 kg Milch pro Tier und Tag, 2.9 ± 1.8 Laktationen

Versuch III: 94 ± 57.7 Tage in Milch, 27.0 ± 6.8 kg Milch pro Tier und Tag, 2.6 ± 1.9 Laktationen

II.3 Fütterungsregime

Kleegrassilage, welche die Basis der drei Fütterungsversuche darstellte, wurde in allen Versuchen morgens und abends um 5:00 und 15:30 Uhr ad libitum (5-10% Futterreste) vorgelegt. Die Kleegrassilage bestand aus etwa 50% Gras (Grünland) und 50% Klee gras (Feldfutterbau). Die Grundfutterkomponenten (Kleegrassilage, Heu, Maissilage) wurden in den Ver-

suchen I und II als Einzelkomponenten gefüttert, im Versuch III wurde das Grundfutter als Ganzmischung (TMR) vorgelegt. Allen Kühen wurden täglich 50 g einer kommerziellen Mineralstoff- und Vitaminmischung über die automatische Kraffutterstation angeboten. Die Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel finden sich in den Tabellen 2 (Versuch I), 3 (Versuch II) und 4 (Versuch III).

Im **ersten Fütterungsversuch** wurden zusätzlich zur ad libitum Vorlage der Kleegrassilage mittags 1 - 2 kg Heu vorgelegt. Nach dem Rationsprogramm GH-Soft (Gsöls und Heidenbauer 2005) sollt diese Grundfütterration eine Milchleistung von 14 kg ermöglichen. Kühen der Gruppe K₁ wurde für 2 kg Milchmehrleistung je 1 kg einer pelletierten Zukaufskraffuttermischung (Alpenkorn, Fa. Garant) vorgelegt, die über die Transponder gesteuerte Kraffutterstation gefüttert wurde. Die Kraffuttergaben wurden während der 9-wöchigen Versuchsperiode zwei Mal an die aktuelle Milchleistung angepasst. In der Gruppe E₁ wurden 2/3 der durchschnittlichen Kraffutteraufnahme der Herde durch 3.0 kg betriebseigene Maissilage (bezogen auf die Trockenmasse) ersetzt. In der Gruppe E₁ wurde die pro Tier und Tag gefütterte Menge an Kraffutter und Maissilage über den gesamten Versuch konstant gehalten. Die Maissilage wurde morgens und abends in zwei gleichen Portionen, für einen Zeitraum von 15 Minuten, vor der Kleegrassilage vorgelegt.

Im **zweiten Versuch** wurden den Kühen wiederum mittags 1.5 kg Heu vorgelegt. Zusätzlich wurden Kühen der Gruppe M₂ je 2.5 kg Maissilage T und Kühen der Gruppe G₂ je 1 kg Getreide (geschrotet) und 0.5 kg Heu T gefüttert. Die Maissilage und die Getreidemischung wurden in zwei gleichen Portionen gemeinsam mit der Kleegrassilage vorgelegt. Die 0.5 kg Heu pro Tier und Tag wurden morgens gemeinsam mit der Kleegrassilage vorgelegt und sollten die Aufnahme an Kleegrassilage reduzieren. Die Gesamrationen sollten isoenergetisch sein. Die Ration aus Kleegrassilage, Heu und Maissilage bzw. Getreide sollte für 16.5 kg Milch reichen. Für 2 kg Milchmehrleistung wurde je 1 kg eines pelletierten Zukaufskraffutters (Alpenkorn, Fa. Garant) über die Kraffutterstation gefüttert.

Die Grundfütterration des **dritten Versuches** bestand aus 70% Kleegrassilage, 20% Maissilage und 10% Heu bezogen auf die Trockenmasse. Als Ergänzung zum Grundfutter wurden zwei pelletierte Kraffuttermischungen gefüttert. Die Kraffuttermischung der Gruppe P₃ bestand aus 41% weißen Lupinen (unbehandelt), 24% Erbsen, 12% Gerste, 12% Weizen, 7% Weizenkleie, 3% Melasse und 1% Sojabohnen (im Bericht als Proteinkraffutter bezeichnet). Die Kraffuttermischung der Gruppe C₃ bestand aus 44% Geste, 43%, Weizen, 9% Mais, 3% Melasse und 1% Sojabohnen (im Bericht als Getreidekraffutter bezeichnet). Die beiden Kraffuttermischungen wurden ab einer Milchleistung von 16.5 kg Milch in Mengen von 1 kg für 2 kg Milchmehrleistung verabreicht, wobei maximal 5 kg gefüttert wurden. Die beiden Kraffuttermischungen wurden über die automatische Kraffutterstation gefüttert und automatisch an die tägliche Milchleistung angepasst. Kühen, die mehr als 26.5 kg Milch pro Tag gaben, wurden zusätzlich maximal 4 kg eines pelletierten Zukaufskraffutters (Alpenkorn, Fa. Garant) über den Futtertisch vorgelegt.

Tab 2: Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel in Versuch I (g /kg T wenn nicht anders angegeben)

Inhaltsstoffe	Kleegras-silage	Heu	Maissilage	Zukaufskrafftutter
Trockenmasse (T)	293	896	359	883
Rohprotein (XP)	136	102	72	193
Rohasche (XA)	125	65	35	60
Rohfaser (XF)	263	376	183	105
Stärke			373	353
Neutrale Detergenzfaser (NDF)	463	659	422	336
Saure Detergenzfaser (ADF)	379	426	228	145
Netto-Energielaktation (NEL), MJ kg ⁻¹ T	5,8	4,5	6,7	7,6
nutzbares Rohprotein am Dünndarm (nXP)	128	109	132	183
Ruminale Stickstoff Bilanz (RNB)	1,4	-1,2	-9,6	1,6

Tab 3: Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel in Versuch II (g /kg T wenn nicht anders angegeben)

Inhaltsstoffe	Kleegras-silage	Heu	Maissilage	Zukaufskrafftutter	Getreide-Mischung
T	466	870	300	863	869
XP	160	110	76	171	107
XA	119	72	40	61	21
XF	220	283	200	82	33
XL	29	22	31	26	24
Stärke	ND	ND	304	414	673
NDF	430	586	452	309	171
ADF	279	336	232	118	45
NEL, MJ kg ⁻¹ T	6,0	5,4	6,5	7,5	8,5
nXP	136	121	130	171	165
RNB	3,8	-1,7	-8,7	0,0	-9,3

Tab 4: Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel in Versuch III (g /kg T wenn nicht anders angegeben)

Inhaltsstoffe	Grundfütteration (TMR)	Getreidekrafftutter	Proteinkrafftutter	Zukaufskrafftutter
T	286	880	880	880
XP	139	136	235	197
XA	100	25	38	64
XF	268	43	96	107
XL	32	27	39	38
Stärke	350	641	386	381
NDF	493	178	214	231
ADF	334	47	119	124
NEL, MJ kg ⁻¹ T	5,9	8,6	8,4	7,8
nXP	132	174	205	188
RNB	1,3	-6,1	4,8	1,4

II.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Versuche erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS (1999) und der Prozedur MIXED nach Modellen, die von Kaps und Lamberson (2004) entwickelt wurden. Als statistisch signifikant wurde ein P-Wert <0.05. Ein P-Wert zwischen 0.05 und 0.10 deutete auf einen tendenziellen Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten hin. Im ersten und zweiten Versuch wurden nur jene Parameter, die statistisch signifikant waren, im Modell belassen.

Modell Versuch I

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + P_k + (T*P)_{ik} + D_l + W_m + \epsilon_{ijklm}$$

wobei

Y_{ijklm} = beobachtetes Merkmal an der Kuh j in der Gruppe i und in der Periode k, μ = gemeinsame Konstante, T_i = fixer Effekt der Gruppe (E_1, K_1), P_k = fixer Effekt der Erhebungsperiode k (1, 2, 3), $(T*P)_{ik}$ = Wechselwirkung zwischen Gruppe und Erhebungsperiode, D_l = kontinuierlicher Effekt des Laktationstages, W_m = kontinuierlicher Effekt der Lebendmasse vor Versuchsbeginn, ϵ_{ijklm} = Restkomponente. Kuh in Gruppe wurde als zufälliger Effekt definiert [random kuh(gruppe)].

Modell Versuch II

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_k + \gamma_l + \delta_m + SUB(\beta)_{jk} + \epsilon_{ijklm}$$

Modell Versuch III

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_k + \gamma_l + SUB(\beta)_{jk} + \epsilon_{ijkl}$$

wobei

$Y_{ijkl(m)}$ = beobachtetes Merkmal an der Kuh j in der Gruppe i, der Order k und der Periode l, μ = gemeinsame Konstante, α_i = fixer Effekt der Gruppe i (G_2, M_2 bzw. C_3, P_3), β_k = fixer Effekt der Order k (I, II), γ_l = fixer Effekt der Erhebungsperiode l (1, 2, 3, 4), δ_m = kontinuierlicher Effekt des Versuchstages m, $SUB(\beta)_{jk}$ = zufälliger Effekt der Kuh j innerhalb der Order k, $\epsilon_{ijkl(m)}$ = Restkomponente.

III ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse und deren Diskussion findet sich in Velik, M. (2007). Optimisation of the protein supply and feed efficiency in organic dairy cows in Austrian grassland regions. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien.

III.1 Parzieller Ersatz von Zukaufskrafftutter durch betriebseigene Maissilage

III.1.1 Futteraufnahme und Milchleistung

In der vorliegenden Studie wurden 2/3 der durchschnittlichen Krafftutteraufnahme der Herde durch 2.7 kg Maissilage T ersetzt. Daher unterschieden sich die Rationen der Gruppen E₁ und K₁ im Krafftutteranteil, dem XP Gehalt der Ration und dem Maissilageinsatz. Bei der Interpretation der Ergebnisse müssen alle drei Faktoren berücksichtigt werden.

Die Gruppenmittelwerte (Lsmeans), die Residualstandardabweichungen (s_e) sowie die P-Werte der Futter- und Nährstoffaufnahme sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tab 5: Effekt der Substitution von Krafftutter durch Maissilage auf die tägliche Futter- und Nährstoffaufnahme

Merkmal	Gruppe		s _e	P
	K ₁	E ₁		
Maissilage Aufnahme, kg T	~	2,7		
Zukaufskrafftutter Aufnahme, kg T	3,6	1,3	0,21	0,017
Gesamtfutter Aufnahme, kg T	17,7	15,9	1,59	0,037
Grundfutter Aufnahme, kg T	14,0	14,7	1,53	0,122
Kleegrassilage Aufnahme, kg T	12,7	10,8	1,45	0,001
NEL Aufnahme, MJ	109	96	8,9	0,020
XP Aufnahme, g	2576	2044	204,1	0,001
nXP Aufnahme, g	2439	2101	195,4	0,007
RNB, g	22,0	-9,1	2,84	<0,001
NDF Aufnahme, g	7935	7367	735,0	0,030

In der vorliegenden Untersuchung war die tägliche Gesamtfutteraufnahme (15.7 vs. 17.7 kg T) und die Gesamtfutteraufnahme bezogen auf das metabolische Lebendgewicht (129 vs. 141 g, P=0.05) in der Gruppe E₁ deutlich niedriger als in K₁, was typisch ist, wenn der Krafftutteranteil der Ration reduziert wird (Faverdin et al. 1991, Gruber et al. 1999, Sehested et al. 2003, Mulligan et al. 2004). Das Füttern der Maissilage führte zu einer höheren Verdrängung an Kleegrassilage als das Füttern des Zukaufskrafftutters, was bereits in zahlreichen Untersuchungen belegt wurde (Phillips 1988, Gruber et al. 2005). Dies dürfte neben der höheren Schmackhaftigkeit des Krafftutters, auf Unterschiede in deren Inhaltsstoffen zurückzuführen sein. Maissilage enthält einen geringeren Trockenmasse- und einen höheren Fasergehalt, einen höheren Anteil an nicht abbaubaren Fraktionen und eine langsamere Abbaubarkeit der potenziell abbaubaren Fraktionen. Dies, obwohl in der vorliegenden Studie nicht untersucht, führt zu längeren ruminalen Passageraten und niedrigeren Futteraufnahmeleistungen.

Die Grundfutterverdrängung ist als Änderung der Grundfutteraufnahme pro kg zusätzlichem Kraftfutter definiert und hängt von der Grundfutterqualität, dem Kraftfutteranteil, dem Kraftfuttertyp und der Energiebilanz des Tieres ab (Faverdin et al. 1991). Die Grundfutteraufnahme war in der Gruppe E₁ numerisch höher (14.7 vs. 14.0 kg T), die kalkulierte Erhöhung der Grundfutteraufnahme von 0.3 kg T je kg Kraftfutterreduktion war jedoch deutlich unter den Erwartungen. Eine Erklärung hierfür könnte die mäßige Qualität der Kleeegrassilage (5.8 MJ NEL, 136 g XP kg⁻¹ T, pH 4.2, 9.4% Ammonium-N bezogen auf den Gesamt-N) und die moderaten Kraftfuttergaben in der Gruppe K₁ (20% der T) sein. Die errechnete Substitution von Kleeegrassilage durch Maissilage lag bei 0.70 kg T. Mitani et al. (2005) ergänzten bedarfsgerechte Rationen weidender Kühe mit 2 bzw. 4 kg Maissilage T und beobachteten eine Reduktion der Grünfutteraufnahme von 0.80 bzw. 0.45 kg T im Vergleich zu einer nicht supplementierten Gruppe. Phillips (1988) berichtete von Grundfutter-Verdrängungsraten durch Maissilage von 0.47 bis 1.40 kg T. Berücksichtigt man, dass in der vorliegenden Arbeit auch die Kraftfutteraufnahme der Gruppe E₁ deutlich reduziert war, so war die Substitutionsrate von 0.70 kg T über den Erwartungen.

In der Gruppe E₁ war die Aufnahme an XP, nXP und NEL signifikant niedriger als in der Gruppe K₁ (Tab. 5). Der durchschnittliche Energiegehalt beider Rationen lag bei 6.1 ± 0.31 MJ NEL. Der durchschnittliche XP Gehalt der Ration war in E₁ 129 ± 5.7 g kg⁻¹ und in K₁ 145 ± 9.0 g kg⁻¹. Die NEL Aufnahme der Gruppe E₁ war gegenüber der Gruppe K₁ um 12% und die XP Aufnahme um 21% reduziert.

Der Milchharnstoffgehalt und die RNB sind wertvolle, nicht-invasive Indikatoren zur Schätzung der Proteinversorgung der Pansenmikroben. Nach GfE (2001) können bis zu 20% des Stickstoff-Bedarfs der Pansenmikroben durch den ruminohepatischen Kreislauf gedeckt werden. Der Milchharnstoffgehalt soll zwischen 15 und 30 mg 100 ml⁻¹ liegen (Steinwider und Wurm, 1998). In der Gruppe E₁ war in Bezug auf den Milchharnstoffgehalt die Versorgung der Pansenmikroben zu niedrig, während die RNB mit -9 g innerhalb des tolerierbaren Bereiches lag. Die RNB könnte jedoch nach einer Arbeit von Steinwider und Gruber (2000), die eine ausgeglichene RNB bei Milchharnstoffgehalten von 21 g 100 ml⁻¹ fanden, leicht überschätzt worden sein.

Eine suboptimale Versorgung der Pansenmikroben führt zu einer reduzierten Aktivität der Mikroben, reduzierten ruminalen Abbauraten und Verdaulichkeiten und folglich reduzierter Futteraufnahme und Milchleistung (Paulicks und Kirchgessner 1986). Die tägliche Milchleistung sank in der Gruppe E₁ um 11% (17.5 kg vs. 19.7 kg), was auf die geringere XP und NEL Aufnahme zurückzuführen sein dürfte. Sinkende Milchleistungen aufgrund reduzierter Proteinaufnahmen wurden in zahlreichen Untersuchungen belegt (Paulicks und Kirchgessner 1986, Kalscheur et al. 1999, Frank und Swensson 2002, Nielsen et al. 2003). Kröber et al. (1999) fütterten Milchkühen Rationen mit 137, 125 bzw. 106 g XP bezogen auf die Trockenmasse über die gesamte Laktation. Obwohl die Gesamtfutteraufnahme mit sinkendem XP Gehalt zurückging, konnte keine Reduktion der Milchleistung festgestellt werden. In der vorliegenden Studie waren die Unterschiede in der Milchleistung zwar nicht signifikant, aber numerisch hoch. Daher kann spekuliert werden, dass bei einer längeren Versuchsperiode und einer größeren und homogeneren Herde die Unterschiede signifikant gewesen wären. Die Milchinhaltstoffe wurden bis auf den Milchharnstoffgehalt (14.1 vs. 16.6 mg 100 ml⁻¹ in den Gruppen E₁ und K₁) von dem Ergänzungsfuttermittel nicht beeinflusst (Tab. 6).

Die durchschnittliche Lebendmasse lag in den Gruppen E₁ und K₁ bei 618 bzw. 632 kg. Es konnte weder ein signifikanter Effekt des Ergänzungsfuttermittels auf das Lebendgewicht

($P=0.67$) noch eine Wechselwirkung zwischen Gruppe und Erhebungsperiode festgestellt werden.

III.1.2 Futtermittelverwertung

Die Ergebnisse der Milchleistung und Futtermittelverwertung sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tab 6: Effekt der Substitution von Kraftfutter durch Maissilage auf die tägliche Milchleistung und Futtermittelverwertung

Merkmal	Gruppe		s_e	P
	K_1	E_1		
Milch, kg	19,7	17,5	1,18	0,186
Proteingehalt, g kg^{-1} Milch	31,5	31,2	0,91	0,744
Fettgehalt, g kg^{-1} Milch	40,2	40,5	3,89	0,809
Laktosegehalt, g kg^{-1} Milch	47,9	47,9	0,97	0,939
Harnstoffgehalt, mg 100 ml^{-1}	16,6	14,1	2,48	0,019
Zellzahl, $\times 10^3 ml^{-1}$	85	125	64,5	0,376
Milch pro kg T-Aufnahme, kg	1,09	1,11	0,129	0,815
Milchleistung aus Grundfutter, %	79,5	94,8	19,06	0,027
Kraftfutter pro kg Milch, g T	165	67	13,9	0,011
Milch N in % der N Aufnahme, %	23,7	27,0	3,01	0,031
nXP Bilanz, %	117,6	113,8	6,51	0,156
NEL Bilanz, %	109,7	104,4	9,41	0,084

Die Futtermittelverwertung hängt von Rations-, Tier- und Management-Faktoren ab. In der vorliegenden Studie war die Kraftfuttermittelverwertung, errechnet als Unterschied in der Milchleistung zwischen E_1 und K_1 dividiert durch den Unterschied in der Kraftfuttermittelaufnahme, mit 1.0 kg Milch pro zusätzlichem kg Kraftfutter in K_1 relativ niedrig. Besonders am Ende des Versuches näherte sich die Milchleistung der Gruppe K_1 jener der Gruppe E_1 an, woraus geschlossen werden kann, dass zumindest ab einem mittlerem Laktationsstadium der Nutzen von hohen Kraftfuttermittelergänzungen gering ist. Die errechnete Kraftfuttermittelaufnahme pro kg Milch war in der Gruppe E_1 um 60% (67 vs. 165 g T) niedriger als in K_1 . Der Grundfutteranteil der Ration lag in der Gruppe E_1 bei 92% und in der Gruppe K_1 bei 80%.

Die Menge an N, die über die Milch ausgeschieden wird, in % der N-Menge, die über das Futter aufgenommen wird, ist die Stickstoff-Effizienz. Nach Tamminga (1996) liegt die maximale N-Effizienz bei 30%. Nach Goelma et al. (1996) sind Effizienzen über 25% nur bei XP Gehalten von 12-15% möglich. In der vorliegenden Studie lag die N-Effizienz mit 27% in der Gruppe E_1 um 3 Prozentpunkte höher als in K_1 . Zahlreiche Autoren beschrieben eine Verbesserung der Stickstoff-Effizienz durch reduzierte Proteingehalte, reduzierte Kraftfuttermittelanteile und/oder die Ergänzung mit Maissilage (Aarts et al. 1993, Kalscheur et al. 1999, Steinshamm und Thuen 1999, Givens und Rulquin 2004). Da in der vorliegenden Studie diese Faktoren jedoch miteinander vermengt sind, kann keine verlässliche Aussage zum Parameter mit dem größten Einfluss gemacht werden.

In beiden Gruppen war die Versorgung mit Protein und Energie deutlich über den Bedarfsempfehlungen der GfE (2001) (Tab. 6). Die Überversorgung könnte durch das fortgeschrittene Laktationsstadium (162. Laktationstag zu Versuchsbeginn) bedingt sein, da mit fortschreitendem Laktationsstadium Nährstoffe und Energie zum Aufbau von Körperreserven verwen-

det werden, dies jedoch in den Kalkulationen nicht berücksichtigt wurde. Die Energiebilanz war in der Gruppe K₁ ähnlich der einer dänischen Studie, die von Kristensen und Mogensen (1999) durchgeführt wurde und in der 14 ökologische Milchvieherden mit durchschnittlichen Krafftutterniveaus von 1.200 kg pro Laktation untersucht wurden. Obwohl die Unterschiede in der Energie- und Proteinbilanz nicht signifikant waren, zeigte sich in der Gruppe E₁ ein leichter Trend zu einer ausgeglicheneren Bilanz. Dies stimmt teilweise mit Ergebnissen von Sehested et al. (2003) überein, die den Krafftutteranteil der Ration von 39 auf 19% reduzierten und eine merkliche Verbesserung der Energiebilanz feststellten. Bei einer Krafftutterreduktion von 19% auf 0% war jedoch die Verbesserung nur mehr marginal. Steinshamm und Thuen (1999) fütterten zwei unterschiedliche Krafftutterlevels (5 und 25% Krafftutter bezogen auf die gesamte Energieaufnahme) an Kühen, die in ähnlichen Laktationsstadien wie jene in der vorliegenden Studie waren, und fanden keine Unterschiede in der Energiebilanz. Die Proteinbilanz war jedoch in der Gruppe mit geringem Krafftutteranteil deutlich ausgeglichener. Trotzdem war bei Steinshamm und Thuen (1999) die Proteinbilanz bei der krafftutterreduzierten Gruppe mit 23% deutlich weiter über dem Bedarf als in der vorliegenden Studie. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen fütterten Mitani et al. (2005) weidenden Kühen 2 bzw. 4 kg Maissilage T und fanden keine Unterschiede in der Energie- und Stickstoff-Verwertung. Sie schlussfolgerten, dass die Verwertung durch die geringen Proteingehalte der Ration begrenzt wurde.

III.1.3 Schlussfolgerungen

Die Proteinversorgung war in der mit Maissilage supplementierten Gruppe relativ gering, was durch den Milchharnstoffgehalt und die RNB belegt wurde. Daher sollte beim Einsatz von Maissilage die Grundfutterqualität berücksichtigt werden, damit die Leistung nicht durch eine suboptimale Proteinversorgung begrenzt wird. Trotz eines Milchleistungsrückganges von 11% war die errechnete Milchleistung aus dem Grundfutter in der Gruppe E₁ signifikant erhöht und die Krafftutteraufnahme pro kg Milch signifikant reduziert. Weiters wurde ein Trend zu einer besseren Stickstoff-Effizienz und Futterverwertung festgestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass zumindest in der zweiten Laktionshälfte ein beachtliches Potenzial besteht, Krafftuttergaben in ökologischen Milchviehrationen zu reduzieren und mit Maissilage zu ersetzen.

III.2 Maissilage als Energieergänzung in ökologischen Milchviehrationen

III.2.1 Futter- und Nährstoffaufnahme

In zahlreichen Milchvieh-Fütterungsversuchen wurde die Ergänzung von proteinreichen Grundfütterationen mit Maissilage untersucht (Stockdale 1994, Holden et al. 1995, Mitani et al. 2005). Andere Studien behandelten den Einsatz unterschiedlicher Kohlenhydratquellen in Milchviehrationen (Visser und Hindle 1993, Visser 1996, Castillo et al. 2001, Mogensen und Kristensen 2003, Eriksson et al. 2004). Untersuchungen, die Maissilage und Getreide als Energieergänzung vergleichen, gibt es allerdings nur wenige. Getreide enthält im Gegensatz zu Maissilage deutlich mehr Stärke (70 vs. 40%), während der Anteil an Hemizellulose und Zellulose in der Maissilage deutlich höher ist (45 vs. 20%) (Gruber et al. 2005, Taferner 2006).

In der vorliegenden Studie wurden auf Kleegrassilage basierende Rationen entweder mit 1 kg Getreide und 0.5 kg Heu (Gruppe G₂) bzw. 2.1 kg Maissilage (Gruppe M₂) bezogen auf die Trockenmasse ergänzt. Die beiden Rationen waren annähernd isoenergetisch (6.4 vs. 6.3 MJ NEL kg⁻¹ T). Aus der Literatur geht hervor, dass bei niedrigen Ergänzungsniveaus die Kohlenhydratquelle nur einen geringen Effekt auf Futteraufnahme, Milchleistung und Milchinhaltstoffe hat (Leaver 2002). Daher wurden in den meisten Studien Rationen mit deutlich höheren Energieergänzungsniveaus als in diesem Versuch gewählt.

In der vorliegenden Studie wurden der Proteingehalt der Kleegrassilage und die Aufnahme an Kleegrassilage trotz der vor Versuchsbeginn durchgeführten Analysen und Rationsberechnungen unterschätzt. Daher hätten die Mengen an Energieergänzung durchaus höher sein können.

Die Gruppenmittelwerte (Lsmeans), die Residualstandardabweichungen (s_e) sowie die P-Werte für die Futter- und Nährstoffaufnahme sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tab 7: Einfluss der Energieergänzungsform (Maissilage vs. Getreide plus Heu) auf die tägliche Futter- und Nährstoffaufnahme

Merkmal	Gruppe		s _e	P
	G ₂	M ₂		
Maissilage Aufnahme, kg T	~	2,1		
Getreide Aufnahme, kg T	1,0	~		
Heu Aufnahme, kg T	1,2	0,7	0,37	<0,001
Zukaufskraftfutter Aufnahme, kg T	3,0	3,0	0,45	0,916
Gesamtfutter Aufnahme, kg T	18,6	18,7	2,19	0,599
Grundfutter Aufnahme, kg T	14,6	15,7	1,70	<0,001
Kleegrassilage Aufnahme, kg T	13,4	12,9	1,67	0,005
NEL Aufnahme, MJ	118	117	10,66	0,726
XP Aufnahme, g	2885	2801	277,3	0,011
nXP Aufnahme, g	2637	2618	240,7	0,506
RNB, g	39,5	29,1	6,83	<0,001
NDF Aufnahme, g	7630	7900	763,6	0,003
ADF Aufnahme, g	4532	4672	483,6	0,014
XL Aufnahme, g	522	541	52,0	0,003

Die Grundfutteraufnahme (Kleegrassilage, Maissilage, Heu) war in der Gruppe M₂ deutlich höher als in der Gruppe G₂ (15.7 vs. 14.6 kg T). Die tägliche Aufnahme an Grassilage war jedoch in M₂ um 0.5 kg niedriger als in G₂. Aufgrund der unterschiedlichen Aufnahmen an Energieergänzungsfutter kann jedoch kein Rückschluss auf die Grundfutterverdrängung gezogen werden. Die Aufnahme an Zukaufskrafftutter betrug in beiden Gruppen durchschnittlich 3.0 kg T. Daraus errechnete sich bei durchschnittlichen täglichen Milchleistungen von 23.2 kg ein relativ hoher Grundfutteranteil in der Ration (79% in G₂ vs. 85% in M₂, P<0.01).

Keine Unterschiede zwischen den Gruppen wurden für die Aufnahme an Gesamtfutter, Energie und nXP festgestellt (Tab. 7). Im Gegensatz zur nXP Aufnahme war jedoch die Aufnahme an XP in M₂ signifikant niedriger als in G₂. Daraus resultierten XP Gehalte der Ration von 149 bzw. 157 g kg⁻¹ T (P<0.01). Die tägliche RNB war ebenfalls in M₂ mit 29 g im Gegensatz zu 40 g in G₂ signifikant reduziert, lag jedoch in beiden Gruppen innerhalb des tolerierbaren Bereiches.

Im vorliegenden Versuch war die Proteinbilanz (errechnet als nXP Aufnahme in % des Bedarfes) in beiden Gruppen mit durchschnittlich plus 13% deutlich positiv (Tab. 8). Gründe hierfür könnten in der ad libitum Aufnahme der Kleegrassilage sowie in Unstimmigkeiten bei der Schätzung des Protein- und Energiebedarfs nach den Empfehlungen der GfE (2001) sein.

Die Aufnahme an Heu war in der Gruppe G₂ mit 1.2 kg T signifikant höher als in M₂. Trotzdem lag die Heuaufnahme deutlich unter den Erwartungen (6 vs. 4% der Gesamtfutteraufnahme). Gründe hierfür könnten einerseits die mäßige Heuqualität aber andererseits auch die kurze, auf zwei Stunden (12:30 - 14:30) begrenzte Vorlagedauer sein. Die Aufnahme an XF, NDF und ADF war in der Gruppe M₂ um 3 - 4% höher, was als statistisch signifikant abgesichert werden konnte (Tab. 7). Dieser Unterschied resultierte primär aus dem unterschiedlich hohen Fasergehalt der Energieergänzungen.

III.2.2 Milchleistung und Futtermittelverwertung

Zahlreiche Autoren beschäftigten sich mit dem Einfluss unterschiedlicher Kohlenhydratergänzungen auf Milchleistung und Milchinhaltsstoffe. Widersprüche in den Ergebnissen sind häufig auf unterschiedliche Kohlenhydratquellen, Grundfutter-Ergänzungsmengen und Grundfutterqualitäten zurückzuführen. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass gute Grundfutterqualitäten zu einer hohen Grundfutterverdrängung und dadurch zu geringen Änderungen in den Leistungsparametern führen (Faverdin et al. 1991, Bargo et al. 2003).

In der vorliegenden Studie wurde die tägliche Milchleistung, die in beiden Gruppen bei durchschnittlich 23.2 kg Milch pro Tier lag (Tab. 8), nicht von der Energieergänzung beeinflusst. Dies stimmt mit Ergebnissen von Visser et al. (1990) und Castillo et al. (2001) überein, die Milchkühen Krafftuttermittel mit unterschiedlichen Gehalten an Nichtstruktur- bzw. Struktur-Kohlenhydraten fütterten und keinen Einfluss auf die Gesamtfutteraufnahme, die Energieaufnahme und die Milchleistung feststellten. Demgegenüber fütterten Moran und Croke (1993) weidenden Milchkühen - bei gleichem Energiegehalt der Energieergänzungen - unterschiedliche Mengen an Maissilage bzw. Weizen und beobachteten numerisch höhere Milchleistungen in den mit Weizen supplementierten Gruppen. Dieser Unterschied könnte jedoch nicht auf die Kohlenhydratquelle, sondern auf die tendenziell höhere Energieaufnahme und/oder die geringere Weidesubstitution in der Weizengruppe zurückzuführen sein.

Ausgewählte Parameter der Milchleistung und Futtermittelverwertung sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tab 8: Einfluss der Energieergänzungsform (Maissilage vs. Getreide plus Heu) auf die tägliche Milchleistung und Futterverwertung

Merkmal	Gruppe		s _e	P
	G ₂	M ₂		
Milch, kg	23,3	23,1	1,59	0,360
ECM, kg	23,1	23,3	1,86	0,431
Proteingehalt, g kg ⁻¹ Milch	32,0	31,8	1,25	0,197
Fettgehalt, g kg ⁻¹ Milch	40,9	42,4	4,10	0,012
Fettmenge, g	949	974	109,5	0,094
Laktose, g kg ⁻¹ Milch	47,2	47,9	11,38	0,617
Harnstoffgehalt, mg 100 ml ⁻¹	20,8	19,7	3,74	0,035
Zellzahl, x10 ³ ml ⁻¹	98	106	107,2	0,611
Milchleistung aus Grundfutter, %	70,1	81,6	2,76	<0,001
Milch N in % der N Aufnahme, %	25,5	26,1	16,39	0,075
nXP Bilanz, %	112,7	112,5	6,47	0,788
NEL Bilanz, %	104,9	103,8	8,79	0,264

In der vorliegenden Studie wurde der Milchproteingehalt nicht von der Energieergänzung beeinflusst, was mit Ergebnissen von Huhtanen et al. (1995) übereinstimmt, aber im Widerspruch zu Moran und Croke (1993) steht. Der Milchfettgehalt war jedoch in der Gruppe M₂ signifikant höher als in der Gruppe G₂. Es ist allgemein bekannt, dass die Menge an im Pansen fermentierbarer Faser und somit die Produktion von Essigsäure einen entscheidenden Einfluss auf den Milchfettgehalt hat. Nichtsdestotrotz wurde in einigen Studien, die stärke- und faserhaltige Energieergänzungen verglichen, kein Unterschied im Milchfettgehalt festgestellt, wenn gleich die NDF Aufnahmen in den mit Faser supplementierten Gruppen signifikant höher waren (Moran und Croke 1993, Huhtanen et al. 1995, Castillo et al. 2001).

Der Milchnharnstoffgehalt, der sich zwischen 15 und 30 mg 100 ml⁻¹ bewegen soll (Steinwider und Wurm 1998), war in der Gruppe M₂ numerisch geringfügig, aber signifikant niedriger (19.7 vs. 20.8 mg 100 ml⁻¹) als in G₂. Hristov und Ropp (2003) fütterten zwei Energieergänzungen aus ruminal fermentierbaren Nichtstruktur-Kohlenhydraten (Gerste, Melasse) bzw. ruminal fermentierbarer Faser (Trockenschnitzel, getrockneter Biertreber, Mais) und fanden deutlich reduzierte Milchnharnstoffgehalte in der mit ruminal fermentierbarer Faser ergänzten Gruppe. Mit den Daten der vorliegenden Studie kann jedoch nicht beurteilt werden, ob die niedrigeren Harnstoffgehalte in M₂ auf die reduzierte Proteinaufnahme, eine Erhöhung der im Pansen fermentierbaren Kohlenhydrate oder eine Verbesserung der Stickstoff-Verwertung im Pansen zurückzuführen ist.

Im Allgemeinen ist die Verwertung von Stickstoff bei Milchkühen mit 22 bis 30% eher gering (Castillo et al. 2000, Huhtanen et al. 2003, Givens und Rulquin 2004). Es ist allgemein anerkannt, dass geringe Stickstoff-Effizienzen zum Teil auf zu hohe Proteingehalte der Ration und eine unbalancierte Protein- und Energieversorgung der Pansenmikroben zurückzuführen sind. Die N-Effizienz kann jedoch durch die Ergänzung mit energiereichen Futtermitteln verbessert werden. In der vorliegenden Studie ergab sich in der Gruppe M₂ eine leichte Verbesserung der Stickstoff-Effizienz (26.1 vs. 25.5%, P=0.08). Die geringe Herdengröße ließ allerdings keine dritte, nur auf Kleegrassilage und Heu basierende Fütterungsgruppe zu, weshalb keine Aussage über die N-Effizienz ohne Energieergänzung gemacht werden kann.

Mit den vorliegenden Daten kann keine eindeutige Aussage zu Änderungen in der Lebendmasse und im Body Condition Score der Gruppen gemacht werden. Die unterschiedliche Energieergänzung schien keinen Einfluss auf die Lebendmasse (durchschnittlich 649 kg, $P=0.56$) und auf den Body Condition Score (durchschnittlich 3.2 Punkte, $P=0.83$) zu haben. Das Fehlen von Unterschieden könnte zumindest teilweise auf die geringen Mengen an Energieergänzung sowie auf das Fehlen von Unterschieden in der Gesamtfutter- und Energieaufnahme zurückzuführen sein.

III.2.3 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie zeigt, dass bereits mit geringen Mengen an Energieergänzungsfutter die Proteinversorgung und die Milchhaltsstoffe merklich beeinflusst werden können. Obwohl nur 11% der Gesamtfuttermenge aus Maissilage bestanden, wurden die XP Aufnahme, die RNB und der Milchharnstoffgehalt deutlich reduziert und die Stickstoff-Effizienz gegenüber der mit Getreide supplementierten Gruppe leicht verbessert. Es kann allerdings keine verlässliche Aussage dahingehend gemacht werden, ob diese Verbesserungen auf die reduzierte XP Aufnahme, eine verbesserte ruminale Energieversorgung oder eine erhöhte ruminale Stickstoffverwertung zurückzuführen sind. Die Milchleistung wurde von der Energieergänzung nicht negativ beeinflusst, allerdings war unter Umständen das Ergänzungsniveau zu gering, um Unterschiede in der Leistung sichtbar zu machen. Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass moderate Mengen an Maissilage Getreide ergänzen können, ohne dass negative Effekte auf die Leistung auftreten. Höhere Ergänzungsniveaus und niedrigere Proteingehalte der Ration könnten jedoch zu anderen Ergebnissen führen.

III.3 Lupinen, Erbsen und Getreide als Ergänzung in ökologischen Milchviehrationen

III.3.1 Futteraufnahme und Milchleistung

Im vorliegenden Versuch unterschieden sich die Gruppen C₃ (mit Getreide supplementierte Gruppe) und P₃ (mit einer Mischung aus Lupinen, Erbsen und Getreide supplementierte Gruppe) in der Krafftterzusammensetzung und im XP Gehalt der Rationen. Daher müssen beide Faktoren bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Der XP Gehalt der Rationen lag in der Gruppe C₃ bei 143 g kg⁻¹ T und bei 159 g kg⁻¹ T in der Gruppe P₃ (P<0.01). Die Getreidemischung hatte einen deutlich niedrigeren XP Gehalt (136 vs. 235 g kg⁻¹ T), einen etwas höheren Energiegehalt (8.6 vs. 6.4 MJ NEL kg⁻¹ T) und einen deutlich höheren Stärkegehalt (641 vs. 389 g kg⁻¹ T) als die Kraffttermischung aus Lupinen, Erbsen und Getreide.

Die Gruppenmittelwerte (Lsmeans), die Residualstandardabweichungen (s_e) und die P-Werte der Futter und Nährstoffaufnahme sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tab 9: Effekt der Krafftterergänzung (energie- vs. proteinreich) auf die tägliche Futter- und Nährstoffaufnahme

Merkmal	Gruppe		s _e	P
	C ₃	P ₃		
Protein- bzw. Getreidekrafftter Aufnahme, kg T	2,9	2,8	0,74	0,901
Zukaufskrafftter Aufnahme, kg T	0,8	0,8	0,51	0,901
Grundfutter Aufnahme, kg T	13,4	13,1	0,69	0,040
Gesamtfutter Aufnahme, kg T	17,1	16,7	1,14	0,197
NEL Aufnahme, MJ	110	107	8,6	0,202
XP Aufnahme, g	2454	2681	226,0	0,001
nXP Aufnahme, g	2427	2464	199,1	0,481
RNB, g	4,3	34,7	10,62	<0,001
NDF Aufnahme, g	7343	7249	402,4	0,374
ADF Aufnahme, g	4743	4832	271,5	0,212
XL Aufnahme, g	545	565	43,1	0,075

Die Aufnahme an Getreide- bzw. Proteinkrafftter war in beiden Gruppen ähnlich (2.9 kg T in C₃ vs. 2.8 kg T in P₃). Das Füttern der Getreidemischung erhöhte im Gegensatz zum Proteinkrafftter die Grundfutteraufnahme numerisch geringfügig. Dieser Unterschied konnte statistisch abgesichert werden (13.4 vs. 13.1 kg T, P=0.04). Der Unterschied in der Grundfutteraufnahme spiegelte sich auch in der Gesamtfutteraufnahme wider, wenngleich hier die Unterschiede nicht signifikant waren. Die Gesamtfutteraufnahme war mit 16.7 kg T in P₃ und 17.1 kg T in C₃ relativ niedrig, was hauptsächlich auf den geringen Trockenmassegehalt der Kleegrassilage (286 g T kg⁻¹ T) zurückzuführen sein dürfte. Kröber et al. (1999) beobachteten sinkende Grundfutter- und Gesamt-Futteraufnahmen, wenn der XP Gehalt der Ration von 137 auf 125 und 108 g kg⁻¹ T abgesenkt wurde und führten dies auf eine reduzierte Fermentation und Verdaulichkeit der Ration im Pansen zurück. Stockdale (1999) fütterte weidenden Milchkühen entweder eine Getreidemischung oder eine Mischung aus Lupinen und Getreide und konnte keinen Unterschied in der Aufnahme an Grünfutter und Gesamtfutter feststellen. Mogensen und Kristensen (2002) verglichen Gerste und eine isoenergetische Mischung aus

Gerste und Rapskuchen als Ergänzung zu Kleegrassilage und Ganzpflanzensilage und fanden ebenfalls keine Unterschiede in der Grundfutter- und Gesamtfuttermittelaufnahme.

Die Aufnahme an Rohfett war in der Gruppe P₃ tendenziell höher. Obwohl es mit den vorliegenden Daten nicht belegt werden kann, könnte die höhere Aufnahme an Rohfett und die in den Lupinen enthaltenen Bitterstoffe für eine reduzierte Pansenfermentation und folglich die geringere Futtermittelaufnahme in der Gruppe P₃ verantwortlich sein. Nichtsdestotrotz waren die Unterschiede in der Futtermittelaufnahme numerisch klein (2% der Trockenmasseaufnahme) und dürften daher keine große praktische Bedeutung haben.

Keine Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten sich in der Aufnahme an Faser (NDF, ADF), Energie und nXP (Tab. 9). Im Gegensatz zur nXP Aufnahme war die Aufnahme an XP in der Gruppe C₃ jedoch signifikant niedriger. Folglich war auch die RNB in C₃ signifikant niedriger (4 vs. 35 g), aber dennoch in beiden Gruppen innerhalb des optimalen Bereiches (GfE 2001). Die ausgeglichene Versorgung der Pansenmikroben mit Protein und Energie spiegelte sich auch im Milchnitrogengehalt wider, der zwischen 15 und 30 mg 100 ml⁻¹ liegen soll (Steinwider und Wurm 1998). Der Milchnitrogengehalt lag in der Gruppe C₃ mit 17 mg 100 ml⁻¹ signifikant unter dem der Gruppe P₃ (22 mg 100 ml⁻¹) (Tab. 10). Dass mit reduzierten Proteingehalten der Milchnitrogengehalt gesenkt werden kann, wurde auch von Kröber et al. (1999) und Steinwider und Gruber (2000) nachgewiesen. Nach Tamminga (1992) und Castillo et al. (2000) soll der XP Gehalt von Milchviehrationen nicht über 150 g kg⁻¹ T liegen, da ansonsten die Stickstoffverluste über Milch und Harn sehr stark ansteigen. Im Vergleich, die mit Getreide ergänzten Rationen von Stockdale (1999) und Mogensen und Kristensen (2002) hatten durchschnittliche XP Gehalte von 155 g kg⁻¹ T, während die proteinreichen Rationen durchschnittliche XP Gehalte von 180 g kg⁻¹ T hatten. In der vorliegenden Studie lagen die XP Gehalte beider Rationen deutlich unter diesen Werten. Dies dürfte den in Österreich allgemein niedrigeren Einsatz von Proteinfuttermitteln (und die niedrigeren XP Gehalte der Rationen) in (ökologischen) Milchviehrationen widerspiegeln (Pötsch und Gruber 2006). Die Milchleistung und die Milchhaltsstoffe wurden mit Ausnahme des Milchnitrogen- und Milchproteingehaltes von der Kraffuttermittelergänzung nicht beeinflusst (Tab. 10).

Tab 10: Effekt der Kraffuttermittelergänzung (energie- vs. proteinreich) auf die tägliche Milchleistung und Futtermittelverwertung

Merkmal	Gruppe		s _e	P
	C ₃	P ₃		
Milch, kg	23,9	23,9	1,38	0,936
ECM, kg	23,4	23,3	1,60	0,713
Proteingehalt, g kg ⁻¹ Milch	29,1	28,6	1,80	0,009
Fettgehalt, g kg ⁻¹ Milch	40,2	40,3	3,08	0,809
Laktosegehalt, g kg ⁻¹ Milch	47,5	47,3	0,78	0,142
Zellzahl, ×10 ³ ml ⁻¹	126	162	144,5	0,127
Harnstoffgehalt, mg 100 ml ⁻¹	16,7	22,2	3,01	<0,001
Grundfutteranteil der Ration, %	80,4	80,4	4,41	0,773
Milchleistung aus Grundfutter, %	62	58	6,3	0,046
N in Milch in % der N Aufnahme, %	28,0	25,5	1,82	<0,001
ECM kg ⁻¹ T-Aufnahme, kg	1,35	1,37	0,061	0,180
nXP Bilanz, %	114	116	4,7	0,057
NEL Bilanz, %	99	97	5,2	0,056

Stockdale (1999) beobachtete beim Einsatz einer Lupinen-Gerste Ergänzung signifikant höhere Milchleistungen und schlussfolgerte, dass nicht der höhere Proteingehalt, sondern die unterschiedliche Kohlenhydratquelle (geringerer Stärkegehalt und höherer ADF Gehalt) für die höheren Leistungen verantwortlich seien. Mogensen und Kristensen (2003) fütterten Gerste oder eine Kraffttermischung aus Weizenkleie, Erbsen, Sojabohnen und Lupinen und fanden eine signifikant niedrigere Milchleistung mit der Gerste-Ergänzung. Sie führten dies auf den mit $128 \text{ g kg}^{-1} \text{ T}$ niedrigen XP Gehalt, die geringe ruminale Proteinbilanz, den hohen Stärkegehalt der Ration und die reduzierte ruminale Futterverdaulichkeit zurück. Es ist Stand des Wissens, dass hohe Krafftteranteile zu reduzierten pH Werten im Pansen, Pansenübersäuerung und verminderter ruminale Futterverdaulichkeit führen. In der vorliegenden Studie dürften jedoch die moderaten Ergänzungsmengen, deren Vorlage in mehreren, kleinen Portionen erfolgte, und die ausgewogene Grundfütterration diesen Effekt vermindert haben. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Kröber et al. (1999) und Mogensen und Kristensen (2002) konnten im vorliegenden Versuch keine Unterschiede in der Milchleistung gefunden werden, was jedoch den Ergebnissen von Mogensen et al. (2004) teilweise widerspricht. Mogensen et al. (2004) verglichen Getreide, eine Mischung aus Rapssamen und Getreide und Rapskuchen als Ergänzung zu einer ad libitum Grundfütterration aus Kleegrassilage, Ganzpflanzensilage und Graspellets. Im ersten Fütterungsversuch wurde die Milchleistung beim Füttern der Rapssamen-Getreide Mischung erhöht, im zweiten Fütterungsversuch blieb die Milchleistung jedoch unbeeinflusst.

Der Milchproteingehalt war in der Gruppe C₃ mit $29.1 \text{ g kg}^{-1} \text{ T}$ signifikant höher als in der Gruppe P₃, dennoch waren die Proteingehalte in beiden Gruppen eher niedrig (Tab.10). In Übereinstimmung mit diesem Ergebnis fanden Stockdale (1999), Mogensen und Kristensen (2002), Mogensen und Kristensen (2003) und Mogensen et al. (2004) in den mit Getreide ergänzten Gruppen zumindest eine numerische Verbesserung des Milchproteingehaltes. Visser (1996) fasste zusammen, dass durch eine ausgeglichene ruminale Protein- und Energieversorgung die aminogene Versorgung der Milchdrüsen verbessert werden kann und dadurch der Milchproteingehalt ansteigt. Da der vorliegende Versuch jedoch nur auf nicht-invasiven Methoden beruht, kann nur spekuliert werden, dass Stärke eine bessere Energiequelle für die Mikrobenproteinsynthese ist als jene von Lupinen und Erbsen.

In der vorliegenden Studie wurde weder die Lebendgewichtsentwicklung ($640 \pm 64.6 \text{ kg}$, $P=0.42$) noch der Body Condition Score (3.2 ± 0.50 , $P=0.19$) von der Krafftterergänzung beeinflusst.

III.3.2 Futterverwertung

Die Kalkulationen der Futterverwertung beruhen auf den Empfehlungen der GfE (2001) und sind in Tabelle 10 dargestellt. Der Grundfutteranteil in den Rationen war in beiden Gruppen mit durchschnittlich 80%, bei täglichen Milchleistungen von durchschnittlich 24 kg, sehr hoch. Weller und Bowling (2004) untersuchten ein ökologisches Milchproduktionssystem, in dem kein Krafftter zukauf und dessen Rationen nur mit betriebseigenem Getreide supplementiert wurden. Sie errechneten bei Laktationsleistungen von 5.500 kg einen durchschnittlichen Grundfutteranteil in der Ration von 92%. In der vorliegenden Studie war die errechnete Krafftteraufnahme (Protein-, Getreide- und Zukaufskrafftter) in beiden Gruppen bei $131 \text{ g T kg}^{-1} \text{ Milch}$. Die errechnete Menge an ECM (Energie korrigierter Milch) pro kg Trockenmasseaufnahme lag bei 1.36 kg. Khalili et al. (2002) fütterten Milchkühen entweder eine Hafer-Gerste

Mischung, Rapsextraktionsschrot oder eine Mischung aus Rapsextraktionsschrot und Erbsen als Ergänzung zu Kleeegrassilage und kalkulierten bei durchschnittlichen täglichen Milchleistungen von 22 kg ECM Leistungen von 1.37 bis 1.40 kg⁻¹ T-Aufnahme.

Der Stickstoff in der Milch in % der Stickstoff Aufnahme ist ein errechneter Wert für die Stickstoff-Effizienz. Dalgaard et al. (1998) fanden auf ökologischen Milchviehbetrieben Stickstoff-Effizienzen zwischen 25 und 28%. Huhtanen et al. (2003) analysierten 55 hauptsächlich finnische Fütterungsversuche und fanden Effizienzen von durchschnittlich 28% (Schwankungsbreite 20-39%). In der vorliegenden Studie war die Stickstoff-Effizienz mit 28% in der Gruppe C₃ signifikant höher als in der Gruppe P₃, was mit der allgemeinen Meinung, dass niedrigere XP Gehalte die Effizienz verbessern, einhergeht (Goelema et al. 1996, Kalscheur et al. 1999, Khalili et al. 2002). Mogensen und Kristensen (2002) führten, wie oben beschrieben, zwei Fütterungsversuche durch und fanden im ersten Versuch eine deutlich höhere Stickstoff-Effizienz in der Gersten-Gruppe (26 vs. 23%), wohingegen im zweiten Experiment kein eindeutiger Unterschied festgestellt werden konnte (23 vs. 22%).

Die Energie- und Proteinbilanz wurden als NEL bzw. nXP Aufnahme in % des Bedarfes für Erhaltung und beobachtete Milchleistung definiert. In der Gruppe C₃ zeigte sich ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Energiebedarf und Versorgung. Zwischen den beiden Gruppen wurde jedoch ein tendenzieller Unterschied beobachtet. Die Energiebilanz war in beiden Gruppen knapp unter dem Bedarf. Demgegenüber untersuchten Kristensen und Mogensen (1999) 14 ökologische Milchkuhherden mit durchschnittlichen Laktationsleistungen von 6.600 kg über drei Winterperioden und fanden Energieversorgungen, die durchschnittlich 12% über dem Bedarf lagen. In der vorliegenden Studie war die nXP Aufnahme mit 14 bzw. 16% deutlich über den Empfehlungen der GfE (2001), was mit Untersuchungen von Velik et al. (2007) übereinstimmt. Velik et al. (2007) führten einen Milchviehfütterungsversuch durch, in dem Maissilage und Getreide als Energieergänzung zu Kleeegrassilage verglichen wurden. Velik et al. (2007) fanden ähnlich positive Proteinbilanzen wie in der vorliegenden Studie. Gründe hierfür könnten die ad libitum Vorlage der Kleeegrassilage, eine leichte Überschätzung des nXP Gehaltes der Kleeegrassilage und/oder Fehler bei der Berechnung des Proteinbedarfes (GfE 2001) sein.

III.3.3 Schlussfolgerungen

Die Hypothese, dass Getreide eine Kraffttermischung aus Lupinen, Erbsen und Getreide ersetzen kann, ohne dass die Futterraufnahme und die Leistung beeinträchtigt werden, wurde bestätigt. Weiters wurde die Stickstoff-Effizienz in der mit Getreide supplementierten Gruppe verbessert. Die Ergebnisse der Studie weisen darauf hin, dass in ökologischen Milchviehrationen auch bei hohen Leistungen Proteinkrafftter häufig nicht notwendig ist, sofern die Qualität des Grundfutters sehr gut ist. Aufgrund der geringen Anzahl von Studien wären weitere Versuche zu dieser Thematik wünschenswert.

IV ALLGEMEINE DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Ziel der vorliegenden Studie war es folgende Aspekte zu beleuchten: die Möglichkeiten und Grenzen eines hohen Grundfuttereinsatzes in ökologischen Milchviehrationen, die Notwendigkeit die Protein- und Energieversorgung von ökologisch gefütterten Milchkühen zu verbessern sowie das Potenzial die Futter- und Stickstoff-Effizienz zu erhöhen.

In einer typischen, österreichischen Grünlandregion mit den klimatischen Gegebenheiten, um auch Feldfutterbau betreiben zu können (570 m NN, 1250 mm Jahresniederschlag, 8.5°C durchschnittliche Jahrestemperatur), wurden drei, auf Kleeegrassilage basierende Fütterungsversuche mit einer Milchviehherde von circa 20 Tieren durchgeführt. Im ersten Versuch wurde Zukaufskrafftutter mit einem üblichen XP Gehalt von 190 g kg⁻¹ T (Gruppe K₁) teilweise durch Maissilage (Gruppe E₁) ersetzt. Im zweiten Versuch wurde Maissilage (Gruppe M₂) als Alternative zu Getreide (Gruppe G₂) eingesetzt und im dritten Versuch wurde Getreide (Gruppe C₃) anstatt einer Krafftuttermischung aus Lupinen, Erbsen und Getreide eingesetzt (Gruppe P₃).

Die Vergleichbarkeit der drei Versuche ist schwierig, da die Grundfutterqualität, der Proteingehalt der Rationen, die Grundfütterergänzung, der Krafftutteranteil, die durchschnittliche Milchleistung und das Laktationsstadium in den Versuchen unterschiedlich waren. Die in der vorliegenden Studie eingesetzten Rationen stellen jedoch typische, auf ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben Österreichs eingesetzte Rationen dar.

In der vorliegenden Studie bestand die Kleeegrassilage aus rund 50% Gras und 50% Klee-gras. Die Qualität der Kleeegrassilage variierte von mittelmäßig (136 g XP, 5.8 MJ NEL kg⁻¹ T in Versuch I) bis gut (151 g XP, 6.0 MJ NEL kg⁻¹ T in Versuch III) und sehr gut (160 g XP, 6.0 MJ NEL kg⁻¹ T in Versuch II). Die Maissilage war in allen Versuchen von guter Qualität (6.6 MJ NEL, 350 g Stärke kg⁻¹ T), während das Heu nur von mäßiger bis geringer Qualität war. Obwohl Heu ein sehr gut geeignetes Grundfuttermittel für Milchkühe ist, war der Anteil an Heu aufgrund der geringen Qualität in den Rationen unter 10% (1 - 2 kg pro Tier und Tag) bezogen auf die Trockenmasse. Die eingesetzten Mengen an Maissilage lagen zwischen 2 und 4 kg T pro Tier und Tag.

In der vorliegenden Studie lag die Grundfutter-Aufnahme (Silage und Heu) zwischen 13.1 (Gruppe P₃) und 14.6 kg T (Gruppe E₁). Die Grundfutter-Aufnahme war in den Gruppen E₁, M₂ bzw. C₃ signifikant höher als in den Gruppen K₁, G₂ bzw. P₃. Dies dürfte hauptsächlich auf die geringere Krafftutterraufnahme in den Gruppen E₁, M₂ und C₃ zurückzuführen sein (Faverdin et al. 1991). Nach Faverdin et al. (1991) hängt die Substitution von Grundfutter durch Krafftutter hauptsächlich vom Krafftutteranteil der Ration, dem Grundfuttermittel (Art und Qualität) und dem Krafftuttermittel ab. Durchschnittlich nahmen die Tiere zwischen 15.9 (Gruppe E₁) und 18.6 kg Futtertrockenmasse (Gruppen M₂ und G₂) auf. Die Gesamtfutterraufnahme wurde mit Ausnahme des ersten Versuches vom Ergänzungsfuttermittel nicht beeinflusst. Im ersten Versuch war die Aufnahme an Energie und nutzbarem Rohprotein am Dünndarm (nXP) in der Gruppe E₁ signifikant niedriger als in K₁. In den beiden anderen Versuchen wurden die Energie und nXP Aufnahme nicht vom Ergänzungsfuttermittel beeinflusst.

Die durchschnittliche tägliche Grundfutteraufnahme bezogen auf die Gesamtfutteraufnahme lag bei 80% (Gruppen K₁, G₂, C₃ und P₃), 85% (Gruppe M₂) und 92% (Gruppe E₁). Die durchschnittliche Krafffutteraufnahme pro kg produzierter Milch lag zwischen 70 g (Gruppe E₁) und 190 g Frischmasse (F) (Gruppen K₁ und G₂). Weller und Bowling (2004) verglichen zwei ökologische Milchproduktionssysteme, deren Kühe entweder mit Zukaufskrafffutter oder mit am Betrieb erzeugtem Getreide gefüttert wurden, und errechneten Grundfutteranteile von 70 - 75% (System mit Zukaufskrafffutter) und 92 - 93% (System mit betriebseigenem Getreide) bei Laktationsleistungen von 6.400 bzw. 5.500 kg Milch. Der österreichische Arbeitskreis Milchproduktion veröffentlichte durchschnittliche Krafffuttergaben zwischen 220 g F kg⁻¹ Milch (6.000 kg Laktationsleistung) und 330 g F kg⁻¹ Milch (8.000 kg Laktationsleistung) auf ökologischen Milchviehbetrieben (Eder 2005). Weller und Bowling (2004) errechneten Krafffuttergaben von 80 g F kg⁻¹ Milch (System mit betriebseigenem Getreide) und 250 g F kg⁻¹ Milch (System mit Zukaufskrafffutter) bezogen auf die Frischmasse.

Im zweiten und dritten Fütterungsversuch wurde die tägliche Milchleistung nicht vom Ergänzungsfuttermittel beeinflusst (23 bzw. 24 kg Milch), im ersten Versuch war jedoch die Milchleistung in der Gruppe E₁ deutlich niedriger als in der Gruppe K₁ (17.5 vs. 19.7 kg). Die Milch-inhaltsstoffe wurden, bis auf den Milchharnstoffgehalt, den Fettgehalt in Versuch II und den Proteingehalt in Versuch III, nicht vom Ergänzungsfuttermittel beeinflusst. Der Milchfettgehalt wurde erhöht, wenn Getreide durch Maissilage ersetzt wurde, und der Milchproteingehalt wurde erhöht, wenn Getreide anstatt einer Lupinen-Erbсен-Getreide Mischung gefüttert wurde. Der Milchproteingehalt lag zwischen 28.6 und 32.0 g kg⁻¹ Milch und war somit in allen Gruppen eher niedrig. Es ist allgemein bekannt, dass der Milchfettgehalt maßgeblich vom Fasergehalt der Ration beeinflusst wird (Spiekers und Potthast 2004). In der vorliegenden Studie lag der Milchfettgehalt zwischen 40.2 und 42.4 g kg⁻¹ Milch, was auf eine gute Versorgung mit Faser schließen lässt. Der durchschnittliche Anteil der Rationen an neutraler Detergenzfaser (NDF) lag zwischen 41.5 und 46.2% in der Trockenmasse.

In der vorliegenden Studie schwankten die Rohprotein (XP) Gehalte der Rationen zwischen 129 und 159 g kg⁻¹ T. In den Gruppen E₁, M₂ und C₃ lagen die XP Gehalte mit 129, 149 bzw. 143 g kg⁻¹ T signifikant niedriger als in K₁, G₂ und P₃ (145, 157 bzw. 159 g XP kg⁻¹ T). In den Gruppen G₂ und P₃ lag der XP-Gehalt der Ration über 150 g kg⁻¹, was von Tamminga (1992) und Castillo (2000) als das obere Limit gesehen wird, um Stickstoffverluste gering zu halten. In der Wiederkäuerernährung sind die Protein- und Energieversorgung eng miteinander verknüpft (Russell et al. 1992). Zur Schätzung der Protein- und Energieversorgung der Pansenmikroben und somit des Wiederkäuers sind die tägliche ruminale Stickstoffbilanz (RNB) der Ration sowie der Milchharnstoffgehalt wertvolle Indikatoren (Schepers und Meijer 1998, Steinwider et al. 1998, GfE 2001). In der vorliegenden Studie lag die RNB zwischen 40 und - 9 g. Der Milchharnstoffgehalt, der sich zwischen 30 und 15 mg 100 ml⁻¹ bewegen soll (Steinwider und Wurm 1998), lag zwischen 22 und 14 mg 100 ml⁻¹. Der Milchharnstoffgehalt war in den Gruppen E₁, M₂ bzw. C₃ signifikant niedriger als in den jeweiligen Vergleichsgruppen. Der Milchharnstoffgehalt und die RNB lagen, mit Ausnahme des Milchharnstoffgehaltes in E₁, in allen Gruppen innerhalb des empfohlenen Bereiches. In Hinblick auf Futteraufnahme, Milchleistung, RNB und Milchharnstoffgehalt schien die Protein- und Energieversorgung im zweiten und dritten Versuch sowie in der Gruppe K₁ des ersten Versuches ausreichend. In der Gruppe E₁ dürfte jedoch die Proteinversorgung (zu) knapp gewesen sein.

Die Bilanzen für nXP und Energie wurden als Aufnahme in Prozent des Bedarfes für Erhaltung und beobachtete Milchleistung kalkuliert (GfE 2001). Die errechnete Aufnahme an nXP war in allen Gruppen deutlich über dem Bedarf (11 bis 18%). Die energetische Versorgung lag im ersten und zweiten Versuch mit 4 bis 10% ebenfalls über dem Bedarf, wohingegen die Energiebilanz im dritten Versuch leicht negativ war. Mögliche Erklärungen für die positiven nXP Bilanzen könnten die ad libitum Vorlage von Kleegrassilage über den ganzen Tag, eine leichte Überschätzung des errechneten nXP Gehaltes als auch Unstimmigkeiten in der Ermittlung des Protein- und Energiebedarfs sein. Interessant ist, dass, obwohl mehrere Parameter auf eine (zu) knappe Proteinversorgung in der Gruppe E₁ hinweisen, die nXP Bilanz trotzdem positiv (+14%) war. Eine Erklärung hierfür könnte das fortgeschrittene Laktationsstadium (durchschnittlich 162 Laktationstage am Beginn des Versuches) und die moderaten Milchleistungen sein (Kristensen und Mogensen 1999, Steinshamm und Thuen 1999, Sehested et al. 2003).

Aus der Literatur geht hervor, dass die Stickstoff-Effizienz (errechnet als N in Milch in % der N Aufnahme) von Milchviehrationen mit 20 bis 30% relativ gering ist (Goelma 1996, Dalgaard et al. 1998, Castillo et al. 2000, Givens und Rulquin 2004). Die Stickstoff-Effizienz hängt von zahlreichen Faktoren wie dem Laktationsstadium, der Milchleistung, der Futteraufnahme und dem Proteingehalt der Ration ab. In Übereinstimmung mit der Literatur lag die Stickstoff-Effizienz in der vorliegenden Studie zwischen 22 und 28%. Die Stickstoff-Effizienz wurde leicht verbessert, indem Krafffutter teilweise durch Maissilage ersetzt wurden (Versuch I und II) und Getreide anstatt eines Krafffutters aus Lupinen, Erbsen und Getreide gefüttert wurde (Versuch III). Anhand der vorliegenden Daten kann jedoch nicht beurteilt werden, ob diese Verbesserung auf die reduzierte Proteinaufnahme, die unterschiedlichen Energiequellen, eine verbesserte und stärker ausgewogene Energie- und Proteinversorgung im Pansen oder eine verbesserte Mikrobenproteinsynthese zurückzuführen ist. Daher wäre es wünschenswert, in einem zukünftigen Projekt an der HBLA Ursprung, Elixhausen, Harnproben zu ziehen und auf Purinderivate zu untersuchen. Hiermit ließen sich wertvolle Rückschlüsse auf die Mikrobenproteinsynthese im Pansen ziehen (Morrison und Patterson 2007), was wiederum bei der Bewertung von Futtermitteln, die als Ergänzung zu Grundfütterationen gefüttert werden, hilfreich wäre.

Die Lebendmasse und der Body Condition Score der Tiere wurden in keinem der Versuche vom Ergänzungsfuttermittel beeinflusst. Dies könnte einerseits durch die nur geringen Unterschiede in der Energie- und Nährstoffversorgung zwischen den Gruppen begründet sein. Ein weiterer Grund, der auch die allgemeine Aussagekraft der Versuchsergebnisse etwas einschränkt, könnte die doch eher geringe Tierzahl und die Heterogenität (unterschiedliche Laktationsstadien, Milchleistungen, Laktationszahlen) der Herde sein. Des Weiteren wurden die Tiere vor dem Wiegen nicht von den Tränken und dem Futtertisch separiert, weshalb die Genauigkeit einer einmaligen Wiegung, zumal es sich auch noch um eine mechanische und keine elektronische Waage handelte, kritisch hinterfragt werden muss.

Bei einem zukünftigen Forschungsprojekten an der HBLA Ursprung, Elixhausen, wäre es wünschenswert, dass nicht nur wie in der hier vorliegenden Studie Fütterungsversuche durchgeführt werden, sondern das gesamte Produktionssystem ganzheitlich betrachtet wird

(Erhebung von Daten zu Grünlandbewirtschaftung und Feldfutterbau, Erhebung von Daten zur Tiergesundheit).

V ALLGEMEINE SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die vorliegende Studie zeigt, dass Maissilage in Grünlandregionen, in denen Feldfutterbau möglich ist, auch unter ökologischen Anbaubedingungen eine relativ leicht kultivierbare und ernährungsphysiologisch wertvolle Grundfutterkomponente ist. Ökologisch angebaute Maissilage liefert gute Erträge (durchschnittlich 8.200 kg Trockenmasse pro ha) und Qualitäten (6.6 MJ NEL, 350 g Stärke kg⁻¹ T). Die Ergebnisse der Arbeit belegen, dass Maissilage in klee-grasbetonten Rationen - die in ökologischen Milchproduktionssystemen häufig eingesetzt werden - eine wertvolle Ergänzung ist. Dadurch können der Proteingehalt der Ration und folglich die Stickstoffausscheidungen der Tiere reduziert und eine stärker ausgewogene Bilanz zwischen ruminaler Protein- und Energieversorgung sichergestellt werden.

Die Ergänzung proteinreicher Grundfutterrationen mit moderaten Mengen an Maissilage (2 - 4 kg T) ist geeignet, um den Einsatz von Kraftfutter (Getreide) zu reduzieren. Der Einsatz von betriebseigener Maissilage trägt dazu bei, externe Nährstoffzukäufe in Form von Kraftfutter zu reduzieren und somit einen möglichst geschlossenen Betriebskreislauf zu gewährleisten. Des Weiteren wird durch den Einsatz von Maissilage der Grundfutteranteil in ökologischen Milchviehrationen erhöht.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass in der ökologischen Milchviehfütterung ein beachtliches Potenzial besteht Proteinkraftfuttermittel einzusparen. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie sind in österreichischen Milchproduktionssystemen mit Rationen, die sich aus Grundfutter und moderaten Getreidemengen zusammensetzen, tägliche Milchleistungen von 25 kg erzielbar, ohne dass es zu einer Unterversorgung der Kühe an Protein kommt. Hierzu sind jedoch hohe Grundfutterqualitäten (Richtwerte: 140 g XP und 6.0 MJ NEL kg⁻¹ T) und hohe Grundfutteraufnahmen sowie eine optimale Abstimmung von Protein-, Energie- und Faserbereitstellung im Pansen Voraussetzung. Durch die Kombination von Klee-grassilage, Heu und Maissilage können diese Anforderungen erfüllt werden.

In ökologischen Milchviehrationen besteht ein Potenzial spätestens ab der zweiten Laktationshälfte Kraftfutter einzusparen, wobei hier die Grundfutterqualität nicht mehr so hoch, aber dennoch in Bezug auf den Protein- und Energiegehalt ausgeglichen sein soll. Aufgrund der Prinzipien der ökologischen Landwirtschaft sollte kritisch hinterfragt werden, ob in ökologischen Milchviehrationen Kraftfutter zur Leistungssteigerung oder hauptsächlich zum Energie- und Nährstoffausgleich der Grundfutterration eingesetzt werden soll.

Durch den Einsatz von Maissilage, die Reduktion von Getreide und Proteinkraftfutter und die damit verbundene Reduktion der Proteinaufnahme und des Proteingehaltes der Ration wird dazu beigetragen, die Stickstoff- und Futterverwertung zu verbessern.

Die Ergebnisse der Arbeit weisen darauf hin, dass mit typischen österreichischen Milchviehrationen die Protein- und Energieversorgung von Öko-Milchkühen sichergestellt werden kann (Laktationsleistungen von 7.000 bis 7.500 kg). Auf Höchstleistungen ist aber jedenfalls zu verzichten.

VI ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Arbeit war es folgende Aspekte der ökologischen Milchviehfütterung zu beleuchten: die Proteinversorgung von ökologisch gefütterten Milchkühen, den Einsatz betriebseigener (Grund)Futtermittel und die Futtermittelverwertung. Hierfür wurden drei auf Kleeegrassilage basierende Fütterungsversuche durchgeführt. Pro Versuch wurden jeweils zwei Milchviehrationen, die sich im Krafftutteranteil, dem Proteingehalt und/oder dem Ergänzungsfuttermittel unterschieden, hinsichtlich Futter- und Nährstoffaufnahme, Milchleistung und Futtermittelverwertung untersucht.

Ziel von Versuch I war es den Einfluss eines partiellen Ersatzes von Krafftutter durch Maissilage zu untersuchen. Hierzu wurden in der Gruppe E₁ im Vergleich zur Gruppe K₁ 2/3 der durchschnittlichen Krafftutteraufnahme der Herde durch 2.7 kg Maissilage Trockenmasse (T) ersetzt. Versuch II verglich Getreide und Maissilage als Energiequellen in Milchviehrationen. Hierfür wurden die Rationen entweder mit 1 kg Getreide und 0.5 kg Heu (Gruppe G₂) oder 2.1 kg Maissilage T (Gruppe M₂) ergänzt. Versuch III verglich eine Getreideergänzung (Gruppe C₃) mit einem Krafftutter aus Lupinen, Erbsen und Getreide (Gruppe P₃).

In Versuch I war in der Gruppe E₁ die Aufnahme an Krafftutter, Gesamtfutter, Energie und nutzbarem Rohprotein im Dünndarm (nXP) signifikant niedriger als in K₁. In den Versuchen II und III hatte das Ergänzungsfuttermittel keinen Einfluss auf diese Merkmale. In allen Versuchen wurde die Rohprotein (XP) Aufnahme signifikant vom Ergänzungsfuttermittel beeinflusst, wobei sie in den Gruppen E₁, M₂ und C₃ signifikant niedriger war als in K₁, G₂ und P₃. Daraus resultierten in E₁, M₂ und C₃ signifikant niedrigere XP Gehalte der Rationen (129, 149 bzw. 143 g /kg T), ruminale N Bilanzen (RNB) und Milchharnstoffgehalte (14 - 20 mg /100 ml).

Die Proteinbilanz (errechnet als Aufnahme an nXP in % des Bedarfes) war in allen Gruppen deutlich über dem Bedarf (11 - 18%). Dies dürfte in der ad libitum Vorlage der Kleeegrassilage und/oder in Unstimmigkeiten bei der Ermittlung des nXP Bedarfs begründet sein. Die energetische Versorgung war im ersten und zweiten Versuch mit 4 bis 10% über dem Bedarf, im dritten Versuch jedoch leicht negativ.

Der durchschnittliche Grundfutteranteil in den Rationen variierte zwischen 79 und 92%. Die durchschnittlichen Milchleistungen lagen bei 18 bzw. 20 kg in Versuch I, 23 kg in Versuch II und 24 kg in Versuch III. Die Stickstoff-Effizienz (N in Milch in % der N Aufnahme) lag zwischen 22 und 28% und war in E₁, M₂ und C₃ etwas höher als in den jeweiligen Vergleichsgruppen.

In der vorliegenden Studie war die Proteinversorgung, mit Ausnahme der Gruppe E₁, in allen Gruppen ausreichend. Die Ergebnisse zeigen, dass in ökologischen Milchviehrationen durchaus das Potenzial besteht, Krafftutter durch Maissilage zu ersetzen sowie den Einsatz von (Protein-)Krafftutter zu reduzieren. Diese Maßnahmen können dazu beitragen, Nährstoffkreisläufe zu schließen und die Futtermittelverwertung zu verbessern.

VII SUMMARY

The objective of the present study was to evaluate the potential for optimising the protein supply to organic dairy cows, increasing the use of farm-grown forages and improving feed efficiency. Therefore, three grass-clover silage based feeding trials were conducted. In each experiment, two organic dairy rations, differing in concentrate levels, dietary protein contents, and/or supplement types were compared with regard to feed and nutrient intake, milk production and feed efficiency.

The aim of the first experiment was to examine the effects of a partial substitution of concentrates with maize silage. Therefore, in treatment group E₁, 2/3 of the average herd concentrate intake was replaced with 2.7 kg maize silage dry matter (DM) as compared to treatment K₁. The second trial compared cereals and maize silage as energy sources in organic dairy cow rations. Therefore, diets were supplemented with either 1 kg grain mixture plus 0.5 kg hay (treatment G₂) or 2.1 kg maize silage DM (treatment M₂). The third study was conducted to investigate whether cereal grains (treatment C₃) maintained the same performance as compared to a concentrate mixture of lupins, peas and cereals (treatment P₃).

In experiment I, intake of concentrates, total DM, energy and utilisable crude protein in the duodenum (uCP) was significantly lower in E₁ as compared to K₁. In experiments II and III, treatment did not affect these factors. In all experiments, intake of crude protein (CP) was affected by treatment, and was significantly lower in E₁, M₂ and C₃. Consequently, in E₁, M₂ and C₃, dietary CP contents (129, 149 and 143 g /kg DM) and daily ruminal N balances (RNB) were significantly lower as compared to K₁, G₂ and P₃, respectively. This was reflected in milk urea concentration, which ranged from 14 to 22 mg /100 ml.

Protein balances (calculated as uCP intake as % of requirements) were markedly above requirements in all experiments and treatments (11 - 18%), which might be due to the fact that grass-clover silage was provided on an ad libitum basis, and/or to discrepancies in the estimation of uCP requirements. Energy balance was above recommendations in trials I and II (4 - 10%), but slightly negative in trial III.

Average daily forage intake in relation to total dry matter intake (DMI) varied between 80% (K₁, G₂, C₃, P₃), 85% (M₂) and 92% (E₁), taking average milk yields of 18 and 20 kg in trial I, 23 kg in trial II and 24 kg in trial III into account. Efficiency of N use (N in milk in % of N intake) varied between 22% and 28% and was tendentially improved in E₁, M₂ and C₃.

In the present study, protein supply seemed to be sufficient in all rations. The results indicate that maize silage can potentially be substituted for concentrates and cereal grains, and that supplementation of (protein) concentrates in organic dairy cow rations can be decreased. These strategies may increase farm self-sufficiency and feed efficiency.

VIII LITERATURVERZEICHNIS

- ALVA (1983). Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futtermittelzusatzstoffen und Schadstoffen. ALVA, Vienna.
- Aarts, H.F.M., Biewinga, E.E. und Van Keulen, H. (1992). Dairy farming systems based on efficient nutrient management. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40:285-299.
- Altrichter, G., Dalmolin, R. und Eder, M. (2002). Standarddeckungsbeiträge und Daten für die Betriebsberatung im Biologischen Landbau 2002/2003. BMLFUW, Vienna, pp. 61-114.
- Bargo, F., Muller, L.D., Kolver, E.S., und Delahoy, J.E. (2003). Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science* 86:1-42.
- Bio Austria (2006). Produktionsrichtlinien für die biologische Landwirtschaft in Österreich. Bio Austria, Linz.
- Castillo, A.R., Kebreab, E., Beever, D.E., und France, J. (2000). A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows und its relationship with environmental pollution. *Journal of Animal und Feed Sciences* 9:1-32.
- Castillo, A.R., Kebreab, E., Beever, D.E., Barbi, J.H., Sutton, J.D., Kirby, H.C., und France, J. (2001). The effect of energy supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *Journal of Animal Science* 79:240-246.
- Dalgaard, T., Halberg, N. und Kristensen, I.S. (1998). Can organic farming help to reduce N-losses? *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 52:277-278.
- Eder, M. (2005). Wirtschaftlichkeit der Biomilcherzeugung. In Bildungsnachmittag des Verbandes Biolandwirtschaft Ennstal - Erfolgreiche Milchviehhaltung am Biobetrieb. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Austria.
- EG (1999). Council Regulation No 1804/1999 supplementing Regulation (ECC) No 2092/1991 on organic production of agricultural products und indications referring thereto on agricultural products und foodstuffs to include livestock production. *Official Journal of the European Communities* L222:1-28.
- Eriksson, T., Murphy, M., Ciszuk, P., und Burstedt, E. (2004). Nitrogen balance, microbial protein production, und milk production in dairy cows fed fodder beets und potatoes, or barley. *Journal of Dairy Science* 87:1057-1070.
- Faverdin, P., Dulphy, J.P. Coulon, J.B. Verite, R. Garel, J.P. Rouel, J., und Marquis, B. (1991). Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livestock Production Science* 27:137-156.
- Frank, B. und Swensson, C. (2002). Relationship between content of crude protein in rations for dairy cows und milk yield, concentration of urea in milk und ammonia emissions. *Journal of Dairy Science* 85:1829-1838.
- Froidmont, E. und Bartiaux-Thill, N. (2004). Suitability of lupin und pea seeds as substitute for soybean meal in high-producing dairy cow feed. *Animal Research* 53:475-487.
- GfE (2001). Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG, Frankfurt am Main, Germany.
- Givens D.I. und Rulquin, H. (2004). Utilisation by ruminants of nitrogen compounds in silage-based diets. *Animal Feed Science und Technology* 114:1-18.
- Goelema, J.O., Van Bruchem, J. und Tamminga, S. (1996). Nitrogen efficiency of dairying in relation to dietary protein content und degradability. In (Groen, F. und Van Bruchem, J.

- eds.) Utilization of local feed resources by dairy cattle. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands, pp. 128-130.
- Gruber, L., Steinwender, R. und Baumgartner, W. (1995). Einfluß von Grundfutterqualität und Kraffutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. 22. Tierzuchttagung - Aktuelle Forschungsergebnisse und Versorgungsempfehlungen in der Rindermast und Milchviehfütterung, BAL Gumpenstein, Irdning, Austria.
- Gruber, L., Steinwider, A., Stefanon, B., Steiner, B., und Steinwender, R., (1999). Influence of grassland management in Alpine regions and concentrate level on N excretion and milk yield in dairy cows. *Livestock Production Science* 61:155-170.
- Gruber, L., Graggaber, S., Wenzel, W., Maierhofer, G., Steiner, B., und Haberl, L. (2004). Gehalte an Kohlenhydraten und Protein in Wiesenfutter und Silomais nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) sowie Einfluss der Konservierung (Grünfutter, Silage, Heu). In *Proceedings from 116th VDLUFA-Congress*. Rostock, Germany, pp. 366-376.
- Gruber, L., Schwarz, F.J., Erding, D., Fischer, B., Spiekers, H., Steingaß, H., Meyer, U., Chassot, A., Jilg, T., Obermaier, A., und Guggenberger, T. (2005) Prediction equations for feed intake of lactating dairy cows, In *Proceedings of the Society of Nutritional Physiology* 14:42 (Abstract).
- Gsöls, F. und Heidenbauer, G. (2005). GH-Soft - Superration, Version 5.0, Knittelfeld, Grafendorf, Austria.
- Haiger, A. und Sölkner, J. (1995). Der Einfluß verschiedener Fütterungsniveaus auf die Lebensleistung kombinierter und milchbetonter Kühe. *Züchtungskunde* 67:263-273.
- Holden, L.A., Muller, L.D., Lykos, T., und Cassidy, T.W. (1995). Effect of corn silage supplementation on intake and milk production in cows grazing grass pasture. *Journal of Dairy Science* 78:154-160.
- Hristov, A.N. und Ropp, J.K. (2003). Effect of dietary carbohydrate composition and availability on utilization of ruminant ammonia nitrogen for milk protein synthesis in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86:2416-2427.
- Huhtanen, P., Jaakkola, S. und Saarisalo, E. (1995). The effects of concentrate energy source on the milk production of dairy cows given a grass silage-based diet. *Animal Science* 60:31-40.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J., und Khalili, H. 2003. Efficiency of N utilization in milk production. In (Niemeläinen, O. und Topi-Hulmi, M. eds). *Proceedings of the NJF's 22nd Congress: Nordic Agriculture in Global Perspective*, Turku, Finland. pp. 1-5.
- Kalscheur, K.F., Vandersall, J.H., Erdman, R.A., Kohn, R.A., und Russek-Cohen, E. (1999). Effects of dietary crude protein concentration and degradability on milk production responses of early, mid and late lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82:545-554.
- Kaps, M. und Lamberson, W. (2004). *Biostatistics for Animal Science*. CABI Publishing, Oxfordshire, UK, Cambridge, USA.
- Khalili, H., Kuusela, E., Suvitie, M., und Huhtanen, P. (2002). Effect of protein und energy supplements on milk production in organic farming. *Animal Feed Science und Technology* 98:103-119.
- Kirner, L. und Schneeberger, W. (2002). Mehrkosten der Biomilchproduktion in Österreich. *Berichte über Landwirtschaft* 80:247-261.

- Kirner, L. (2005a). Strukturwandel in der österreichischen Milchviehhaltung - Veränderungen von 1995 bis 2003. Federal Institute of Agricultural Economics, Vienna.
- Kirner, L. (2005b). Sozioökonomische Aspekte der Milchviehhaltung in Österreich. Federal Institute of Agricultural Economics, Vienna.
- Kristensen, T. und Mogensen, L. (1999). Danish organic dairy cattle production systems - feeding und feed efficiency. In (Hermansen, J.E., Lund, V. und Thuen, E. eds.) Proceedings from NJF-seminar No.303: Ecological animal husbandry in the Nordic countries. DARCOF, Horsens, Denmark, pp. 173-178.
- Kröber T.F., Steingass, H., Funk, R., und Drochner, W. (1999). Einflüsse unterschiedlicher Rohproteingehalte in der Ration auf Grundfutteraufnahme, Verdaulichkeit, N-Ausscheidungen und Leistung von Milchkühen über den Zeitraum einer Laktation. Züchtungskunde 71:182-195.
- Leaver, J.D. (2002). Supplementation of maize silage and wholecrop cereals. In (Garnsworthy, P.C. und Wiseman, J. eds). Recent Developments in Ruminant Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham, UK. pp. 139-161.
- Mahlkow-Nerge, K. (2004). Stoffwechsel bei Öko-Milchkühen oft nicht ausgeglichen. Ökologie und Landbau 132:42-44.
- Mitani, T., Takahashi, M., Ueda, K., Nakatsuji, H., Kondo, S., und Okubo, M. (2005). Effects of supplementary corn silage on the feed intake und milk production of time-restricted grazing dairy cows. Animal Science Journal 76:331-337.
- Mogensen, L. und Kristensen, T. (2002). Effect of barley or rape seed cake as supplement to silage for high-yielding organic dairy cows. Acta Agriculturae Scandinavica 52:243-252.
- Mogensen, L. und Kristensen, T. (2003). Concentrate mixture, grass pellets, fodder beets, or barley as supplements to silage ad libitum for high-yielding dairy cows on organic farms. Acta Agriculturae Scandinavica 53:186-196.
- Mogensen, L., Ingvarsen, K.L., Kristensen, T., Seested, S., und Thamsborg, S.M. (2004). Organic dairy production based on rapeseed, rapeseed cake or cereals as supplement to silage ad libitum. Acta Agriculturae Scandinavica 54:81-93.
- Moran, J.B. und Croke, D.E. (1993). Maize silage for the pasture-fed dairy cow. 5. A comparison with wheat while grazing low quality perennial pastures in the summer. Australian Journal of Experimental Agriculture 33:541-549.
- Morrison, S.J. und Patterson, D.C. (2007). The effects of offering a range of forage und concentrate supplements on milk production und dry matter intake of grazing dairy cows. Grass und Forage Science 62:332-345.
- Mulligan, F.J., Dillon, P., Callan, J.J., Rath, M., und O'Mara, F.P. (2004). Supplementary concentrate type affects nitrogen excretion of grazing dairy cows. Journal of Dairy Science 87:3451-3460.
- Nicholas, P.K., Padel, S., Cuttle, S.P., Fowler, S.M., Hovi, M., Lampkin, N.H., und Weller, R.F. (2004). Organic dairy production: a review. Biological Agriculture und Horticulture 22:217-249.
- Nielsen, N.M., Kristensen, T., Norgaard, P., und Hansen, H. (2003). The effect of low protein supplementation to dairy cows grazing clover grass during half of the day. Livestock Production Science 81:293-306.
- Nocek, J.E. und Russell, J.B. (1988). Protein und energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein und carbohydrate availability to microbial synthesis und milk production. Journal of Dairy Science 71:2070-2107.

- Paulicks, B.R. and Kirchgessner, M. (1986). Zum Einfluß von Proteinmangel auf Milchmenge und Milchinhaltsstoffe bei unterschiedlichen Produktionsfaktoren. *Züchtungskunde* 58:196-211.
- Phillips, C.J.C. (1988). The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows. *Grass and Forage Science* 43:215-230.
- Phipps, R.H. 2002. Complementary forages in milk production. In (Garnsworthy, P.C. und Wiseman, J. eds.) *Recent Developments in Ruminant Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 121-138.
- Pötsch, E. und Gruber, L. (2006). Neukalkulation der Wirtschaftsdüngeranfallsmengen und Nährstoffausscheidungen. 12. Alpenländisches Expertenforum, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Austria, pp. 7-14.
- Russell, J.B., O'Connor, J.D., Fox, D.G., Van Soest, P.J., und Sniffen C.J. (1992). A net carbohydrate und protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science* 70:3551-3561.
- SAS (1999). Software, Release 8.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schepers, A.J. und Meijer, R.G.M. (1998). Evaluation of the utilization of dietary nitrogen by dairy cows based on urea concentration in milk. *Journal of Dairy Science* 81:579-584.
- Schmid, J. (2005). Der Ausstieg aus dem Biolandbau in Österreich - Ergebnisse einer Befragung. Master Thesis University of Natural Resources und Applied Life Sciences, Vienna.
- Schneider, K. (2005). Evaluation of grain legumes as a protein und energy feed for ruminants. Doctoral Thesis University Hohenheim, Shaker Verlag, Aachen, Germany.
- Sehested, J., Kristensen, T. und Soeregaard, K. (2003). Effect of concentrate supplementation level on production, health und efficiency in an organic dairy herd. *Livestock Production Science* 80:153-165.
- Sniffen, C.J., O' Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., und Russell, J.B. (1992). A net carbohydrate und protein system for evaluating cattle diets. 2. Carbohydrate und protein availability. *Journal of Animal Science* 70:3562-3577.
- Sommer, H. (2003). Optimierung der Energie- und Eiweißversorgung von Milchkühen im ökologischen Landbau am Beispiel des Lehr- und Versuchsbetriebes Gladbacherhof. Masters Thesis Justus-Liebig-University, Giessen, Germany.
- Spiekers, H. und Potthast, V. (2004). Erfolgreiche Milchviehfütterung. 4. Auflage, DLG, Frankfurt am Main, Germany.
- Steinshamm, H. und Thuen, E. (1999). Effects of concentrate level in organic milk production. In (Hermansen, J.E., Lund, V. und Thuen, E. eds.) *Proceedings from NJF-seminar No.303: Ecological animal husbandry in the Nordic countries*. DARCOF, Horsens, Denmark, pp. 197-202.
- Steinwidder, A., Schweiger, P., Gruber, L., Lettner, F., und Schmid, W. (1998). Einfluß des Fütterungszeitpunktes sowie der Protein- und Energieversorgung auf den Milchharnstoffgehalt. *Agribiological Research* 51:341-355.
- Steinwidder, A. und Wurm, K. (1998). Milchinhaltsstoffe zur Beurteilung der Fütterung nützen. *Der Fortschrittliche Landwirt* 76:25-35.
- Steinwidder, A. und Gruber, L. (2000). Fütterungs- und tierbedingte Einflußfaktoren auf den Harnstoffgehalt der Milch von Kühen. *Bodenkultur* 51:49-57 (2000).

- Steinwigger, A. und Gruber, L. (2001). Einfluss der biologischen Wirtschaftsweise auf die Energie- und Proteinversorgung von Milchkühen - Modellkalkulationen auf Basis neuer gesetzlicher Normen. *Austrian Journal of Agricultural Research* 52:71-83.
- Stockdale, C.R. (1999). Effects of cereal grain, lupins-cereal grain or hay supplements on the intake und performance of grazing dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 39:811-817.
- Tamminga, S. (1992). Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science* 75:345-357.
- Tamminga, S. (1996). A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. *Journal of Animal Science* 74:3112-3124.
- Taferner, K.C. (2006). Einfluss von Vegetationsstadium, Sorte, Konservierung und Standort von Silomais auf den Gehalt an Protein und Kohlenhydraten nach dem Cornell-System und auf den in-situ Abbau der Trockenmasse. Masters Thesis University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna.
- Trachsel, P., Busato, A. und Blum, J.W. (2000). Body conditions scores of dairy cattle in organic farms. *Journal of Animal Physiology und Animal Nutrition* 84:112-124.
- Velik, M., Steinwigger, A., Baumung, R., Zollitsch, W., und Knaus, W. (2007). Optimierung der Proteinversorgung durch Maissilage auf ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben im Grünland. In (Zikeli, S., Claupein W., Dabbert, S., Kaufmann, B., Müller, T., und Valle Zarate, A., eds.) Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau: Zwischen Tradition und Globalisierung, Dr Köster Verlag, Stuttgart, Germany, pp. 537-540.
- Visser, H.DE. und Hindle, V.A. (1990). Dried beet pulp, pressed beet pulp and maize silage as substitutes for concentrates in dairy cow rations. 1. Feeding value, feed intake, milk production and milk composition. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 38:77-88.
- Visser, H.DE. (1996). Characterisation of carbohydrates in concentrates for dairy cows. In (Garnsworthy, P.C. und Cole, D.J.A. eds.) *Recent Developments in Ruminant Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, UK. pp. 155-174.
- VDLUFA (1976). *Methodenbuch Bund III - Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*. VDLUFA, Darmstadt, Germany.
- Weller, R.F. und Bowling, P.J. (2004). The performance und nutrient use efficiency of two contrasting systems of organic milk production. *Biological Agriculture und Horticulture* 22:261-270.
- Wilkins, R.J. und Jones, R. (2000). Alternative home-grown protein sources for ruminants in the United Kingdom. *Animal Feed Science und Technology* 85:23-32.

IX ANHANG

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden folgende Publikationen veröffentlicht. Die Veröffentlichungen sind auf der DaFNE-Homepage unter dem Link Publikationen einsehbar.

Velik, M., Baumung R. and Knaus, W.F. (2006). Partial substitution of concentrates by maize silage in rations for organic dairy cows and its influence on performance und utilization efficiency. Proceedings of the European Joint Organic Congress on Organic Farming und European Rural Development, 30-31. Mai 2006, Odense, Dänemark, S. 444-445.

Velik, M. (2007). Protein vom eigenen Betrieb optimal nutzen. Vortrag im Rahmen der Informationsveranstaltung 'Grenzen der Intensivierung in der Biologischen Milchviehhaltung'. 1. März 2007, HBLA Ursprung, Elixhausen.

Velik, M., Steinwidder, A., Baumung, R., Zollitsch, W. und Knaus, W.F. (2007). Optimierung der Proteinversorgung durch Maissilage auf ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben im Grünland. In (Zikeli, S., Claupein W., Dabbert, S., Kaufmann, B., Müller, T., und Valle Zarate, A., eds.) Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau 'Zwischen Tradition und Globalisierung', 20-23. März 2007, Dr Köster Verlag, Stuttgart, Band 2, S. 537-540.

Velik, M., Steinwidder, A., Baumung, R. und Knaus, W.F. (2007). Optimierung der Proteinversorgung durch Maissilage auf biologischen Milchviehbetrieben. ALVA Jahrestagung 'Gute Herstellungstechnik pflanzlicher Produkte', 21-22. Mai 2007, Stadtschlainingen, S. 94-96.

Velik, M., Baumung, R., Zollitsch, W. and Knaus, W.F. (2007). Effects of partial substitution of maize silage in organic dairy cow rations on performance und feed efficiency. Journal of the Science of Food und Agriculture 87:xx-xx. (in press)

Velik, M. Baumung, R. and Knaus, W.F. (xxxx). Maize silage as an energy supplement in organic dairy cow rations. Renewable Agriculture und Food Systems (accepted)

Velik, M., Steinwidder, A. and Knaus, W.F. (xxxx). Lupins, peas und cereal as supplements in organic dairy cow rations. Biological Agriculture und Horticulture (submitted)

Velik, M. (2007). Optimisation of the protein supply and feed efficiency in organic dairy cows in Austrian grassland regions. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien.