



lebensministerium.at

ALP Austria

Programm zur Sicherung und Entwicklung der alpinen Kulturlandschaft

Nährstoffflüsse almbasierter Produktionssysteme



Medieninhaberadressen

Lebensministerium, Abteilung Forschung und Entwicklung
Stubenring 1
vertreten durch: DI Karin Moravec
Tel.: +43 1 71100 2076
Fax.: +43 1 71100 2142
karin.moravec@lebensministerium.at

Land Kärnten, Abteilung 10L Landwirtschaft
Bahnhofsplatz 5, 9020 Klagenfurt
vertreten durch: Dr. Günther Ortner
Tel.: +43 536 31 001
Fax.: +43 536 31 010
quenter.ortner@ktn.gv.at

Land Oberösterreich, Abteilung Agrar- und Forstrecht
Bahnhofsplatz 1, 4021 Linz
vertreten durch: DI Peter Schlämicher
Tel.: +43 732 77 20 12 255
agrar.Post@ooe.gv.at

Land Salzburg, Abteilung 4 – Land- und Forstwirtschaft
Fanny von Lehnert Str.1, 5020 Salzburg
vertreten durch: DI Dr. Josef Schwaiger
Tel.: +43 662/80 42-3901
Fax.: + 43 662/ 80 42 – 3898
josef.schwaiger@salzburg.gv.at

Land Steiermark, Fachabteilung 10A – Agrarrecht und ländliche Entwicklung
Krottendorferstraße 94, 8053 Graz
vertreter durch: DI Georg Zöhrer
Tel.: +43 316/ 877- 69 31
Fax.: +43 316/ 877- 69 00
georg.zoehrer@stmk.gv.at

Land Tirol, Abteilung Almwirtschaft
Heiliggeiststraße 7-9, 6020 Innsbruck
vertreten durch: DI Alois Poppeller
Tel.: +43 512/ 508 39 00
Fax.: +43 (0)512/ 508 – 39 05
a.poppeller@tirol.gv.at

Land Vorarlberg, Abteilung Landwirtschaft
Landhaus, 6901 Bregenz
vertreten durch: DI Walter Vögel
Tel.: +43 55 74/ 511 410 10
walter.voegel@vorarlberg.at



lebensministerium.at

ALP Austria

Programm zur Sicherung und Entwicklung der alpinen Kulturlandschaft

Nährstoffflüsse almbasierter Produktionssysteme

IMPRESSUM

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Land Kärnten, Land Oberösterreich, Land Salzburg, Land Steiermark, Land Tirol, Land Vorarlberg

AutorIn: DI Andreas Tschöll und DI Sabine Köll

Titelbild: DI Andreas Tschöll

Gesamtkoordination: Umweltbüro Klagenfurt

In dieser Publikation wiedergegebene Inhalte dienen, trotz eingehender Recherche und Aufarbeitung lediglich zur Information. Für dennoch enthaltene Fehler kann keine wie immer geartete Haftung übernommen werden.

2006

Nährstoffflüsse almbasierter Produktionssysteme

Dipl.-Ing. Andreas Tschöll

Dipl.-Ing. Sabine Köll

Teilprojekt

ALP AUSTRIA

Programm zur Sicherung und Entwicklung der alpinen Kulturlandschaft

Anschrift der Verfasser: Dipl.-Ing. Andreas Tschöll
Wald 64
6471 Arzl
Andreas.Tschoell@gmx.at

Dipl.-Ing. Sabine Köll
Wald 64
6471 Arzl

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	10
2	Literaturübersicht	11
3	Tiere, Material und Methoden	19
3.1	Intensive Melkalm im Tiroler Unterland (Alm A)	19
3.1.1	Melkalm, Milchkühe und Bewirtschaftung	19
3.1.2	Datenerhebung	22
	Verzehrsschätzung auf der Weide	22
	Schätzung der Heu und Krafffutterergänzung	26
	Tierische Leistungen.....	29
	Tierische Ausscheidungen.....	33
3.2	Extensive Melkalm im Tiroler Oberland (Alm B).....	40
3.2.1	Melkalm, Milchkühe und Bewirtschaftung	40
3.2.2	Datenerhebung	40
	Schätzung der Heu und Krafffutterergänzung	40
	Tierische Leistungen.....	41
3.3	Mutterkuh- und Galtviehalm in der Steiermark (Alm C).....	43
3.3.1	Alm, Tiere und Bewirtschaftung	43
3.3.2	Datenerhebung	44
	Schätzung der Heu und Krafffutterergänzung	44
	Tierische Leistungen.....	44
3.4	Nährstoffbilanzierung und -verwertung.....	47
3.4.1	Hofter-Bilanz	48
3.4.2	Flächen-Bilanz	51
3.4.3	Stall-Bilanz	52
3.4.4	Feld-Stall-Kreislauf.....	54
3.4.5	Nährstoffeffizienz im Verlauf der Erhebungsperiode.....	55

4	Ergebnisse	56
4.1	Ergebnisse der Nährstoffbilanzierung Alm A.....	56
4.1.1	Hoftor-Bilanz	56
4.1.2	Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung.....	59
4.1.3	Netto-Hoftor-Bilanz	61
4.1.4	Netto-Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung	63
4.1.5	Flächen-Bilanz	65
4.1.6	Stall-Bilanz (N-Umsatz der Milchkühe)	69
4.1.7	Feld-Stall-Kreislauf.....	71
4.1.8	Effizienz der N-, P- und K-Umwandlung	73
4.2	Ergebnisse der Nährstoffbilanzierung Alm B.....	79
4.3	Ergebnisse der Nährstoffbilanzierung Alm C.....	82
5	Diskussion	85
5.1	Alm A.....	85
5.2	Alm B.....	107
5.3	Alm C.....	111
6	Zusammenfassung	113
7	Schlussfolgerungen	116
8	Literaturverzeichnis	118

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Effektivität der Futterumwandlung in Milch (kg T kg ⁻¹ Milch).....	11
Tabelle 2: Milchstickstoffertrag (% der N-Aufnahme)	11
Tabelle 3: Vegetationstabelle – Alm A.....	20
Tabelle 4: Bewirtschaftungsdaten der Koppeln – Alm A (Erhebungsperiode)	21
Tabelle 5: Gesamt- und Futterfläche der Weidekoppeln – Alm A (ha)	22
Tabelle 6: Verzehr, XP-, P- und K-Gehalt des Weidefutters unter Berücksichtigung der Selektion und RNB von Futteraufwuchs und Weiderest – Alm A (Erhebungsperiode).....	24
Tabelle 7: Qualität der Ergänzungsfuttermittel – Alm A.....	27
Tabelle 8: Ergänzungsfuttermittelverzehr – Alm A (Erhebungsperiode).....	28
Tabelle 9: Durchschnittliche Milchleistung, ECM (Tier ⁻¹ Tag ⁻¹) und Milchinhaltstoffe – Alm A (Almsommer)	30
Tabelle 10: Gewichtsverlauf – Alm A (Almsommer)	31
Tabelle 11: N-, P- und K-Ansatz der Tageszunahme – Alm A (Almsommer)	32
Tabelle 12: Mittlerer Trächtigkeitstag – Alm A (Almsommer).....	33
Tabelle 13: Gehalte der Gülle – Alm A (Güllegrube)	37
Tabelle 14: Nährstoffmengen – Alm A (Güllegrube).....	37
Tabelle 15: Ausscheidung und Nährstoffgehalte der Gülle nach Regression – Alm A (stallfallend).....	38
Tabelle 16: Nährstoffmengen nach Regression – Alm A (stallfallend).....	38
Tabelle 17: Gesamtkaliumausscheidung – Alm A	39
Tabelle 18: Nährstoffausscheidungen beim Weidegang – Alm A (stallfallend)	39
Tabelle 19: Qualität der Ergänzungsfuttermittel – Alm B.....	41
Tabelle 20: Zu- und Abfuhrkomponenten – Alm A (Almsommer)	56
Tabelle 21: Hoftor-Bilanz – Alm A (Almsommer).....	57
Tabelle 22: Hoftor-Bilanz ohne symbiotische N-Bindung – Alm A (Almsommer)	59

Tabelle 23: Netto-Hoftor-Bilanz – Alm A (Almsommer)	61
Tabelle 24: Netto-Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung – Alm A (Almsommer)	63
Tabelle 25: N-Flächen-Bilanz – Alm A (Erhebungsperiode, kg ha ⁻¹ F-Fl.)	66
Tabelle 26: P-Flächen-Bilanz – Alm A (Erhebungsperiode, kg ha ⁻¹ F-Fl.)	67
Tabelle 27: K-Flächen-Bilanz – Alm A (Erhebungsperiode, kg ha ⁻¹ F-Fl.)	68
Tabelle 28: Nährstoffaufnahme und -abgabe – Alm A (Erhebungsperiode)	69
Tabelle 29: Stall-Bilanz – Alm A (Erhebungsperiode)	70
Tabelle 30: Effizienz der N-, P- und K-Umwandlung – Alm A (Erhebungsperiode)	74
Tabelle 31: Zu- und Abfuhrkomponenten – Alm B (Almsommer)	79
Tabelle 32: Hoftor-Bilanz – Alm B (Almsommer)	79
Tabelle 33: Zu- und Abfuhrkomponenten – Alm C (Almsommer)	82
Tabelle 34: Hoftor-Bilanz – Alm C (Almsommer)	83
Tabelle 35: Stall-Bilanz mit XP-armen KF – Alm A (Erhebungsperiode)	98
Tabelle 36: Effizienz der N-, P- und K-Umwandlung – Alm A (Erhebungsperiode)	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema der Hoftor-Bilanz	48
Abbildung 2: Schema der Flächen-Bilanz	51
Abbildung 3: Schema der Stall-Bilanz	53
Abbildung 4: Schema Feld-Stall-Kreislauf	54
Abbildung 5: Hoftor-Bilanz – Alm A	58
Abbildung 6: Hoftor-Bilanz – Alm A	58
Abbildung 7: Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung – Alm A.....	60
Abbildung 8: Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung – Alm A.....	60
Abbildung 9: Netto-Hofator-Bilanz – Alm A	62
Abbildung 10: Netto-Hofator-Bilanz – Alm A	62
Abbildung 11: Netto-Hofator-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung – Alm A	64
Abbildung 12: Netto-Hofator-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung – Alm A	64
Abbildung 13: Stall-Bilanz – Alm A	70
Abbildung 14: N-Feld-Stall-Kreislauf (Erhebungsperiode, ha ⁻¹ F-Fl.)	72
Abbildung 15: N-Effizienz – Alm A.....	76
Abbildung 16: P-Effizienz – Alm A.....	77
Abbildung 17: K-Effizienz – Alm A.....	78
Abbildung 18: Hofator-Bilanz – Alm B	80
Abbildung 19: Hofator-Bilanz – Alm B	80
Abbildung 20: Hofator-Bilanz – Alm C	83
Abbildung 21: Hofator-Bilanz – Alm C	84
Abbildung 22: Netto-Hofator-Bilanz ohne Nährstoffzufuhr über Kompost – Alm A.....	92
Abbildung 23: Netto-Hofator-Bilanz ohne Kompost, mit XP-armen KF – Alm A.....	94
Abbildung 24: Netto-Hofator-Bilanz ohne Kompost, mit XP-armen KF und verringertes Heumenge – Alm A	105
Abbildung 25: Netto-Hofator-Bilanz – Alm B	108
Abbildung 26: Netto-Hofator-Bilanz mit XP-armen KF – Alm B	109
Abbildung 27: Hofator-Bilanz mit XP-armen KF – Alm C.....	112

Formelverzeichnis

Formel 1: Energiekorrigierte Milchmenge (ECM)	29
Formel 2: Gülleausscheidung mit 10% T ($\text{kg Tier}^{-1} \text{Tag}^{-1}$)	34
Formel 3: Stickstoffausscheidung ($\text{g Tier}^{-1} \text{Tag}^{-1}$)	34
Formel 4: Phosphorausscheidung ($\text{g Tier}^{-1} \text{Tag}^{-1}$)	35
Formel 5: Kaliumausscheidung ($\text{g Tier}^{-1} \text{Tag}^{-1}$)	35
Formel 6: N-Ansatz Trächtigkeit (t)	49
Formel 7: P-Ansatz Trächtigkeit (t)	50
Formel 8: Oberflächenverlust-N	54

Abkürzungsverzeichnis

APD	Absorbierbares Protein (Menge Aminosäuren)
C/N	Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff
Ca	Calcium
dt	Dezitonne
ECM	Energiekorrigierte Milchmenge (energy corrected milkyield)
FM	Frischmasse
GVE	Großvieheinheit (500 kg LM)
ha	Hektar
K	Kalium
KF	Krafftutter
LKV	Landeskontrollverband
ME	Umsetzbare Energie (metabolizable energy)
Mg	Magnesium
MJ	Megajoule
MW	Mittelwert
N	Stickstoff
Na	Natrium
NEL	Nettoenergie Laktation
nXP	Nutzbares Protein
P	Phosphor
RNB	Ruminale Stickstoffbilanz
s _x	Standardabweichung
T	Trockenmasse
TZ	Tageszunahme
U	Umtrieb (Weideumtrieb)
UDP	Im Pansen nicht abgebautes Futterrohprotein (undegradable protein)
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XX	Stickstofffreie Extraktstoffe

1 Einleitung und Fragestellung

Die Almwirtschaft zählt zu den ältesten Wirtschaftssystemen in den Alpen und ist eine Form der Viehweidewirtschaft, die im besonderen Maße auf die Nutzung hochgelegener Weideflächen ausgerichtet ist.

Das Ziel der Alpnutzung besteht darin, unsere anspruchsvollen Nutztiere mit viel und gutem Weidefutter zu ernähren und dabei eine vielfältige Pflanzen- und Tierwelt und eine abwechslungsreiche alpine Kulturlandschaft zu erhalten (DIETL ET AL., 1997). In diesem Sinne wird die Frage nach der bestmöglichen Nutzung immer wichtiger, da die Produktion oft nicht mehr die vorrangige Einkommensquelle der Bewirtschafter ist. In der jüngeren Vergangenheit haben viele technische Maßnahmen, wie Almmelioration, Wald-Weidetrennungen, Stall- und Wegebauten, gezielte Düngung und der ständig steigende Krafftutereinsatz zu einer Erleichterung und wirtschaftlichen Verbesserung beigetragen. Der Trend geht einerseits in Richtung einer steigenden Nutzungsintensität auf gut erschlossenen und leicht zu bewirtschaftenden Almen, andererseits kommt es zu einer Extensivierung oder gänzlichen Aufgabe der Almbewirtschaftung in schwer erreichbaren Lagen.

Aus dieser Vielzahl von Faktoren ist kaum abzuschätzen welche Auswirkungen sich auf die sensiblen Almsysteme ergeben, da die Beweidung und die tierischen Ausscheidungen einen großen Einfluss auf die Almflächen ausüben und aufgrund der Nährstoffeinträge ein hohes Emissionspotential entstehen kann.

Um diesen Fragen nachzugehen wurden drei Almen verschiedener Nutzungsintensität anhand ihrer Nährstoffflüsse durchleuchtet. Bei den Almen handelt es sich um eine intensive Melkalm im Tiroler Unterland (Alm A), eine extensive Melkalm im Tiroler Oberland (Alm B) und eine Mutterkuh- und Galtviehalm in der Steiermark (Alm C).

Das Ziel dieser Arbeit ist, die Nährstoffflüsse sowie die Nährstoffverwertung der einzelnen Almen aufzuzeigen, sowie durch Variation einzelner Faktoren deren Auswirkungen zu eruieren.

2 Literaturübersicht

CHRISTEN ET AL. (1996) verglichen die Effektivität der Futterumwandlung in Milch von Kühen auf der Alm. Sie unterschieden drei Gruppen: zwei Gruppen weideten auf der Almweide und eine Gruppe wurde auf der Alm im Stall gehalten. Im Verlauf des Almsommers stellten CHRISTEN ET AL. (1996) eine kontinuierlich sinkende Effektivität der Futterumwandlung bei allen drei Gruppen fest. Allerdings erwiesen sich die im Stall gehaltenen Kühe als effektiver als jene Kühe die weideten.

Tabelle 1: Effektivität der Futterumwandlung in Milch (kg T kg⁻¹ Milch)

Lage	Tal	Alm	Alm	Alm
Almwoche	-1/-2	1	2/3	8
1987 Weide	0,55	0,87	0,89	1,25
1988 Weide	0,61	0,80	1,00	1,38
1988 Stall	0,63	0,56	0,68	0,91

(CHRISTEN ET AL., 1996)

In allen Wochen auf der Alm konnte bei der Stallgruppe gegenüber der Weidegruppen eine höhere N-Verwertung von durchschnittlich 50% in der ersten Almwoche, 40% in der zweiten und dritten Almwoche und 33% in der achten Almwoche festgestellt werden.

Tabelle 2: Milchstickstofftrag (% der N-Aufnahme)

Lage	Tal	Alm	Alm	Alm
Almwoche	-1/-2	1	2/3	8
1987 Weide	45,4	21,2	21,9	17,6
1988 Weide	34,0	21,4	16,8	16,8
1988 Stall	34,8	32,0	27,0	22,9

(CHRISTEN ET AL., 1996)

Hinsichtlich der NEL und des Gehaltes an APD stellten CHRISTEN ET AL. (1996) fest, dass unter Talbedingungen für die Bildung von einem kg Milch 3,7 MJ NEL und 59 g APD aufgenommen wurden. Auf der Alm stiegen diese Werte jedoch an. Die im Stall gehaltenen Tiere nahmen 3,99 MJ NEL und 72 g APD auf. Die Aufnahme der Weidegruppen lag noch höher bei 6,56 MJ NEL und 107 g APD.

ESTERMANN ET AL. (2001) untersuchten die Unterschiede zwischen Milchkühen und Mutterkühen mit Kälbern hinsichtlich deren Nährstoff- und Energieumwandlung auf der Almweide ohne Krafffutterergänzung mittels der doppelten Indikatormethode. Bei den Milchkühen handelte es sich um fünf Fleckviehtiere, die fünf Mutterkühe gehörten der Rasse Angus an und deren Nachkommen waren Kreuzungen zwischen Angus und Limousin bzw. Charolais. Nach einer Anpassungsphase von zwölf Tagen wurden die Messungen durchgeführt. Die Trockenmasseaufnahme der Milchkühe ($15,8 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$) entsprach jener der Mutterkühe inkl. der Kälber ($15,6 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$). Im Verhältnis zur Lebendmasse war die Trockenmasseaufnahme der Mutterkühe jedoch um 25% geringer als jene der Milchkühe. Die Verdaulichkeit der organischen Masse war sowohl bei den Milch- als auch bei den Mutterkühen mit 75,2% bzw. 76,3% nahezu identisch. Die Mutterkühe verdauten jedoch die Rohfaser besser als die Kälber und die Milchkühe. Die Fleckviehkühe (Milchkühe) waren im Durchschnitt um 66 kg schwerer als die Anguskühe (Mutterkühe) und verloren während der Alpung an Lebendmasse während die Mutterkühe leicht an Gewicht zulegten. Durchschnittlich nahmen die Milchkühe 301 g und die Mutterkühe mit Kälbern 303 g N $\text{Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ über das Weidegras auf. Mit 108 g N im Milchsystem und 106 g N im Mutterkuhsystem wurde in beiden Systemen nahezu gleich viel N über den Kot ausgeschieden. Hinsichtlich des N-Gehaltes des ausgeschiedenen Harns fanden ESTERMANN ET AL. (2001) aber deutliche Unterschiede zwischen den beiden Systemen. Die Harn-N-Ausscheidung im Mutterkuhsystem lag mit $166 \text{ g N Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ um 43% über dem Niveau des Milchkuhsystems ($116 \text{ g N Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$). Daraus resultiert ein mit $272 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ um 21% höherer N-Gehalt des gesamten Düngers und ein um rund 19% höherer N-Gehalt des Harns im Mutterkuhsystem in Vergleich zum Milchsystem. Hinsichtlich der relativen N-

Verwertung des Produktionssystems fanden ESTERMANN ET AL. (2001) im Milchsystem mit einer Verwertung der Aufnahme von 25,7% eine, um das 2,8-fache bessere Effizienz als im Mutterkuhsystem mit einer Verwertung von 9,2%.

BERRY ET AL. (2001A) untersuchten den Effekt einer KF-Ergänzung mit unterschiedlichem XP-Gehalt auf die Aufnahme und die Ausscheidung von N und Mineralstoffen bei Kühen auf der Almweide. Hierfür wurden, in jedem der zwei Versuchsjahre (A und B), die Auswirkungen von drei unterschiedlichen Fütterungsregimes geprüft. Die Kühe der Versuchsgruppe erhielten Weidegras und zusätzlich Ergänzungsfuttermittel entsprechend den drei unterschiedlichen Stufen 0,5 E¹, 1 E² und 1 EP³, im Verhältnis zum Energie- und Proteinerhaltungsbedarf von im Tal gehaltenen Kühen. Die Kontrollgruppe erhielt in beiden Jahren nur Weidegras.

Die zwei verwendeten Ergänzungskraftfuttermittel (1 und 2) hatten den selben Energiegehalt (14,6 MJ ME kg⁻¹ T), unterschieden sich allerdings hinsichtlich des XP-Gehaltes (53 g bzw. 193 g kg⁻¹ T). Die KF-Ergänzung 1, für die Stufen 0,5 E und 1 E, wies einen Energiegehalt von 14,6 MJ ME kg⁻¹ T und einen XP-Gehalt von 53 g kg⁻¹ T auf. Das Ergänzungsfuttermittel 2 für die Stufe 1 EP wies den identen Energiegehalt auf, unterschied sich aber durch einen höheren XP-Gehalt (193 g kg⁻¹ T) von der KF-Ergänzung 1.

Die Gruppe 0,5 E erhielt KF im Ausmaß von 1,92 kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹ und die Gruppe 1 E von 4,12 kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹. Eine Ergänzung im Ausmaß von 4,01 kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹ erhielten die Tiere der Gruppe 1 EP. Der Grasverzehr der Kühe auf der Almweide wurde in der 3., 7. und 11. Woche mittels der doppelten Indikatormethode geschätzt.

Die Verdrängung des Grundfutters durch das KF war mit 36% hoch. Das führte bei jenen Kühen (Gruppe 0,5 E und 1 E) deren Ration hauptsächlich mit Energie-KF ergänzt wurde, zu einer signifikanten Senkung der N-Aufnahme gegenüber der Kontrollgruppe. Dagegen konnte bei den Kühen die das proteinreiche KF erhielten

¹ Zufütterung: 50% des Energie- und 40% des Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

² Zufütterung: 100% des Energie- und 80% des Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

³ Zufütterung: 100% des Energie- und 180% Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

(Gruppe 1 EP) der Effekt der geringeren N-Aufnahme nicht festgestellt werden. Der N-Gehalt im Kot blieb durch die KF-Ergänzung unbeeinflusst. Die N-Ausscheidung über den Kot verringerte sich bei den Kühen die energiereiches KF erhielten nur in geringem Maß. Diesen Umstand führen BERRY ET AL. (2001A) auf eine wahrscheinlich geringere T-Aufnahme dieser Tiere und damit verbundene endogene N-Verluste zurück. Der Harn-N-Gehalt nahm durch die vorwiegende Energieergänzung um 34% ab. Dieser Effekt war mit 44% bei der 1 E KF-Gruppe noch deutlich höher. Nach BERRY ET AL. (2001A) ist der Rückgang der N-Ausscheidung über den Harn auf die Ergänzung mit energiereichem KF zurückzuführen, da durch die Anwesenheit von leicht fermentierbaren Kohlehydraten eine effektivere Umwandlung von Futter-N in Mikrobenprotein passiert. Dadurch reduziert sich der Ammoniak-Überschuss im Pansen, der absorbiert und in der Leber zu Harnstoff umgebaut wird und über den Harn (Milch) ausgeschieden wird.

Über die gesamten Ausscheidungen konnte bei der Gruppe mit 1 E KF-Ergänzung insgesamt eine N-Reduktion von durchschnittlich 36% im Jahr A und von 30% im Jahr B festgestellt werden, was hauptsächlich auf die geringere N-Aufnahme und einen leichten Anstieg der N-Abgabe über die Milch zurückzuführen ist. Jene Kühe, die eine 0,5 E Energie-Ergänzung erhielten schieden im Vergleich zur Kontrollgruppe um 27% weniger N über den Kot und den Harn aus. Allerdings konnte bei den Tieren die sowohl eine Energie- als auch eine Proteinergänzung erhielten, kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Ausscheidung von N über Harn, Kot und Milch gegenüber der Kontrollgruppe festgestellt werden.

Durch die gezielte Ergänzung mit Energie (KF 1) konnte eine Steigerung der N-Verwertung durch die Milch bei der Futtergruppe 0,5 E um 26,5% und bei der Futtergruppe 1 E um 52% (hochsignifikant) festgestellt werden. Theoretisch ist, unter optimalen Bedingungen, eine Verwertung des aufgenommenen N von 45% möglich. In intensiven Weidesystemen im ‚Flachland‘ konnten N-Verwertungen zwischen 15 und 25% gemessen werden (Van Vuuren and Meijs, 1987, zitiert nach BERRY ET AL., 2001A). Die Effizienz der N-Verwertung betrug bei der Kontrollgruppe im Mittel über beide Versuchsjahre 22,8%. Durch die Ergänzung mit Energie-KF und der damit verbundenen Reduktion der N-Aufnahme konnte

eine deutliche Steigerung der N-Verwertung bei der Gruppe 1 E auf 34,6% erzielt werden. Bei der Futtergruppe 0,5 E konnte die Verwertung des N auf 30,1% angehoben werden. Mit andauernder Alpung sinkt einerseits der Leistungsbedarf der Kühe durch die abnehmende Milchleistung, andererseits nimmt aber der N-Gehalt des zweiten Aufwuchses zu. Dieser Umstand führt bei den Kontrolltieren ohne KF-Ergänzung zu einer hochsignifikanten Zunahme der N-Ausscheidung über den Harn, den Kot und die Milch und zu einer niedrigen Verwertung des N von 16%. Die Kühe, die eine Energie-KF-Ergänzung erhielten, übertreffen diese Effizienz mit 28,1%.

Im Jahr A lag die Besatzdichte zwischen 7,3 und 18,8 Kühe ha⁻¹ auf einem sehr hohen Niveau und spiegelte die guten Wachstumsbedingungen zu Beginn der Vegetationsperiode und während der Folgeaufwüchse wider. Im Jahr B war die Besatzdichte mit 2,8 bis 7,3 Kühe ha⁻¹, aufgrund der schlechten Wachstumsbedingungen, weit geringer. Die potentielle Besatzdichte, kalkuliert auf Basis der unterschiedlichen Fütterungsregime, variierte im Jahr A aufgrund der unterschiedlichen Weidegrasaufnahme von 14,6 Kühe ha⁻¹ bei der Kontrollgruppe bis 8,5 Kühe ha⁻¹ bei der Futtergruppe 1 E. Im Jahr B reduzierte sich die Besatzdichte auf 6,3 Kühe ha⁻¹ bei der Futtergruppe 1 E und auf 4,3 Kühe ha⁻¹ bei der Kontrollgruppe. Die Futtergruppe 1 E erbrachte im Jahr A eine Milchleistung von 4.939 kg ha⁻¹, die Kontrollgruppe leistete dagegen 2.769 kg Milch ha⁻¹. Im Jahr B ging die Milchleistung der Futtergruppe 1 E auf 2.532 kg und jene der Kontrollgruppe auf 1.289 kg ha⁻¹ zurück.

Die gesamte N-Ausscheidung über Kot und Harn in einem Zeitraum von 77 Tagen, bei einer Besatzdichte von 7,3 bis 18,8 Kühe ha⁻¹, betrug für das Jahr A für die Gruppen 0,5 E und 1 E im Durchschnitt 51,8 kg N ha⁻¹ und 46,5 kg N ha⁻¹ für die Kontrollgruppe. Im Jahr B betrug die Ausscheidung an N, bei einer Besatzdichte von 2,8 bis 7,3 Kühe ha⁻¹, 29 kg für die Futtergruppe 1 E, 30,1 kg für die Kontrollgruppe und 38,3 kg N ha⁻¹ für die Gruppe 1 EP.

Die Ammoniak-Abgasung aus dem Harnstoff, welcher den Großteil des Urin-N ausmacht, stellt das größte Verlustpotential an N dar. Die Kühe der Gruppe 1 E (ca. 4 kg KF pro Tag) schieden, trotz ähnlicher N-Gesamtausscheidungen pro ha, weniger N über den Harn (-21%) aus als die Kontrollgruppe ohne KF-Ergänzung,

was zu einem geringeren Potential an Ammoniak-Abgasung führt. Diese geringere N-Konzentration im Harn der mit Energie-KF versorgten Kühe, mag nach BERRY ET AL. (2001A) auch dazu beitragen die brennende Wirkung des Urins zu vermindern und die Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums durch die Harnabgabe zu senken.

Im Gegensatz dazu führt die Ergänzung mit energie- und proteinreichem KF bei der Gruppe 1 EP, bei gleichzeitiger Beibehaltung der Besatzdichte, zu einer Steigerung des N-Emissionspotentials. Dies resultiert daraus, dass diese Kühe im Vergleich zu den Kontrollkühen um 28% weniger Gras verzehren aber nur eine, um 10% geringere N-Ausscheidung mit einem ähnlichen Harn-N-Anteil an der Gesamt-N-Ausscheidung aufweisen.

Die KF-Ergänzung führt zu einer Zunahme der Ausscheidung von P und K. Im Jahr A, bei einer Besatzdichte von 7,3 bis 18,8 Kühe ha⁻¹, schieden die Kühe der Kontrollgruppe im Durchschnitt 4 kg P ha⁻¹ und die Kühe, die mit Energie-KF versorgt wurden, 5,8 kg P ha⁻¹ aus. Im zweiten Versuchsjahr B schieden die Kontrollkühe 1,7 kg P ha⁻¹, die Gruppe 1 E 2,6 kg P ha⁻¹ und die Gruppe 1 EP 3,1 kg P ha⁻¹, bei einer Besatzdichte von 2,8 bis 18,8 Kühe ha⁻¹, aus.

Die Kaliumausscheidungen betragen im Durchschnitt beider Versuchsjahre bei den Kontrollkühen 63,3 kg K ha⁻¹. Im Vergleich dazu schied die mit Energie-KF (1 E) versorgte Gruppe über die beobachteten Jahre 83,3 kg K ha⁻¹ aus.

Neben dem Effekt einer KF-Ergänzung mit unterschiedlichem XP-Gehalt auf die Aufnahme und die Ausscheidung von N und Mineralstoffen bei Kühen auf der Almweide untersuchten BERRY ET AL. (2001B) über den selben Zeitraum im selben Versuch die Auswirkungen von, in verschiedenen Stufen (0,5 E, 1 E und 1 EP), verabreichten Ergänzungsfuttermitteln auf Grasverzehr, Leistung und Physiologie frischlaktierender Kühe auf der Alm.

Nach BERRY ET AL. (2001B) konnte durch die zusätzliche Verabreichung der unterschiedlichen Ergänzungsfuttermittel kein eindeutiger Nutzen in bezug auf die ECM festgestellt werden. Die Milchleistung fiel in den elf Alpengwochen proportional um 33% relativ zu der im Tal erzielten Milchleistung. Der Milchfettgehalt war bei den Kühen mit KF-Ergänzung auf einem signifikant

niedrigerem Niveau als bei den Kontrollkühen, bei denen der Fettgehalt durch den Wechsel vom Tal auf die Alm zugenommen hat. Der Milchproteingehalt auf der Alm nahm, gegenüber dem im Tal gemessenen Gehalt, in allen Fütterungsgruppen ab. Die Lebendmasseveränderung wurde durch die unterschiedlichen Fütterungsregimes nicht signifikant beeinflusst. In beiden Jahren hatte die zusätzliche Fütterung von Ergänzungsfuttermitteln eine signifikante Reduktion des Grasverzehrs zur Folge. Die Verdrängung des Grasverzehrs bei der Stufe 1 E betrug, in Abhängigkeit von der verabreichten KF-Mischung 1 und der Menge von $4,59 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$, $1,6 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ für 1 kg T KF . Für die Stufe 0,5 E wurde hingegen, durch das verabreichte KF 1 im Ausmaß von $2,19 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$, eine Verdrängung des Grasverzehrs von $2,6 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ pro kg KF festgestellt. Die Verdrängung des Grasverzehrs bei der Stufe 1 EP betrug, in Abhängigkeit von der verabreichten KF-Mischung 2 und der Menge von $4,41 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$, $1,4 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ für 1 kg T KF .

BERRY ET AL. (2001B) schätzten den Gesamtfutterverzehr der Kontrollgruppe, im Mittel über beide Jahre, auf $17,4 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$. Im selben Zeitraum wurde für die Futtergruppe 1 E ein Grasverzehr von durchschnittlich $11,1 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ sowie ein Gesamtfutterverzehr von $15,2 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ festgestellt. Im Mittel über die Almperiode wurde im Jahr B der gesamte T-Verzehr für die Futtergruppe 1 EP auf $16,5 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ bzw. der Grasverzehr auf $12,5 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ geschätzt. Bei der Futtergruppe 0,5 E wurde im Jahr A der Grasfutterverzehr auf $12,1 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ sowie der Gesamtfutterverzehr auf $14,0 \text{ kg T Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ geschätzt.

Nach BERRY ET AL. (2001B) war nur die 1 EP Futtergruppe in der Lage den, unter Talbedingungen, geschätzten Energiebedarf durch eine entsprechende Energieaufnahme von $197 (\pm 22) \text{ MJ ME Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$, im Ausmaß von 105% abzudecken. Bei der Futtergruppe 1 E wurde, im Mittel für die zwei Jahre, eine Energieaufnahme von $181 (\pm 35) \text{ MJ ME Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ und eine Abdeckung des entsprechenden Energiebedarfs, unter Talbedingungen, im Ausmaß von 90% geschätzt. Für die Futtergruppe 0,5 E wurde, im Jahr A, eine mittlere Energieaufnahme von $160 (\pm 38) \text{ MJ ME Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ und eine entsprechende Bedarfsdeckung von 76% geschätzt. Bei der Kontrollgruppe wurde für die beiden

Jahre eine mittlere Energieaufnahme von 191 (± 34) MJ ME Tier⁻¹ Tag⁻¹ und eine entsprechende Bedarfsdeckung des Energiebedarfs unter Talbedingungen von 94% geschätzt.

Weidegras als primäre Proteinquelle besitzt eine hohe ruminale Abbaubarkeit. Dies führte, über alle Fütterungsgruppen und über alle Messperioden, zu einer Überschreitung der Schwelle des Milchharnstoffgehalts von 180 mg kg⁻¹, die auf zu viel ruminal abbaubares Protein hinweist. Der überschüssige Ammoniak im Pansen wird überwiegend in Form von Harnstoff über den Urin und die Milch ausgeschieden. Der durchschnittliche Milchharnstoffgehalt auf der Alm betrug über beide Jahre 302 mg kg⁻¹ Milch für die Kontrollgruppe und 216 mg kg⁻¹ Milch für die Futtergruppe 1 E. Im zweiten Jahr (B) wurde auf der Alm bei der 1 EP Futtergruppe ein durchschnittlicher Milchharnstoffgehalt von 288 mg kg⁻¹ Milch festgestellt.

BERRY ET AL. (2001B) schätzten, über beide Jahre, auf der Alm eine durchschnittliche Aufnahme von umsetzbarem Protein von 108% für die Kontrollgruppe, von 86% für die Futtergruppe 1 E und im Jahr A 81% für die Futtergruppe 0,5 E sowie im Jahr B 122% für die Futtergruppe 1 EP, im Verhältnis zu den Bedarfsnormen im Tal.

3 Tiere, Material und Methoden

3.1 Intensive Melkalm im Tiroler Unterland (Alm A)

3.1.1 Melkalm, Milchkühe und Bewirtschaftung

Alm A liegt im Tiroler Unterland auf rund 1.530 m ü.M. Das Temperatur-Jahresmittel beträgt 3,8°C und jährlich werden ca. 1.330 mm Niederschlag gemessen. Die Melkalm umfasst eine Gesamtfläche von 306 ha, davon werden 197 ha almwirtschaftlich genutzt, aber nur 144 ha können als Futterfläche für die Tiere verwendet werden.

Beidseitig eines Wildbaches, von ca. 1.460 bis auf 1.660 m ü.M. erstrecken sich, vorwiegend über die subalpine Höhenstufe, die gekoppelten Weideflächen der Milchkühe. Bis auf die Randbereiche der Kuhweide trifft man großteils auf ertragreiche Fettweiden mit guter Futterqualität, geringer Hangneigung und arrondierter Lage um den auf 1.530 m ü.M. gelegenen Almstall. Nach den Ergebnissen der Bonitur herrscht die Goldpippau-Kammgrasweide vor, die mit steigender Seehöhe in südlicher Richtung langsam in die Milchkrutweide übergeht. Im südlichsten Teil weicht die Milchkrutweide wiederum der Borstgrasweide. In westlicher Richtung kann man den Übergang in die Borstgrasweide beobachten. Östlich der Zufahrtsstraße geht die Goldpippau-Kammgrasweide allmählich in eine schwach ausgeprägte Rotschwengel-Straussgras-Weide über. Tabelle 3 zeigt einen kleinen Ausschnitt der Vegetationstabelle der einzelnen Koppeln.

Die Almhütte und der Boxenlaufstall sind durch eine LKW-befahrbare Strasse gut erreichbar. Im Almsommer 2003 wurden auf dieser Melkalm 40 Fleckvieh-, 20 Braunvieh- und 3 Holstein-Friesiankühe gealpt. Am Tag des Almauftriebes (6. Juni 2003) befanden sich die Kühe durchschnittlich im 211. (± 72) Laktationstag und waren im Durchschnitt in der 2. ($\pm 1,5$) Laktation. Am selben Tag wurde anhand der Besamungsbelege aller Milchkühe ein durchschnittlicher Trächtigkeitstag von 116 (± 54) ermittelt. Am 1. und 31. August wurde jeweils eine bzw. am 3. und 6. September wurden jeweils 2 Kühe, aufgrund der bevorstehenden Abkalbung, von

der Alm geholt. Über den gesamten Almsommer errechnet sich daraus eine mittlere Kuhzahl von 61,77.

Tabelle 3: Vegetationstabelle – Alm A

Koppel Nr.:	K 1	K 2	K 3/1	K 3/2	K 4	K 5	K 6	K 7
Jahr:	2003							
Datum:	06.Jun	19.Jun	21.Jun	21.Jun	25.Jun	25.Jun	25.Jun	06.Jun
Aufwuchs:	1	1	1	1	1	1	1	1
Reifestadium:	Beginn Ähren- Rispen- schieben	Beginn Blüte	Beginn Ähren- Rispen- schieben					
Projektive Deckung (%):	94	90	93	95	92	93	93	86
Lücken (%):	6	10	7	5	8	7	7	14
Artenzahl:	69	71	60	53	66	60	51	72
Hauptgruppen:	Massenanteile in (%):							
Gräser	48	49	49	43	55	48	44	55
Leguminosen	11	9	10	12	6	12	8	7
Kräuter	41	42	41	45	40	40	48	38
Summe Massenanteile:	100	100	100	100	100	100	100	100

Die Milchkühe wurden vom Abend des 6. Juni bis zum Morgen des 1. September 2003 ausnahmslos am Tag (von ca. 06:45 bis 18:00 Uhr), zwischen dem Morgen- und Abendmelgang, in einem Boxenlaufstall gehalten (Tabelle 4). Die restliche Zeit (von ca. 18:00 bis 06:45 Uhr) verbrachten die Kühe zur Futteraufnahme auf der Weide. Am 1. September 2003 wurde der Nachtweidegang, aufgrund der kürzeren Tage und der kühlen Temperaturen, auf Tagweidegang umgestellt. Vom Morgen des 1. September bis zum Almatrieb am 19. September 2003 wurden die Milchkühe am Tag (von ca. 08:00 bis 16:45 Uhr) auf der Weide und die restliche Zeit zwischen dem Abend- und Morgenmelgang, im Boxenlaufstall gehalten. Die Kühe wurden am Morgen (von ca. 06:45 bis 08:15 Uhr) und am Abend (von ca. 16:45 bis 18:15 Uhr) in einem 2x5 Reihenmelkstand gemolken. Im Melkstand wurde den Tieren das KF nach Leistung zugeteilt und das Heu wurde im Boxenlaufstall morgens und abends über eine Raufe verabreicht. Der Laufstall ist

zwischen den Boxen mit Selbsttränken, an den Ein- bzw. Ausgängen mit Trogtränken und mit Lecksteinen ausgestattet.

Tabelle 4: Bewirtschaftungsdaten der Koppeln – Alm A (Erhebungsperiode⁴)

U ^A	K ^B	Beginn Bestoßung		Ende Bestoßung		Bestoßung Tage	Kuhzahl MW
		Tag	Tageszeit	Tag	Tageszeit		
1	1	06. Jun.	Abend	12. Jun.	Morgen	6	63
1	2	12. Jun.	Abend	25. Jun.	Morgen	13	63
1	3/2	25. Jun.	Abend	27. Jun.	Morgen	2	63
1	3/1	27. Jun.	Abend	30. Jun.	Morgen	3	63
1	4	30. Jun.	Abend	05. Jul.	Morgen	5	63
1	5	05. Jul.	Abend	17. Jul.	Morgen	12	63
1	6	17. Jul.	Abend	01. Aug.	Morgen	15	63
2	1	01. Aug.	Abend	06. Aug.	Morgen	5	62
2	7	06. Aug.	Abend	15. Aug.	Morgen	9	62
2	2	15. Aug.	Abend	21. Aug.	Morgen	6	62
2	3/2	21. Aug.	Abend	23. Aug.	Morgen	2	62
2	3/1	23. Aug.	Abend	25. Aug.	Morgen	2	62
2	4	25. Aug.	Abend	28. Aug.	Morgen	3	62
2	5	28. Aug.	Abend	01. Sep.	Morgen	4	61,75
2	6	01. Sep.	Morgen	03. Sep.	Abend	3	61
Weidetage (Erhebungsperiode)						90	

^A Umtrieb

^B Koppel

Die gesamte Kuhweide der Alm A ist in sechs Koppeln während des 1. Umtriebes und in sieben Koppeln während des 2. Umtriebes eingeteilt (Tabelle 5). Koppel Nr. 7 wird beim 1. Umtrieb noch von den Galtrindern genutzt um den Futterüberschuss im Frühsommer zu bewältigen. Wie auf einer Portionsweide wird den Kühen durch versetzen eines Weidezaunes, bei jedem Weidegang frisches Weidefutter vorgegeben. Hinter den Kühen wird kein Ruhezaun aufgestellt. Von 6. Juni bis 3. September 2003 wurden in 90 Tagen zwei volle Umtriebe abgeschlossen. Während diesem Zeitraum, der als Erhebungsperiode bezeichnet wird, wurden vor und nach jeder Koppelbestoßung Futteraufwuchs- und

⁴ 1. und 2. Weideumtrieb

Weiderestaufnahmen durchgeführt. Danach wurden die Kühe während des 3. Umtriebes bis zum Almatrieb, am 19. September von Tag zu Tag auf eine andere Koppel getrieben. Der gesamte Almsommer auf der Alm betrug für das Jahr 2003 106 Weidetage. Während des 1. Umtriebes wurde nach der Bestoßung eine händische Weidepflege durchgeführt. Die in Tabelle 5 dargestellte Futterfläche resultiert aus der Gesamtfläche abzüglich Verunkrautung, Bachbett, Wald, Steine und verbauten Flächen.

Tabelle 5: Gesamt- und Futterfläche der Weidekoppeln – Alm A (ha)

		1. Umtrieb							
Koppel		1	2	3/2	3/1	4	5	6	
Gesamtfläche		3,96	9,32	1,19	1,67	3,00	6,65	7,53	
Futterfläche		3,45	7,61	1,17	1,60	2,63	5,00	6,00	
		2. Umtrieb							
Koppel		1	7	2	3/2	3/1	4	5	6
Gesamtfläche		3,96	5,46	4,22	1,19	1,67	3,00	7,13	8,94
Futterfläche		3,45	4,85	3,81	1,17	1,60	2,63	6,05	7,08

3.1.2 Datenerhebung

Verzehrsschätzung auf der Weide

Die Erhebung der Futteraufnahme, der Futterqualität und der daraus resultierenden Nährstoffaufnahme der Kühe auf der Weide stellt die Grundlage für Teilbereiche der Nährstoffbilanzierung und der Nährstoffverwertung dar.

Der Futterverzehr auf der Weide wurde mittels der Differenzschnittmethode geschätzt. Diese Methode erfordert Probeschnitte zu Beginn und am Ende einer Koppelbestoßung. Die Proben wurden auf ihren Gehalt an Rohwasser, XA, XP, XL, XF, XX, Ca, P, Mg, K und Na untersucht. Mittels Futteraufnahme (kg T) und Nährstoffgehalt (g kg^{-1} T) des verzehrten Weidefutters lässt sich der flächenbezogene Nährstoffentzug schätzen. Aufgrund der selektiven Futteraufnahme auf der Weide sind die Kühe in der Lage Futter aufzunehmen, das von seiner Qualität besser ist als die Durchschnittsqualität des angebotenen Weidefutters (Futteraufwuchs). Zur Quantifizierung und Integrierung der Selektion

in die Schätzung der Nährstoffaufnahme wurde neben dem Futteraufwuchs noch eine Gehalts- und Verdaulichkeitsanalyse der entsprechenden Weidereste durchgeführt. Dadurch kann abgeschätzt werden, welche Mengen an XP (N), P und K vor der Bestoßung durch die Kühe auf der Koppel vorhanden waren, bzw. wie viel davon nach der Bestoßung noch vorhanden ist. Jene Menge an XP (N), P und K die nach der Beweidung durch die Kühe nicht mehr vorhanden ist, muss zwangsläufig von den Kühen aufgenommen worden sein. Weitere Details zur Erhebung der Futteraufnahme sind in Tschöll (2004) nachzulesen.

Die XP-, P- und K-Gehalte des verzehrten Weidefutters, welche mittels Differenzschnittmethode unter Berücksichtigung von Menge und Gehalt des Weiderestes berechnet wurden, sind in Tabelle 6 dargestellt.

Der Futterverzehr beträgt im Schnitt 1.049 kg T für den 1. Umtrieb und 553 kg T ha⁻¹ F-Fl. für den 2. Umtrieb. Bezogen auf die durchschnittliche Kuhzahl pro Koppel errechnet sich ein durchschnittlicher Futterverzehr von 8,41 kg T für den 1. Umtrieb und 7,22 kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹ für den 2. Umtrieb. Der XP-Gehalt des Weidefutters belief sich auf durchschnittlich 160 g kg⁻¹ T für den 1. Umtrieb und auf 208 g kg⁻¹ T für den 2. Umtrieb. Für den 1. bzw. 2. Umtrieb wurde ein durchschnittlicher P-Gehalt von 3,60 g bzw. 3,30 g kg⁻¹ T und ein durchschnittlicher K-Gehalt von 26,50 g bzw. 32,90 g kg⁻¹ T erhoben.

Tabelle 6: Verzehr, XP-, P- und K-Gehalt des Weidefutters unter Berücksichtigung der Selektion und RNB von Futteraufwuchs und Weiderest – Alm A (Erhebungsperiode)

Koppel	1	7	2	3/2	3/1	4	5	6	MW	s _x
Futterverzehr (kg T ha⁻¹ F-Fl.)										
1. Umtrieb	924	-	935	865	996	995	1.201	1.429	1.049	±198
2. Umtrieb	702	643	725	701	626	507	346	171	553	±199
Futterverzehr (kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹)										
1. Umtrieb	8,43	-	8,69	8,04	8,42	8,31	7,94	9,07	8,41	±0,38
2. Umtrieb	7,81	5,58	7,42	6,62	8,06	7,17	8,49	6,62	7,22	±0,93
XP-Gehalt des verzehrten Futters (g kg⁻¹ T)										
1. Umtrieb	202	-	187	163	153	151	149	116	160	±28
2. Umtrieb	191	215	194	186	186	187	223	280	208	±32
P-Gehalt des verzehrten Futters (g kg⁻¹ T)										
1. Umtrieb	4,90	-	3,10	4,80	3,60	3,40	2,70	2,60	3,60	±0,80
2. Umtrieb	3,40	3,20	2,50	4,70	3,70	3,00	2,90	3,50	3,30	±0,70
K-Gehalt des verzehrten Futters (g kg⁻¹ T)										
1. Umtrieb	30,50	-	28,40	31,80	25,30	25,50	24,20	19,70	26,50	±4,10
2. Umtrieb	29,30	34,20	32,00	35,00	32,80	29,80	30,80	38,90	32,90	±3,10

Fortsetzung Tabelle 6: Verzehr, XP-, P- und K-Gehalt des Weidefutters unter Berücksichtigung der Selektion und RNB von Futteraufwuchs und Weiderest – Alm A (Erhebungsperiode)

RNB des Futteraufwuchses (g kg⁻¹ T)										
1. Umtrieb	6,2	-	4,2	0,4	1,0	1,7	2,0	0,0	2,2	±2,2
2. Umtrieb	6,1	8,4	5,5	4,4	4,0	5,2	8,8	12	6,8	±2,7
RNB des Weiderestes (g kg⁻¹ T)										
1. Umtrieb	0,4	-	1,2	-1,4	-2,7	-0,4	0,4	0,3	-0,3	±1,3
2. Umtrieb	3,4	5,7	2,1	-0,2	2,0	2,2	2,6	5,1	2,9	±1,9

Schätzung der Heu und Krafffutterergänzung

Vor dem Almauftrieb wurde loses Heu mit einem Ladewagen auf die Alm A gebracht. Die Menge dieses Heus (FM) wurde anhand der Angaben des Ladewagen-Herstellers bewertet. Während des Sommers wurde weiteres Heu in Form von Ballen auf die Alm geliefert. Das Gewicht eines solchen Heuballens in FM wurde mit einer Waage erhoben. Somit konnte über die Anzahl der Ballen die Heumenge berechnet werden. Über den Sommer wurden von zwei verschiedenen Heulieferungen, in zweifacher Wiederholung (vier Heuproben), Stichproben für die Ermittlung der Lufttrockenmasse und der Nährstoffgehalte entnommen. Die Heuproben wurden in gleicher Weise wie die Futteraufwuchs- und Weiderestproben verarbeitet und analysiert. Das Heu wurde zwischen den einzelnen Lieferungen gänzlich aufgebraucht. Dadurch war es möglich eine, über die Zeit zwischen den Lieferungen, durchschnittlich verabreichte Heumenge pro Kuh zu ermitteln.

Das KF wurde im Melkstand je nach Leistung der Kühe verabreicht. Die Zuteilung erfolgte mittels manueller Auslösung durch das Almpersonal, in Stufen zu durchschnittlich 520 g KF (T).

Die zugeteilte KF-Menge pro Tier wurde bei der Wiegung der Kühe erfasst. Je nach verabreichter KF-Menge im Melkstand, wurden die Kühe markiert und der entsprechende Wert bei der Wägung, bei der auch die Tiernummer erfasst wurde, festgehalten. Die so aufgezeichneten KF-Mengen pro Kuh wurden summiert und der Gesamtliefermenge, zur Kontrolle, gegenübergestellt. Auf diese Weise konnte die durchschnittlich verabreichte KF-Menge pro Kuh sehr genau erhoben werden. Die Futterinhaltsstoffe wurden nach Angaben des Herstellers bewertet.

In Summe wurde den Kühen auf Alm A, zusätzlich zur Futteraufnahme auf der Weide, Heu im Ausmaß von 16.176 kg T und Krafffutter im Ausmaß von 15.670 kg T während des gesamten Almsommers verfüttert.

In Tabelle 7 sind die Nährstoffgehalte des auf Alm A verfütterten Heus und Krafffutters dargestellt.

Tabelle 7: Qualität der Ergänzungsfuttermittel – Alm A

Futtermittel		Heu	Krafftutter
Trockenmasse	%	81,70	88,40
Rohnährstoffe	(g kg⁻¹ T)		
XP		128	181
Protein			
UDP	% XP	19,20	24,00
nXP	(g kg ⁻¹ T)	119	164
RNB	(g kg ⁻¹ T)	1,50	2,00
Mineralstoffe	(g kg⁻¹ T)		
P		3,60	6,80
K		28,90	9,50
Energiegehalt	(MJ kg⁻¹ T)		
NEL		5,27	7,92

Der Verzehr der Ergänzungsfuttermittel Heu und Krafftutter ist in Tabelle 8 im Mittel für alle Koppeln des 1. und 2. Umtriebes dargestellt. Der mittlere Heu-Verzehr in Trockenmasse betrug 2,5 kg T für den 1. und 2,1 kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹ für den 2. Umtrieb. Der daraus resultierende Heuverzehr in NEL liegt im Durchschnitt bei 13,2 MJ für den 1. und bei 11,1 MJ Tier⁻¹ Tag⁻¹ für den 2. Umtrieb.

Der mittlere Krafftutterverzehr in Trockenmasse beträgt über den 1. Umtrieb 3,1 kg T und für den 2. Umtrieb 1,8 kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹ und liefert im Mittel 24,6 MJ NEL und 14,3 MJ NEL Tier⁻¹ Tag⁻¹. In Summe wurden im Durchschnitt während des 1. Umtriebes 5,6 kg T und während des 2. Umtriebes 3,9 kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹ Ergänzungsfuttermittel (KF und Heu) verfüttert. Diese lieferten in Summe durchschnittlich 37,7 MJ und 25,3 MJ NEL über den 1. und 2. Umtrieb.

Bis einschließlich Koppel 4 des 1. Umtriebes blieb der Krafftutterverzehr relativ konstant. Ab Koppel 5 (1. Umtrieb) wurde bis Koppel 6 (2. Umtrieb) entsprechend der sinkenden Milchmenge kontinuierlich weniger Krafftutter verabreicht. Der starke Abfall des Verzehrs der Ergänzungsfuttermittel in Trockenmasse (kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹) und NEL (MJ Tier⁻¹ Tag⁻¹) nach Koppel 4 (1. Umtrieb) ist neben dem Rückgang der Krafftuttergaben ebenfalls auf eine geringere Heufütterung bei Koppel 6 (1. Umtrieb) und 1 (2. Umtrieb) zurückzuführen.

Tabelle 8: Ergänzungsfuttermittelverzehr – Alm A (Erhebungsperiode)

Koppel	1	7	2	3/2	3/1	4	5	6	MW	s_x
Heuverzehr (kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹)										
1. Umtrieb	2,6	-	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,1	2,5	0,2
2. Umtrieb	2,1	2,3	2,3	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	0,1
KF-Verzehr (kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹)										
1. Umtrieb	3,3	-	3,3	3,3	3,2	3,2	2,8	2,5	3,1	0,3
2. Umtrieb	2,3	2,2	1,9	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4	1,8	0,3
Ergänzungsfuttermittelverzehr (kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹)										
1. Umtrieb	5,9	-	5,9	5,9	5,8	5,8	5,4	4,6	5,6	0,5
2. Umtrieb	4,4	4,5	4,3	3,9	3,7	3,6	3,5	3,4	3,9	0,4

Tierische Leistungen

Die Milchleistung jeder Kuh wurde einmal im Monat durch ein Kontrollorgan des LKV Tirol, durch die Messung eines Probegemelkes (abwechselnd Morgen- und Abendgemelk), erfasst. Bei dieser Messung werden auch Milchproben zur Bestimmung der Milchinhaltsstoffe genommen.

Die gesamte, auf der Alm produzierte Milchmenge wurde aus der Milchliefermenge und dem Eigenverbrauch (Personal und Kälber) ermittelt. Die durchschnittlichen Milchinhaltsstoffe (Fett- und Eiweiß-%) entsprechen den Angaben des Milchverarbeiters, der Milchharnstoffgehalt wurde anhand der Ergebnisse der Leistungskontrolle im Durchschnitt aller Tiere bewertet. Für die Berechnung der auf gleichen Energiegehalt korrigierten Milchmenge (ECM) wurde die Schätzgleichung nach SJAUNJA (1984) angewendet.

Formel 1: Energiekorrigierte Milchmenge (ECM)

$$ECM = (38,1 * F^A + 24,5 * E^B + 16,6 * L^C) * (M^D / 3.140)$$

^A Fettgehalt der Milch (g kg⁻¹)

^B Eiweißgehalt der Milch (g kg⁻¹)

^C Laktosegehalt der Milch (g kg⁻¹)

^D Ermolkene Milchmenge (kg)

(SJAUNJA, 1984)

Die von den Kühen auf der Alm erbrachte Milchleistung (Liefermenge und Eigenverbrauch) beläuft sich auf insgesamt 67.329 kg. Die während der Bestoßung der einzelnen Koppeln durchschnittlich erbrachte Milchmenge (kg Tier⁻¹) und deren Milchinhaltsstoffe (%) sind in Tabelle 9 dargestellt. Im Mittel über beide Weideumtriebe und alle auf der Alm geweideten Kühe wurde eine Milchleistung von 10,5 (±3,77) kg Tier⁻¹ Tag⁻¹ mit einem durchschnittlichen Fettgehalt von 4,52%, einem durchschnittlichen Proteingehalt von 3,40% und einem durchschnittlichen Laktosegehalt von 4,79% erbracht. Umgerechnet auf die ECM entspricht diese Leistung 11,16 (±4,06) kg Tier⁻¹ Tag⁻¹.

Tabelle 9: Durchschnittliche Milchleistung, ECM (Tier⁻¹ Tag⁻¹) und Milchinhaltstoffe – Alm A (Almsommer)

Umtrieb	Koppel	Milch	Fett	Protein	Laktose	ECM
		kg	%	%	%	kg
1	1	15,20	4,63	3,37	4,80	16,38
1	2	15,30	4,63	3,37	4,80	16,49
1	3/2	14,70	4,63	3,37	4,80	15,81
1	3/1	14,90	4,63	3,37	4,80	16,03
1	4	14,10	4,44	3,32	4,80	14,87
1	5	13,40	4,44	3,32	4,80	14,13
1	6	11,00	4,44	3,32	4,80	11,56
MW	1. Umtrieb	14,10	4,55	3,35	4,80	15,04
S _x		±1,50	±0,10	±0,03	±0,00	±1,75
2	1	9,30	4,48	3,43	4,80	9,95
2	7	9,10	4,48	3,43	4,80	9,66
2	2	7,10	4,48	3,43	4,80	7,60
2	3/2	7,40	4,48	3,43	4,8	7,90
2	3/1	7,30	4,48	3,43	4,80	7,76
2	4	6,50	4,48	3,43	4,80	6,94
2	5	6,20	4,48	3,43	4,80	6,55
2	6	5,40	4,54	3,51	4,70	5,75
MW	2. Umtrieb	7,29	4,49	3,44	4,79	7,76
S _x		±1,36	±0,02	±0,03	±0,04	±1,44
MW	1. + 2. Umtrieb	10,50	4,52	3,40	4,79	11,16
S _x		±3,77	±0,08	±0,05	±0,03	±4,06
3		4,10	4,54	3,51	4,70	4,42

Die Lebendmasse der Tiere wurde, nach einer kurzen Gewöhnungsphase an die neue Umwelt auf der Alm, das erste Mal am 10. Juni 2003 (vier Tage nach dem Almauftrieb) erfasst. Die weiteren drei Wiegeungen fanden am 7. Juli, 11. August und 8. September 2003 statt. Die Kühe wurden am Morgen nach dem Nachtweidegang zum Melken in den Stall getrieben. Das Wiegen der Tiere erfolgte bei den ersten drei Terminen nach dem Morgengemelk beim Verlassen des Melkstandes. Am 1. September wurde auf Tagweidegang umgestellt und die

Tiere wurden nicht mehr am Morgen sondern am Abend zum Melken von der Weide in den Stall getrieben. Aus Gründen der Vergleichbarkeit fand deshalb die letzte Wiegung nicht mehr nach dem Morgen- sondern nach dem Abendgemelk statt.

In Tabelle 10 ist die Gewichtsentwicklung der Kühe auf Alm A im Verlauf des Almsommers dargestellt. Die mittlere Lebendmasse der Kühe, aus 233 Wägungen, betrug 635 (± 69) kg.

Tabelle 10: Gewichtsverlauf – Alm A (Almsommer)

Parameter	Datum der Gewichtsfeststellung				Gesamt
	10.06.03	07.07.03	11.08.03	08.09.03	
Gewicht (kg)	611	622	649	659	635
s _x (kg)	± 65	± 66	± 68	± 69	± 69
Anzahl (n)	58	59	63	55	233

Über den Almsommer ergibt sich eine Lebendmassezunahme von 48,6 kg. Die größte Zunahme der Kühe wurde mit 27 kg zwischen der Wägung vom 07. Juli und 11. August 2003 festgestellt.

Diese Differenz kann auf mehrere Faktoren zurückgeführt werden. Zum Einen auf die Gewichtszunahme bedingt durch die Trächtigkeit und zum Anderen auf die Gewichtszunahme bewirkt durch den Körperansatz (z.B. Bildung von Reserven für die kommende Laktation). Um den jeweiligen Anteil dieser beiden Faktoren an der Lebendmassezunahme zu schätzen, wurde folgende Vorgangsweise gewählt. KIRCHGEßNER (1997) gibt für die unterschiedlichen Trächtigkeitsmonate entsprechende Gewichtsveränderungen, bedingt durch die fortschreitende Gravidität an. Das durchschnittliche Trächtigkeitsmonat aller Tiere im Zeitraum der Wiegungen wird anhand der Belegdaten berechnet. Daraus kann geschätzt werden, wie groß der Anteil der durch die Trächtigkeit bedingten Gewichtszunahme an der gesamten Lebendmassezunahme während des Beobachtungszeitraumes ist. Die Differenz entspricht der Gewichtszunahme durch den Körperansatz. Dividiert man diesen Körperansatz durch die Anzahl der Tage des Beobachtungszeitraumes, so erhält man die durchschnittliche Tageszunahme

der Tiere. Ausgehend von dieser Tageszunahme kann über den durchschnittlichen Proteinansatz auf den Stickstoffansatz geschlossen werden. Nach KIRCHGEßNER (1997) kann anhand der geschätzten Tageszunahme und der erhobenen Lebendmasse von einem Proteinansatz von ca. 14% ($22,4 \text{ g N kg}^{-1} \text{ TZ}$) ausgegangen werden.

Mit $26 \text{ g N kg}^{-1} \text{ TZ}$ verwenden ESTERMANN ET AL. (2001) in ihrer Bilanzierung einen ähnlich hohen Stickstoffansatz. Da der Protein- und damit auch der Stickstoffansatz mit steigender Lebendmasse abnimmt und es sich bei den, in der vorliegenden Arbeit, beobachteten Tieren um ausgewachsene Rinder handelt, wird die Schätzung nach der Ableitung aus den Daten von KIRCHGEßNER (1997) durchgeführt. Der P- und K-Ansatz in der Tageszunahme wurde wie bei Alm C anhand der Angaben in DLG (1986) bewertet (Kapitel 3.3.2).

Tabelle 11: N-, P- und K-Ansatz der Tageszunahme – Alm A (Almsommer)

Parameter	Gesamt
Durchschnittliche Lebendmassezunahme (kg Tier^{-1})	48,6
Davon	
Trächtigkeit (kg Tier^{-1})	17,0
Körperansatz (kg Tier^{-1})	31,6
Tageszunahme (Körperansatz, $\text{g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$)	346,8
Protein-Ansatz ($\text{g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$)	48,6
N-Ansatz ($\text{g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$)	7,8
P-Ansatz ($\text{g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$)	2,6
K-Ansatz ($\text{g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$)	0,7
Gesamt N-Ansatz ⁵ (kg)	43,7
Gesamt P-Ansatz ⁵ (kg)	14,6
Gesamt K-Ansatz ⁵ (kg)	3,7

Beim Vergleich des N-Ansatzes ($7,8 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$), berechnet anhand der erhobenen Tageszunahme, mit dem in der Stall-Bilanz berechneten N-Ansatz ($7,5 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$) kann man erkennen, dass die Daten bei unterschiedlichen Berechnungsmethoden sehr gut überein stimmen.

Der durchschnittliche Trächtigkeitstag aller gealpten Kühe auf Alm A wurde ausgehend vom Belegdatum berechnet und in Tabelle 12 für jede Koppel dargestellt. Kühe die während des Almsommers abgeholt wurden fließen ab dem Tag ihres Abtransportes nicht mehr in die Berechnung mit ein. Am Tag des Almauftriebes befanden sich die Kühe durchschnittlich im 116. (± 54) und beim Almatrieb im 215. (± 52) Trächtigkeitstag, bei einer mittleren Trächtigkeitsdauer beim Rind von 285 Tagen.

Tabelle 12: Mittlerer Trächtigkeitstag – Alm A (Almsommer)

Umtrieb	Koppel	Mittlerer Trächtigkeitstag
Almauftrieb		116
1	1	119
1	2	128
1	3/2	136
1	3/1	138
1	4	142
1	5	151
1	6	164
2	1	173
2	7	180
2	2	187
2	3/2	191
2	3/1	193
2	4	196
2	5	199
2	6	202
Almatrieb		215

Tierische Ausscheidungen

Die Nährstoffausscheidungen der Tiere im Stall konnten anhand der anfallenden Güllemenge und der Analyse einer gezogenen Gülleprobe erhoben werden. Die Güllemenge wurde über die Größe der Güllegrube (4 m Tiefe und 10 m Durchmesser) und durch die Messung des Abstandes vom Güllepegel bis zur Decke der Güllegrube gemessen. Die erste Messung erfolgte am ersten Almtag. Weitere folgten vor und nach jeder Gülleausbringung sowie am Tag des Almatriebes. Die Nährstoffausscheidung auf der Weide ist nur schwer zu messen

und mit einem hohen Aufwand verbunden. Aus diesem Grund wurden die gesamten Ausscheidungen⁵ (Gülleausscheidung (kg Tier⁻¹ Tag⁻¹), Stickstoffausscheidung (g Tier⁻¹ Tag⁻¹), Phosphorausscheidung (g Tier⁻¹ Tag⁻¹) und Kaliumausscheidung (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)) mittels Regressionsgleichungen geschätzt.

Formel 2: Gülleausscheidung mit 10% T (kg Tier⁻¹ Tag⁻¹)

$$Ec_s^A = 53,09 + 0,007 LW^B + 0,028 (IF^C * XP_F^D) + 0,025 (IC^E * XP_C^F) + 0,336 (IC * NEL_C^G) - 0,011 (IC * XP_F) - 0,232 (IC * NEL_F^H) - 0,067 (XP_T^I * NEL_T^J)$$

$$RSD^K = 2,3; RSD = 3,4\%; (R^2)^L = 94,7\%$$

- ^A Gülleausscheidung mit 10% T (kg Tier⁻¹ Tag⁻¹)
^B Lebendmasse (kg)
^C Grundfutteraufnahme (kg T Tag⁻¹)
^D Konzentration an Rohprotein im Grundfutter (g kg⁻¹ T)
^E Krafffutteraufnahme (kg T Tag⁻¹)
^F Konzentration an Rohprotein im Krafffutter (g kg⁻¹ T)
^G Energiekonzentration (NEL) des Krafffutters (MJ kg⁻¹ T)
^H Energiekonzentration (NEL) des Grundfutters (MJ kg⁻¹ T)
^I Konzentration an Rohprotein in der gesamten Ration (g kg⁻¹ T)
^J Energiekonzentration (NEL) in der gesamten Ration (MJ kg⁻¹ T)
^K Residualstandardabweichung
^L Bestimmtheitsmaß

(GRUBER ET AL., 1999)

Formel 3: Stickstoffausscheidung (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)

$$Ec_N^A = -0,6 + 0,106 (IF^B * XP_F^C) + 1,153 * (IC^D * NEL_C^E) + 0,0605 * (XP_T^F * NEL_T^G)$$

$$RSD^H = 27; RSD = 10,4\%; (R^2)^I = 85,8\%$$

- ^A Stickstoffausscheidung (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)
^B Grundfutteraufnahme (kg T Tag⁻¹)
^C Konzentration an Rohprotein im Grundfutter (g kg⁻¹ T)
^D Krafffutteraufnahme (kg T Tag⁻¹)
^E Energiekonzentration (NEL) des Krafffutters (MJ kg⁻¹ T)
^F Konzentration an Rohprotein in der gesamten Ration (g kg⁻¹ T)
^G Energiekonzentration (NEL) in der gesamten Ration (MJ kg⁻¹ T)
^H Residualstandardabweichung
^I Bestimmtheitsmaß

(GRUBER ET AL., 1999)

⁵ Stallfallend

Formel 4: Phosphorausscheidung (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)

$$E_{C_P}^A = 5,14 + 0,019 LW^B + 1,262 IT_T^C + 0,136 * IP_T^D + 0,082 * C\%^E +$$

$$0,045 * XP_F^F - 3,062 * NEL_F^G$$

$$RSD^H = 3,9; RSD = 10,9\%; (R^2)^I = 72,0\%$$

-
- ^A Phosphorausscheidung (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)
^B Lebendmasse (kg)
^C Gesamtfutteraufnahme (kg T Tag⁻¹)
^D Aufnahme an Phosphor (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)
^E Kraftfutteranteil an Gesamtration (% der Gesamtfutteraufnahme)
^F Konzentration an Rohprotein im Grundfutter (g kg⁻¹ T)
^G Energiekonzentration (NEL) des Grundfutters (MJ kg⁻¹ T)
^H Residualstandardabweichung
^I Bestimmtheitsmaß
-

(GRUBER ET AL., 2000)

Formel 5: Kaliumausscheidung (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)

$$E_{C_K}^A = -18,60 + 0,024 * LW^B + 11,737 * IT_T^C + 0,106 * IK_T^D - 0,988 * C\%^E +$$

$$0,360 * XP_F^F - 21,029 * NEL_F^G$$

$$RSD^H = 15,5; RSD = 10,9\%; (R^2)^I = 87,1\%$$

-
- ^A Kaliumausscheidung (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)
^B Lebendmasse (kg)
^C Gesamtfutteraufnahme (kg T Tag⁻¹)
^D Aufnahme an Kalium (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)
^E Kraftfutteranteil an Gesamtration (% der Gesamtfutteraufnahme)
^F Konzentration an Rohprotein im Grundfutter (g kg⁻¹ T)
^G Energiekonzentration (NEL) des Grundfutters (MJ kg⁻¹ T)
^H Residualstandardabweichung
^I Bestimmtheitsmaß
-

(GRUBER ET AL., 2000)

Die für die Schätzung notwendigen Parameter wurden im Durchschnitt über die gesamte Erhebungsperiode (1. und 2. Umtrieb) ermittelt, in die Regressionsgleichungen eingesetzt und für den gesamten Almsommer hochgerechnet. Die NEL-, XP-, (N), P- und K-Gehalte des, mit Berücksichtigung der Selektion, verzehrten Weidegrases wurden mit der jeweiligen Futteraufnahme der Koppel gewichtet. Daraus wurden, über die zwei Weideumtriebe, mittlere NEL-, XP-, (N), P- und K-Gehalte des aufgenommenen Weidefutters berechnet. Die NEL-, XP-, (N), P- und K-Gehalte des zugefütterten Heus und Kraftfutters wurden anhand der Analyseergebnisse bzw. der Angaben des KF-Herstellers eingesetzt. Die durchschnittliche Aufnahme von Weidegras, Heu und Kraftfutter

wird mit dem entsprechenden Nährstoffgehalt multipliziert. Das Ergebnis entspricht der mittleren Aufnahme von NEL, XP (N), P und K und wird in die Regression eingesetzt. Ausgehend von den, mittels Regression, geschätzten Nährstoff- und Gülleausscheidungen der Kühe können die entsprechenden Nährstoffgehalte der Gülle berechnet werden. Die Differenz zwischen der mittels Regression geschätzten, gesamten und der in der Güllegrube gemessenen Gülle-, P- und K-Menge entspricht den Ausscheidungen von Gülle, P und K auf der Weide (Weideausscheidung).

Bei der Schätzung des auf der Weide ausgeschiedenen Stickstoffs muss, aufgrund der bereits während der Ausscheidung im Stall auftretenden Verluste, eine andere Berechnung angewandt werden. Die während des Weidegangs geschätzte Gülleausscheidung wird mit dem, aus den Ergebnissen der Regression berechneten N-Gehalt der Gülle multipliziert. Daraus ergibt sich der, auf der Weide anfallende, stallfallende N.

Die Differenz zwischen geschätzter Gesamt-N-Ausscheidung (stallfallend), erfasster N-Ausscheidung in der Güllegrube und der N-Ausscheidung auf der Weide (stallfallend) entspricht dem Verlust von der Ausscheidung bis zur Probennahme in der Güllegrube, unmittelbar vor der Gülleausbringung.

In der Güllegrube der Alm A wurde eine gesamte, von den Kühen im Stall ausgeschiedene, Güllemenge von 367 m³ mit einem Trockenmassegehalt von 3,472% gemessen. Dies entspricht einer Güllemenge von 128 m³ mit einem Trockenmassegehalt von 10%. Die Gehalte der Gülle sind in Tabelle 13 dargestellt. Die ermittelten Gehalte wurden zusätzlich auf eine Gülle mit einem Trockenmassegehalt von 10% hochgerechnet.

Tabelle 13: Gehalte der Gülle – Alm A (Güllegrube)

Parameter	Einheit	Gehalt	Gehalt
pH-Wert		8,15	
Trockenmasse	%	3,47	10
Trockenmasse	g kg ⁻¹ FM	34,72	100
Rohasche	g kg ⁻¹ FM	6,01	17,31
Gesamtstickstoff	g kg ⁻¹ FM	1,61	4,64
Ammoniumstickstoff	g kg ⁻¹ FM	0,72	2,07
Phosphor	g kg ⁻¹ FM	0,19	0,55
Kalium	g kg ⁻¹ FM	1,86	5,36
Calcium	g kg ⁻¹ FM	0,48	1,38
Magnesium	g kg ⁻¹ FM	0,24	0,69

Die ermittelten Nährstoffmengen in Tabelle 14 ergeben sich aus dem Produkt der erfassten Güllemenge und dem jeweiligen Nährstoffgehalt.

Tabelle 14: Nährstoffmengen – Alm A (Güllegrube)

Parameter	Einheit	N	P	K
Gesamt	kg	591	70	683
Pro ha Futterfläche	kg	20,4	2,4	23,5
Pro Tier und Almsommer	kg	9,6	1,1	11,1
Pro Tier und Tag	g	91	11	105

Mittels der Regressionen von GRUBER ET AL. (1999 UND 2000) wurde, ausgehend vom geschätzten Gesamtfutterverzehr während der Erhebungsperiode, eine gesamte, von den Kühen im Laufe des Almsommers ausgeschiedene, Güllemenge von 303 t mit einem Trockenmassegehalt von 10% geschätzt.

Die Gehalte der Gülle und die Ausscheidungen sind in Tabelle 15 dargestellt. Die gesamte Nährstoffmenge berechnet nach der Regression von GRUBER ET AL. (1999) ist in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 15: Ausscheidung und Nährstoffgehalte der Gülle nach Regression – Alm A (stallfallend)

Parameter	Einheit	Gehalt
Trockenmasse	%	10
Trockenmasse	g kg ⁻¹ FM	100
Ausscheidung an Gülle	kg Tier ⁻¹ Tag ⁻¹	46,69
Ausscheidung an Stickstoff	g Tier ⁻¹ Tag ⁻¹	254,88
Ausscheidung an Phosphor	g Tier ⁻¹ Tag ⁻¹	31,63
Ausscheidung an Kalium	g Tier ⁻¹ Tag ⁻¹	98,44
Gesamtstickstoff	g kg ⁻¹ FM	5,46
Phosphor	g kg ⁻¹ FM	0,68
Kalium	g kg ⁻¹ FM	2,11

Tabelle 16: Nährstoffmengen nach Regression – Alm A (stallfallend)

Nährstoffe	Einheit	N	P	K
Gesamt	kg	1.653	205	638
Pro ha Futterfläche	kg	56,9	7,1	22,0
Pro Tier und Almsommer	kg	26,8	3,3	10,3

Die Kaliumausscheidung konnte mittels der Regression von GRUBER ET AL. (2000) nicht richtig geschätzt werden. Die im Almstall festgestellte Menge an Kalium übertrifft die durch die Regression geschätzte Gesamtausscheidung an Kalium (Tabelle 14 und 16). Deshalb wurde für die Schätzung der Gesamtkaliumausscheidung, die nach der Regression geschätzte Güllemenge mit dem in der Güllegrube ermittelten Kaliumgehalt (Tabelle 13) multipliziert. Das Ergebnis liefert die gesamte Kaliumausscheidung der Kühe auf der Alm im Ausmaß von 1.622 kg (Tabelle 17).

Tabelle 17: Gesamtkaliumausscheidung – Alm A

Parameter	Einheit	K
Gesamt	kg	1.622
Pro ha Futterfläche	kg	55,9
Pro Tier und Almsommer	kg	26,3
Pro Tier und Tag	g	250

Die während des Weidegangs von Umtrieb 1 und 2 angefallenen Nährstoffausscheidungen sind in Tabelle 18 dargestellt.

Die Stickstoffausscheidung beim Weidegang wird auf 957 kg geschätzt. Die auf der Weide anfallende Phosphorausscheidung beläuft sich auf 135 kg und die Kaliumausscheidung auf 939 kg.

Tabelle 18: Nährstoffausscheidungen beim Weidegang – Alm A (stallfallend)

Parameter	Einheit	N	P	K
Gesamt	kg	957	135	939
Pro ha Futterfläche	kg	32,9	4,7	32,3
Pro Tier und Almsommer	kg	15,5	2,2	15,2
Pro Tier und Tag	g	148	20,9	144,8

3.2 Extensive Melkalm im Tiroler Oberland (Alm B)

3.2.1 Melkalm, Milchkühe und Bewirtschaftung

Diese extensive Melkalm liegt im Paznauntal, im Tiroler Oberland. Die Alm erstreckt sich mit Ausnahme eines kleinen Waldanteils und vereinzelt Zirben über Holz. Das Gelände ist hügelig, leicht geneigt und bis zum Grat bewachsen. Das Almgebäude liegt auf einer Höhe von 2.060 m ü.M. und ist über eine, mit dem LKW befahrbaren Strasse erreichbar. Die Almflächen erstrecken sich von etwa 1.960 bis 2.400 m ü.M. und umfassen eine Gesamtfläche von 573 ha. Allerdings können davon nur etwa 180 ha als Weide für die Tiere genutzt werden. Die Futterqualität ist mittelmäßig bis sehr gut, jedoch wird die Weide immer wieder von großen verwachsenen Flächen unterbrochen die für das Vieh wertlos sind. Im Sommer 2003 wurden auf dieser Alm insgesamt 62 Kühe geweidet, davon waren der Großteil Kühe der Rasse Braunvieh (57 Stück). Weiters wurden 4 Grauvieh- und eine Holsteinkuh aufgetrieben. Die Tiere wurden am 26. Juni 2003 auf die Alm auf- und am 18. September 2003 von der Alm abgetrieben. Die gealpten Kühe befanden sich im Durchschnitt in der dritten Laktation, und im 207. (± 63) Laktationstag. Am Tag des Almauftriebs waren die Milchkühe durchschnittlich 88 (± 71) Tage trächtig.

Während des Tages weideten die Kühe auf den Almflächen, die Tiere hatten mitunter weite Strecken zurückzulegen, sie gingen bis zu einer Stunde zur Weide. Während der Nacht blieben sie im Anbindestall. Die Krafftutterergänzung erfolgte von Hand und nach Leistung. Gemolken wurde mit einer Eimermelkanlage und die anfallende Milch wurde zur Gänze auf der Alm zu Butter und Käse verarbeitet.

3.2.2 Datenerhebung

Schätzung der Heu und Krafftutterergänzung

Als Ergänzung zum Futterangebot auf der Weide wurde den Kühen auf Alm B während des Almsommers 2003 Heu aus der Belüftungstrocknung im Ausmaß von 5.487 kg T und 6.718 kg T Krafftutter zugefüttert.

Tabelle 19 gibt einen Überblick über die Nährstoffgehalte der zugefütterten Futtermittel. Die Gehalte des Heus wurden aus BUCHGRABER ET AL. (1998) übernommen, die des Krafftutters entsprechen den Angaben des Herstellers.

Tabelle 19: Qualität der Ergänzungsfuttermittel – Alm B

Futtermittel		Heu	Krafftutter
Trockenmasse	%	86	88
Rohnährstoffe	(g kg⁻¹ T)		
XP		113	200
Protein			
nXP	(g kg ⁻¹ T)	118	164
RNB	(g kg ⁻¹ T)	-1	6
Mineralstoffe	(g kg⁻¹ T)		
P		2,8	7,9
K		23,2	9,3
Energiegehalt	(MJ kg⁻¹ T)		
NEL		5,17	7,58

Umgelegt auf die 62 Kühe und den gesamten Almsommer errechnet sich ein mittlerer Heuverzehr von 1,05 kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹. Daraus resultiert ein durchschnittlicher Verzehr in NEL von 5,4 MJ Tier⁻¹ Tag⁻¹. Der mittlere Krafftutterverzehr beträgt im gleichen Zeitraum 1,29 kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹ und liefert 9,8 MJ NEL Tier⁻¹ Tag⁻¹.

Tierische Leistungen

Milchleistung und Milchinhaltsstoffe wurden einmal im Monat durch ein Kontrollorgan des LKV Tirol, im Rahmen der Leistungskontrolle, erfasst.

Die gesamte auf der Alm produzierte Milchmenge wurde anhand der Aufzeichnungen der Käserei der Alm B ermittelt. Die durchschnittlichen Milchinhaltsstoffe (Fett-%, Eiweiß-% und Laktose) entsprechen den Ergebnissen der Leistungskontrolle. Für die Berechnung der auf gleichen Energiegehalt korrigierten Milchmenge (ECM) wurde die Schätzgleichung nach SJAUNJA (1984) angewendet (Formel 1).

Die von den Kühen auf der Alm erbrachte Milchleistung beträgt insgesamt 38.175 kg mit einem durchschnittlichen Fettgehalt von 4,37%, einem

durchschnittlichen Proteingehalt von 3,55% und einem durchschnittlichen Laktosegehalt von 4,74%. Umgerechnet auf die ECM, entspricht diese Leistung 40.385 kg ECM. Das ergibt eine durchschnittlich erbrachte Milchmenge von 7,3 kg Tier⁻¹ Tag⁻¹ bzw. 7,8 kg ECM Tier⁻¹ Tag⁻¹.

Ausgehend vom Belegdatum aller Kühe auf Alm B wurde der durchschnittliche Trächtigkeitstag berechnet. Kühe die während des Almsommers abgeholt wurden fließen ab dem Tag ihres Abtransportes nicht mehr in die Berechnung mit ein. Am Tag des Almauftriebes befanden sich die Kühe durchschnittlich im 88. (± 71) und beim Almabtrieb im 155. (± 95) Trächtigkeitstag, bei einer mittleren Trächtigkeitsdauer beim Rind von 285 Tagen.

3.3 Mutterkuh- und Galtviehalm in der Steiermark (Alm C)

3.3.1 Alm, Tiere und Bewirtschaftung

Diese Pachtalm für Galtvieh und Mutterkühe liegt in der Steiermark, im Nationalpark Gesäuse. Bewirtschaftet wird die Alm von einer Weidegemeinschaft, elf Bauern sind berechtigt ihre Tiere zu alpen.

Im Almsommer 2003 wurden die ersten Tiere bereits am 26. Mai und die letzten Tiere am 27. Juni aufgetrieben, ansonsten erfolgt der Auftrieb zumeist gegen Mitte Juni. Von der Alm abgetrieben werden die Rinder je nach Witterung und Weide Mitte September. 2003 fand der Almadtrieb am 6. September statt. Insgesamt wurden 104 Rinder unterschiedlicher Kategorien aufgetrieben. Davon waren 12 Stück Ochsen der Rasse Fleckvieh, sowie Fleckviehkreuzungen mit Limousin, Weißblaue Belgier und Braunvieh. Weiters wurden 67 Kalbinnen der Rassen Braunvieh, Fleckvieh, Holstein Friesian, Pinzgauer und unterschiedliche Gebrauchskreuzungen aufgetrieben. Zusätzlich wurden noch 19 Mutterkühe der Rassen Braunvieh, Limousin, Fleckvieh und andere Kreuzungen, zum Teil mit ihren Kälbern, gealpt.

Die Alm erstreckt sich über mehrere Höhenstufen – beginnend unter der Waldgrenze auf etwa 1.200 m ü.M. zieht sich die Weide bis 1.680 m ü.M. Die Vegetation der Alm ist sehr unterschiedlich und reicht von Alpinen Kalkmagerrasen über ertragreiche Fettweiden sowie Moore und Latschenfelder bis zu hochmontanen Fichtenwäldern. Insgesamt erstreckt sich die Alm auf einer Fläche von rund 177 ha davon dienen etwa 93 ha als Futterfläche.

Die gesamte Almfläche gliedert sich in ca. 28 ha Fettweiden und Fettrasen, 54 ha Magerweiden und Magerrasen und 2,5 ha Nassweiden, Nasswiesen und Quellfluren. Anders ausgedrückt können rund 76 ha als Almweide und 25 ha als Weide im Baumverbund bezeichnet werden. Ein Teil der Fettweiden ist mit Almampfer verunkrautet.

Die Restfläche teilt sich auf Hochstauden- und Lägerfluren, Gebüsch und Krummholzbestände, Wälder und sonstige unproduktive Flächen wie Schutt, Gewässer, Gebäude und Wege auf.

Die ertragreichen Reinweiden werden mäßig bis intensiv beweidet, die Flächen werden relativ ausgewogen bestoßen und das Potential größtenteils ausgenutzt.

Zur Alpmung von Kühen sind etwa 45 ha (26%) der Almfläche optimal geeignet, hierzu zählen vor allem die gut erreichbaren Weideflächen, Fettweiden und Magerweiden. Der größte Teil der Weide (72 ha oder etwa 41%) sind für die Alpmung von Jungvieh geeignet. Hier vor allem der Grossteil der Mager- und Waldweiden. Die Weideflächen werden als Standweide mit einem geringen Umtrieb bewirtschaftet.

Zu der Alm gehört ein kleiner See, sowie einige kleine Bäche und Quellen die das Almvieh mit Wasser versorgen. Die Almhütte und der Stall sind auf einer Fahrstrasse erreichbar.

3.3.2 Datenerhebung

Schätzung der Heu und Krafftutterergänzung

Als Futtergrundlage steht den Tieren auf Alm C einzig das dort gewachsene Weidegras zur Verfügung. Entgegen den bereits angeführten Almen wird hier vollständig auf die Zufütterung von Heu oder Krafftutter verzichtet.

Tierische Leistungen

Anders als bei den anderen Almen besteht die tierische Leistung auf Alm C ausschließlich aus den Tageszunahmen des Galtviehs und der von den Mutterkühen gesäugten Kälbern sowie den Zuwächsen während der Gravidität (Trächtigkeitsansatz).

Lebendmasse und Tageszunahme der Tiere wurden anhand von Literaturangaben geschätzt. Die Lebendmasse ist für die Annahme der Tageszunahme selbst und in Kombination mit derselbigen für die Ableitung des Proteinansatzes aus Tabellenwerken maßgeblich.

Aufgrund der vermehrt auftretenden Gebrauchskreuzungen in der Mutterkuhhaltung und der herkömmlichen Rindermast wurden auch auf die Alm C

mehrere solche Tiere aufgetrieben. Bei diesen Tieren war eine Veranschlagung der Lebendmasse besonders schwierig.

Bei der Schätzung der Lebendmasse der gealpten Ochsen und Mastkalbinnen (Gebrauchkreuzungen) wurde folgende Methode angewandt: Anhand der Daten aus der Fleischleistungskontrolle (ZAR, 2005) wurden für die Berechnung der Lebendmasse rassenspezifische Tageszunahmen herangezogen, mit dem Alter multipliziert und das Geburtsgewicht addiert.

Für die Berechnung der Lebendmasse bei Kalbinnen mit einem Alter unter 24 Monaten und Kälbern wurden wiederum rassen- bzw. altersspezifische Tageszunahmen verwendet.

Für das Lebendgewicht der Mutterkühe und Kalbinnen mit einem Alter über 24 Monaten wurde das durchschnittliche rassenspezifische Gewicht ausgewachsener weiblicher Tiere herangezogen.

Die Schätzung der Tageszunahme der wachsenden Tiere auf der Alm stellte sich ebenfalls als sehr schwierig heraus, denn diesbezügliche Informationen sind nur spärlich vorhanden. In Versuchen von Zaugg (1975), zitiert nach KÜNZI ET AL. (1988), schwankt die Tageszunahme auf Almen je nach Vorbereitung und Fütterung der Tiere am Heimbetrieb zwischen 721 g und $-74 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$. Michel (1988), zitiert nach KÜNZI ET AL. (1988), berechnete ebenfalls Tageszunahmen in Abhängigkeit von Vorbereitungsfütterung und Erstkalbealter. Dabei ermittelte er bei Fleckviehtieren Schwankungen der Tageszunahmen von ca. 300 g bis ca. -190 g Tag^{-1} bzw. ca. 240 bis $-260 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ bei Holstein Tieren. Hohe Fütterungsintensität und Alter haben einen negativen Einfluss auf die Tageszunahme auf Weiden. Nach KÜNZI ET AL. (1988) konnten bezüglich der Tageszunahme auf der Almweide auch keine gesicherten Unterschiede zwischen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein Friesian festgestellt werden. Bossart (1988), zitiert nach KÜNZI ET AL. (1988), ermittelte bei Untersuchungen zum kompensatorischen Wachstum von Braunviehochsen einmal eine durchschnittliche Tageszunahme von $386 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ und bei einem weiteren Versuch $243 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$. Aufgrund dieser Untersuchungen sind die Tageszunahmen auf Almen relativ niedrig zu veranschlagen. In der vorliegenden Arbeit wurde diesem Umstand Rechnung getragen und je nach Alter, Rasse,

Geschlecht und Fütterung (saugende Kälber) Tageszunahmen von 400g bis 1.000 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ angenommen. Bei Tieren im fortgeschrittenen Trächtigkeitsstadium und Tieren die eine Milchleistung zu erbringen hatten (Mutterkühe) wurde aufgrund der fehlenden Ergänzungsfütterung keine Tageszunahme veranschlagt. In diesen Fällen ist durch die Berücksichtigung des Ansatzes in der Gravidität (Reproduktionsorgane, Fötus, Milchdrüse und Trächtigkeitsanabolismus) bzw. der Tageszunahme der saugenden Kälber die auf der Alm erbrachte Leistung in ausreichender Weise berücksichtigt.

Ausgehend von der geschätzten Lebendmasse und Tageszunahme wurde der Proteinansatz (Stickstoffansatz) wachsender Tiere, außer bei den Kälbern, anhand von Tabellenwerten nach KIRCHGEßNER (1997) bewertet. Bei den Kälbern wurde nach KREUZER ET AL. (2000) je kg Gewichtszuwachs 26 g retinierter N Tier⁻¹ Tag⁻¹ angenommen. Ein vergleichbarer Wert wurde auch von ESTERMANN ET AL. (2001) ermittelt. Der Phosphor- und Kaliumanteil im Zuwachs wurde anhand der Angaben in DLG (1986) bewertet. Multipliziert mit der Tageszunahme erhält man den Phosphor- und Kaliumansatz Tier⁻¹ Tag⁻¹.

Beim Almauftrieb am 1. Juni wurde anhand des Belegdatums über alle zu diesem Zeitpunkt anwesenden trächtigen Tiere ein mittlerer Trächtigkeitstag von 99 (± 52) ermittelt. Zum Zeitpunkt des Almabtriebes befanden sich alle noch trächtigen Tiere im 170. (± 60) Trächtigkeitstag. Später aufgetriebene Tiere bzw. Tiere die während des Almsommers abgeholt wurden bzw. abgekalbt haben fließen erst ab diesem Tag bzw. danach nicht mehr in die Berechnung mit ein.

3.4 Nährstoffbilanzierung und -verwertung

Nach HEGE (2005) und Hege (1997), zitiert nach PÖTSCH (1998), kann der Nährstoffsaldo landwirtschaftlicher Produktionssysteme prinzipiell auf zwei Arten kalkuliert werden. Schlagbezogen als Flächen-Bilanz⁶ und betriebsbezogen als Hoftor-Bilanz (black box). Daneben kann über den Nährstoffumsatz auf Tierbasis eine Stall-Bilanz erstellt werden. Die Kombination aus Flächen- und Stall-Bilanz ermöglicht die gesamtheitliche Darstellung der Nährstoffflüsse von Weide und Stall (Tier) in einem sog. Feld-Stall-Kreislauf. Die Futter- und Nährstoffumwandlung in Leistungsprodukte während der zwei Umtriebe ermöglicht einen Überblick über den Verlauf der Nährstoffeffizienz des Produktionssystems.

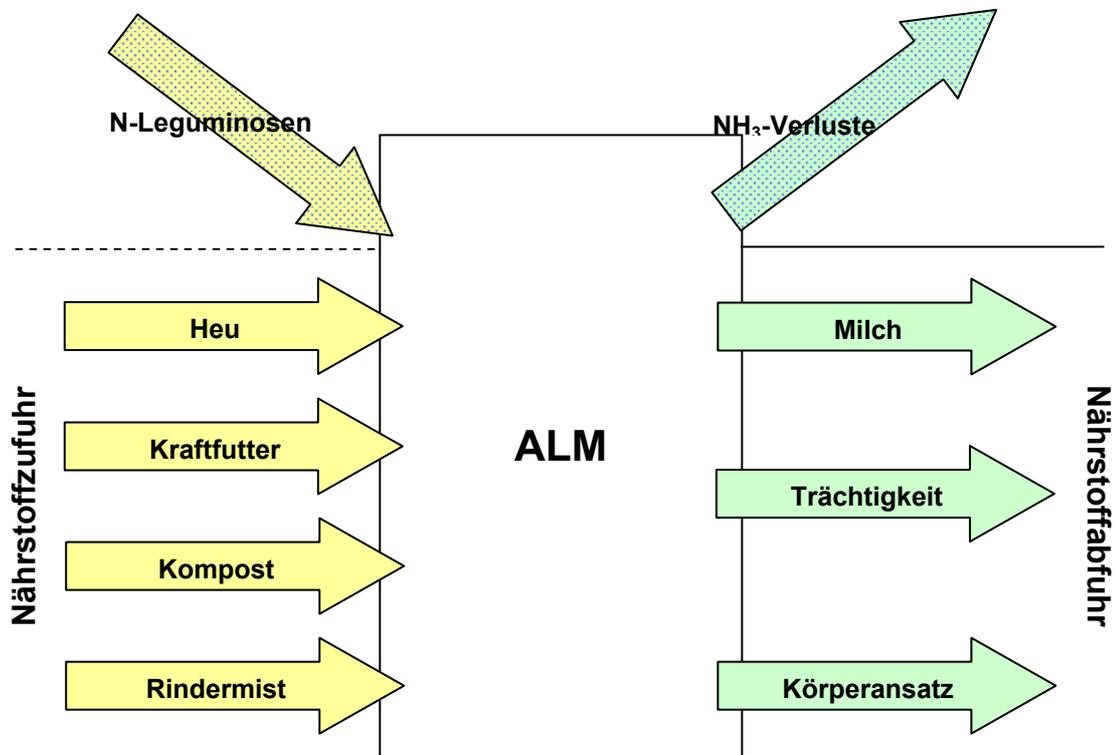
Um die Nährstoffflüsse sowie deren Effizienz auf Systemebene darzustellen wurde für die Alm A eine Hoftor-Bilanz, eine Flächen-Bilanz, eine Stall-Bilanz (Nährstoffumsatz der Milchkühe), ein Feld-Stall-Kreislauf sowie die Futter- und Nährstoffumwandlung in Leistungsprodukte berechnet. Aufgrund der eingeschränkten Datenmenge wurde für die Alm B und für die Alm C, zur Sichtbarmachung der Nährstoffflüsse, anhand der vorliegenden Daten rein auf die Hoftor-Bilanz zurückgegriffen.

Die Hoftor-Bilanz unterscheidet sich von der Flächen-Bilanz, der Stall-Bilanz und dem Feld-Stall-Kreislauf dadurch, dass die innerbetrieblich erzeugten und verwendeten Futtermittel und Wirtschaftsdünger nicht berücksichtigt bzw. dargestellt werden. Im Falle einer, in der Praxis häufig vorkommenden, schlechten innerbetrieblichen Verteilung ist durchaus mit beträchtlichen Nährstoffüberschüssen auf Einzelflächen und einem damit zusammenhängenden Emissionspotential zu rechnen (PÖTSCH, 1998). Aufgrund dessen ist aus Sicht des Umweltschutzes das Ergebnis der einzelnen Flächen-Bilanzen aussagekräftiger als das Ergebnis der Hoftor-Bilanz oder des Feld-Stall-Kreislaufes, die – gleich einer black box – nur durchschnittliche Ergebnisse für den Gesamtbetrieb ausweisen und durchaus ausgeglichen sein können (PÖTSCH, 1998).

⁶ Weidekoppeln

3.4.1 Hoftor-Bilanz

Abbildung 1: Schema der Hoftor-Bilanz



HEGE (2005); Hege (1997) modifiziert nach Pötsch (1998), zitiert nach GRUBER ET AL. (2001)

Bei der Aufstellung der Hoftor-Bilanz (Abbildung 1) wurden sämtliche Nährstofffrachten in das und aus dem Produktionssystem Alm, sowie die N-Bindung durch Leguminosen berücksichtigt.

Basis für die Ermittlung der symbiontischen N-Bindung in der Hoftor-Bilanz der Alm A stellt der mittlere Leguminosenanteil in Ertrags-% dar. Für die Ermittlung des mittleren Leguminosenanteils (Ertrags-%) wurde der geschätzte Leguminosenanteil mit dem Bruttoertrag ha^{-1} F-FI. gewichtet. Die N-Bindungsleistung der Leguminosen wurde gleich wie bei der Flächen-Bilanz bewertet. Aufgrund fehlender Daten bezüglich des Leguminosenanteiles auf Alm B und Alm C muss hier auf eine Veranschlagung verzichtet werden.

Die Erfassung der Milchleistung und des Körperansatzes (Tageszunahme) wurde bereits in den Kapiteln ‚Tierische Leistungen‘, die verabreichten Heu und

Krafffuttermengen in den Kapiteln ‚Datenerhebung‘, bei der entsprechenden Alm beschrieben. Der auf die Alm A gebrachte, aus dem Tal stammende, Kompost wurde nach der Liefermenge und mit den, anhand einer Probe, ermittelten Gehalten bewertet. Auf Alm A wurde die Menge des aus dem System der Galtrinder kommenden Rindermistes durch die Abmessung der Lagerstätte bewertet. Die Nährstoffe des Rindermistes wurden nach Empfehlungen des BMLFUW (1999) feldfallend bewertet.

Für die Ableitung des Proteinbedarfs während der Trächtigkeit wird vom täglichen N-Ansatz ausgegangen. Dabei sind sowohl die in den Reproduktionsorganen, im Fötus und in der Milchdrüse retinierten N-Mengen als auch der Bedarf für den Trächtigkeitssanabolismus zu berücksichtigen. Im Laufe der Gravidität verändert sich dieser Stoffansatz in Abhängigkeit von der Trächtigkeitsdauer entsprechend der in Formel 6 dargestellten Exponentialfunktion (KIRCHGEßNER, 1997).

Formel 6: N-Ansatz Trächtigkeit (t⁷)

$$\text{N-Ansatz (g Tag}^{-1}\text{)} = 1,9385 * e^{(0,0108 * t)}$$

(KIRCHGEßNER, 1997)

In der vorliegenden Arbeit wird auf Alm A und Alm B der, anhand des durchschnittlichen Trächtigkeitstages aller anwesenden Kühe, berechnete N-Ansatz über den gesamten Almsommer aufsummiert und der, durch die Trächtigkeit abtransportierten, N-Menge gleichgesetzt.

Auf Alm C wird aufgrund der differentiellen Bewirtschaftungsform und entgegen den beiden anderen Almen nicht ein gesamter N-Ansatz in der Gravidität aufgrund eines ermittelten mittleren Trächtigkeitstages aller Tiere berechnet, sondern für jedes einzelne Tier anhand des erhobenen Trächtigkeitstages der N-Ansatz in der Gravidität ermittelt und aufsummiert.

Der Phosphoransatz des Konzeptionsproduktes, von Trächtigkeitstag 190 bis 280, wird nach House und Bell (1993), zitiert nach NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE (2001) mit folgender Exponentialfunktion beschrieben.

⁷ Trächtigkeitstag

Formel 7: P-Ansatz Trächtigkeit (t⁸)

$$\begin{aligned} \text{P-Ansatz (g Tag}^{-1}\text{)} &= 0,02743 * e^{((0,05527 - 0,000075 * t) * t)} \\ &- 0,02743 * e^{((0,05527 - 0,000075 * (t - 1)) * (t - 1))} \end{aligned}$$

(House und Bell 1993, zitiert nach NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE, 2001)

Weiters geben sie einen K-Ansatz im Konzeptionsprodukt von 1,027 g Tag⁻¹, von Trächtigkeitstag 190 bis 280, an.

Beim P- und K-Ansatz in der Trächtigkeit wird auf der entsprechenden Alm die gleiche Berechnungsmethode wie bei der Ermittlung des N-Ansatzes in der Gravidität beschrieben angewandt.

In einem weiteren Schritt wird die Hoftor-Bilanz der Alm A ohne die N-Bindung durch Leguminosen und nur die das Hoftor durchlaufenden Nährstoffzu- und Nährstoffabfuhr berechnet. Dem zugrunde liegt die Tatsache, dass auf der Alm nicht gezielt Leguminosen zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit eingesetzt bzw. gefördert werden, wie dies beispielsweise bei Betrieben im Rahmen der Fruchtfolge geschieht. Darüber hinaus gewährleistet diese Maßnahme eine bessere Vergleichbarkeit der drei Almen anhand der Hoftor-Bilanz und trägt dem Umstand Rechnung, dass die Höhe der N-Einfuhr durch die Leguminosen mit einer bestimmten Unsicherheit behaftet ist.

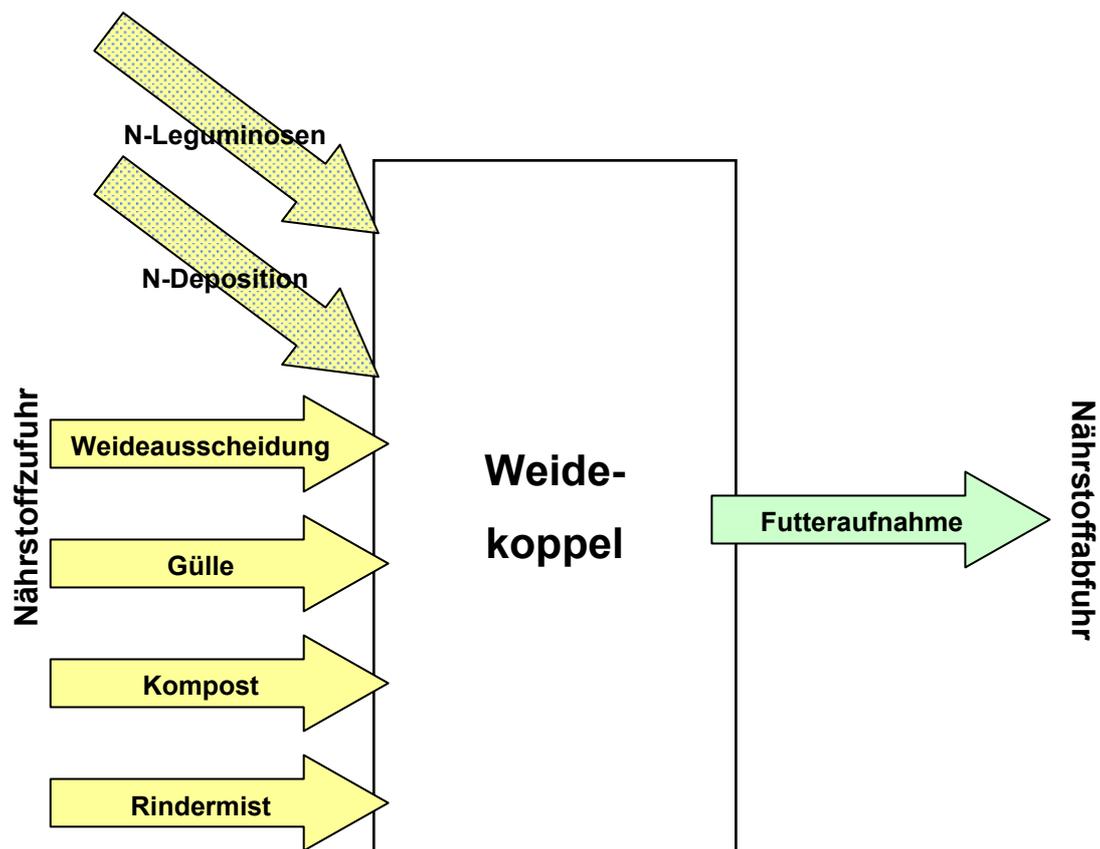
In der Tierhaltung sind gewisse N-Emissionen unvermeidbar. Allerdings unterliegt der Umfang dieser Emissionen gewissen Schwankungen. Durch diese Verluste an die Atmosphäre wird dem Betrieb N entzogen, welcher aber nicht direkt als N-Abfuhr einzuordnen ist. Dadurch verringert sich der Nährstoffeintrag und eine Korrektur der Bilanz wird nötig. Der N-Bruttosaldo aus der Hoftor-Bilanz wird um die gasförmigen Verluste, von der Ausscheidung der Kuh bis zur Weide, korrigiert und damit nur der feldfallende N angerechnet. Als Ergebnis erhält man die Netto-Hoftor-Bilanz. Diese Verluste werden nach den Angaben in BMLFUW (1999) im Ausmaß von 25%, der mittels Regression geschätzten Gesamtstickstoffausscheidung (Formel 3) durch die Gülle, berücksichtigt. Da die

⁸ Trächtigkeitstag

Nährstoffausscheidung lediglich für die Alm A geschätzt wurde, können diese Verluste nicht auf den anderen beiden Almen angerechnet werden.

3.4.2 Flächen-Bilanz

Abbildung 2: Schema der Flächen-Bilanz



Hege (1997) modifiziert nach Pötsch (1998), zitiert nach GRUBER ET AL. (2001)

Bei der Flächen-Bilanz (Abbildung 2) wurde auf der Seite des Nährstoffeintrages sämtliche eigene Wirtschaftsdünger (Gülle und Ausscheidungen auf der Weide), auf die Weide ausgebrachte systemfremde Wirtschaftsdünger (Rindermist), sowie Kompost, die N-Bindung durch die Leguminosen und die Deposition aus der Atmosphäre berücksichtigt.

Eigene Wirtschaftsdünger und der von den Galtrindern zugeführte Rindermist werden in ihrer feldfallender Wirkung angerechnet. Durch die Berücksichtigung der

unvermeidbaren N-Verluste vom Stall bis zur Weide werden auf der Weide nur jene Nährstoffe veranschlagt, die tatsächlich auch dort hinkommen.

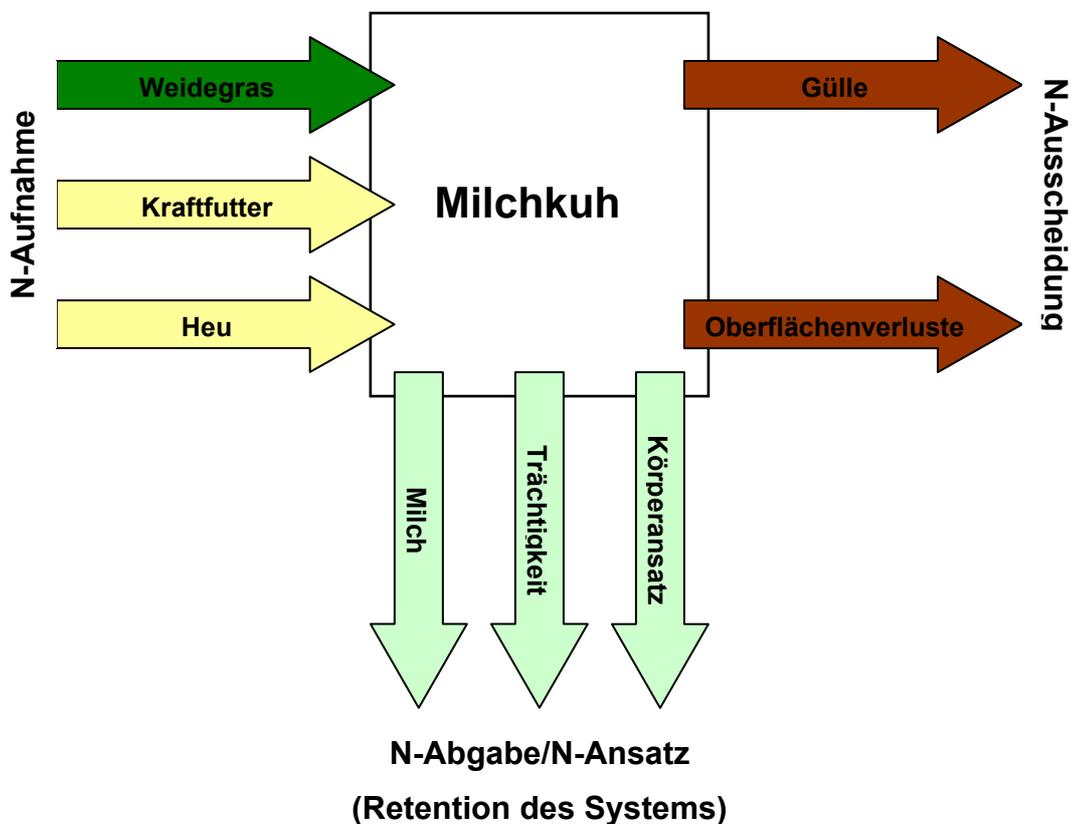
Basierend auf den Ergebnissen der Futteraufnahme, unter Berücksichtigung von Menge und Qualität des Weiderestes (Selektion), wurde auf der Seite der Nährstoffabfuhr der entsprechende Entzug über das verzehrte Weidefutter berechnet.

Der für die Inputgröße Deposition veranschlagte Wert von $8 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ stützt sich auf zwei unterschiedliche Messergebnisse auf Almflächen von HACKL ET AL. (2000). Die symbiontische N-Bindungsleistung wurde in dieser N-Bilanzierung mit einem Wert von $3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ je Gewichts-% Leguminosenanteil kalkuliert, wobei – ausgehend von einem Ertrag von $10.000 \text{ kg T ha}^{-1}$ – der Wert (3 kg) mit dem jeweiligen Futteraufwuchs der beiden Umtriebe und der jeweiligen Weidekoppel gewichtet wurde. Basierend auf der Schätzung des Futterverzehrs, unter Berücksichtigung von Menge und Qualität des Weiderestes und dem daraus resultierenden XP-, P- und K-Verzehr, wurde auch der entsprechende N-, P- und K-Entzug berechnet, wobei beim XP ein durchschnittlicher N-Gehalt von 16% unterstellt wurde. Nicht berücksichtigt wurde hingegen, aufgrund fehlender Daten für intensiv genutzte Almflächen, die N-Auswaschung und die Denitrifikation. Aufgrund fehlender Daten zur N-Immobilisierung auf der Nährstoffabfuhrseite wurde auf der Nährstoffzufuhrseite die N-Mineralisierung ebenfalls nicht berücksichtigt. Zumal sich N-Mobilisierung und N-Immobilisierung auf reinen Grünlandstandorten bei ausschließlich organischer N-Düngung die Waage halten.

3.4.3 Stall-Bilanz

Mit der in Abbildung 3 dargestellten Bilanzierung wird die Effizienz der Umwandlung von Futter-N zu N in den tierischen Produkten über die Erhebungsperiode geschätzt. Der geschätzten N-Aufnahme steht die geschätzte N-Ausscheidung in der Gülle und die N-Oberflächenverluste gegenüber. Die Differenz entspricht der N-Retention im Produktionssystem, bestehend aus dem in die Leistungsprodukte Milch, Trächtigkeit und Körperansatz abgegebenen bzw. angesetzten N.

Abbildung 3: Schema der Stall-Bilanz



ESTERMANN ET AL. (2001)

Für die Berechnung des mittleren N-Umsatzes der Milchkuhe (Stall-Bilanz) auf Alm A, während der Erhebungsperiode (1. und 2. Umtrieb), wurde der in Tabelle 25 dargestellte mittlere N-Gehalt, bezogen auf die Weidegrasaufnahme, nicht aus dem Durchschnitt der einzelnen Gehalte der Weidekoppeln sondern über den gesamten Verzehr an N, unter Berücksichtigung von Menge und Qualität des Weiderestes für die beiden Umtriebe berechnet (gewichtet).

Zusätzlich zur N-Ausscheidung durch die Gülle wird bei der Berechnung der Stall-Bilanz der Oberflächenverlust-N mitberücksichtigt. Der Oberflächenverlust-N (Haare) hängt von der Lebendmasse der Tiere ab und wird nach folgender Formel berechnet.

Formel 8: Oberflächenverlust-N

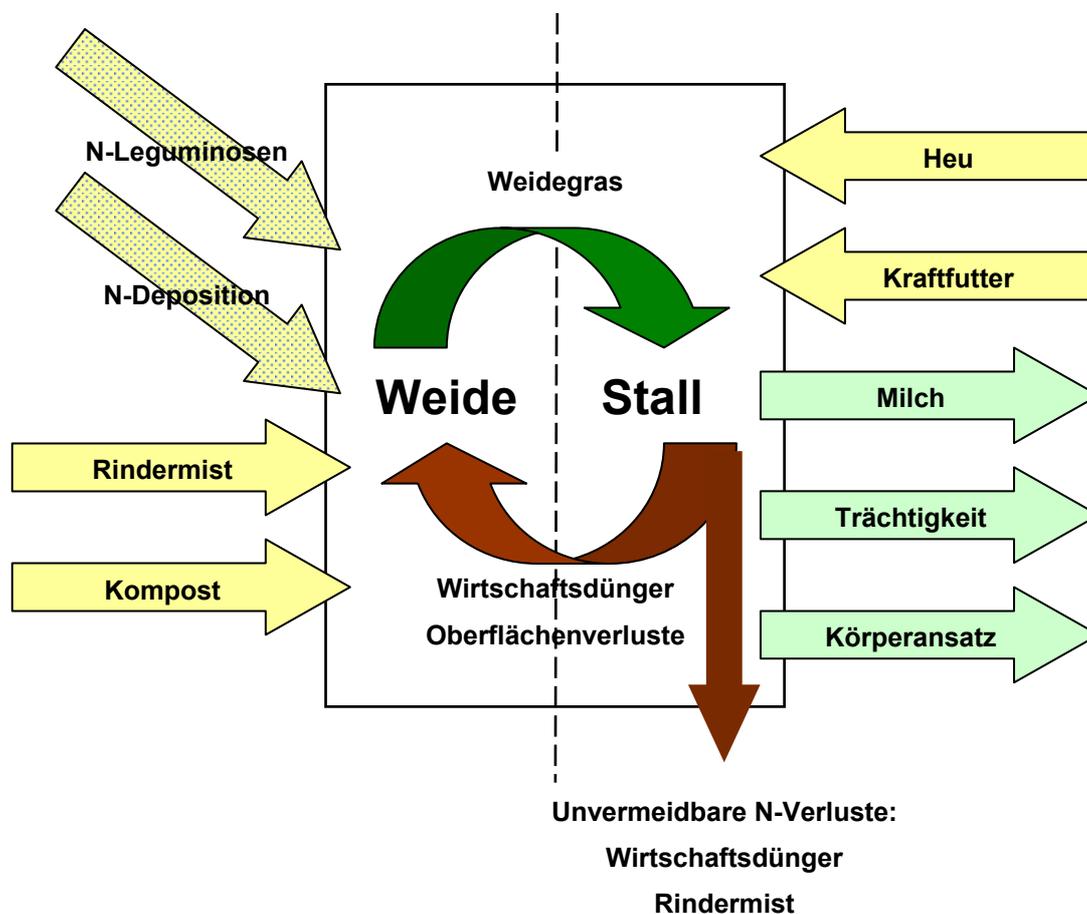
$$\text{Oberflächenverlust-N} = 0,018 * \text{kg LM}^{0,75}$$

(KIRCHGEßNER, 1997)

Der Körperansatz errechnet sich aus der N-Retention im Produktionssystem (N-Aufnahme minus N-Ausscheidung) abzüglich des Milchstickstoffs und des während der Trächtigkeit angesetzten Stickstoffs.

3.4.4 Feld-Stall-Kreislauf

Durch die gleichzeitige Darstellung der Flächen- und der Stall-Bilanz in einem Feld-Stall-Kreislauf bekommt man einen Überblick über die vielfältigen Nährstoffflüsse des Produktionssystems Alm.

Abbildung 4: Schema Feld-Stall-Kreislauf

3.4.5 Nährstoffeffizienz im Verlauf der Erhebungsperiode

Berechnet man für jede Koppel über die Erhebungsperiode das Verhältnis von Nährstoffabfuhr zu Nährstoffzufuhr so erhält man die Effizienz der Nährstoffverwertung im Verlauf der beiden Weideumtriebe.

In der Berechnung der Effizienz der N-Umwandlung durch die Leistungsprodukte Milch und Trächtigkeit wird für die Berechnung des N-Ansatzes durch die Trächtigkeit, ebenfalls die von KIRCHGEßNER (1997) vorgeschlagene Exponentialfunktion sowie die in Tabelle 11, für den Körperansatz, verwendete Berechnung angewendet.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Nährstoffbilanzierung Alm A

4.1.1 Hoftor-Bilanz

In Tabelle 20 sind alle Nährstoffzufuhren und Nährstoffabfuhrungen die im Laufe des Sommers die Alm passieren aufgelistet.

Die N-Zufuhr über den Kompost wurde anhand der Nährstoffanalysen vor der Ausbringung bewertet. Unvermeidbare, gasförmige N-Verluste (feldfallend) treten nicht bzw. nur in geringem Maße auf, deshalb ist ein Abzug nicht zu berechnen. Der N-Eintrag des Rindermistes, bewertet nach den Empfehlungen des BMLFUW (1999), wurde feldfallend veranschlagt.

Tabelle 20: Zu- und Abfuhrkomponenten – Alm A (Almsommer)

Allgemeine Daten	Einheit	Menge	Einheit	Konzentration/Menge		
				N	P	K
Mittlere Futterfläche	ha	29	-	-	-	-
Tierbesatz	Kühe ha ⁻¹	2,13	-	-	-	-
	GVE ⁹ ha ⁻¹	2,70	-	-	-	-
Mittlerer Leguminosenanteil	Ertrags-%	9,37	-	-	-	-
Nährstoffzufuhr						
Krafftutter	kg T	15.670	g kg ⁻¹ T	29,0	6,8	9,5
Heu	kg T	16.176	g kg ⁻¹ T	20,5	3,6	28,9
Kompost	kg T	11.500	g kg ⁻¹ T	13,7	3,4	8,3
Rindermist	kg	12.000	g kg ⁻¹	5,0	1,3	4,2
Symbiotische N-Bindung	kg ha ⁻¹ F-Fl.	8,78	-	-	-	-
Nährstoffabfuhr						
Milch	kg	67.329	g kg ⁻¹	5,44	0,94	1,44
Trächtigkeit	-	-	kg	80,50	4,13	1,87
Körperansatz	kg	1.949,5	kg	43,70	14,60	3,70

⁹ Eine Großvieheinheit (GVE) entspricht einem Lebendgewicht von 500 kg.

Das bedeutet, dass Abzüge im Ausmaß von 30%, laut den Richtlinien für die Sachgerechte Düngung (BMLFUW, 1999), für die unvermeidbaren N-Verluste berücksichtigt wurden.

Die Ergebnisse der Hofter-Bilanz von Stickstoff, Phosphor und Kalium sind in Tabelle 21 angeführt. Die Nährstoffzufuhr überwiegt die Nährstoffabfuhr bei N, P und K und führt zu einer positiven Hofter-Bilanz von 25,81 kg N ha⁻¹ F-FI., 4,73 kg P ha⁻¹ F-FI. und 22,68 kg K ha⁻¹ F-FI.

Tabelle 21: Hofter-Bilanz – Alm A (Almsommer)

	N	P	K
Nährstoffzufuhr (kg ha⁻¹ F-FI.)			
Krafftutter	15,62	3,66	5,13
Heu	11,43	2,00	16,10
Kompost	5,42	1,35	3,27
Rindermist	1,45	0,54	1,71
Symbiotische N-Bindung	8,78	-	-
Summe Nährstoffzufuhr	42,71	7,56	26,21
Nährstoffabfuhr (kg ha⁻¹ F-FI.)			
Milch	12,61	2,18	3,34
Trächtigkeit	2,79	0,14	0,07
Körperansatz	1,50	0,50	0,13
Summe Nährstoffabfuhr	16,90	2,83	3,53
Hofter-Bilanz (kg ha⁻¹ F-FI.)	25,81	4,73	22,68
Nährstoffeintrag % d. Nährstoffzufuhr	60,40	62,60	86,50

In den Abbildungen 5 und 6 ist die Hofter-Bilanz für die Alm A graphisch dargestellt. Der positiv ausfallende Nährstoffsaldo und der daraus resultierende Nährstoffeintrag ist gut erkennbar.

Abbildung 5: Hoftor-Bilanz – Alm A

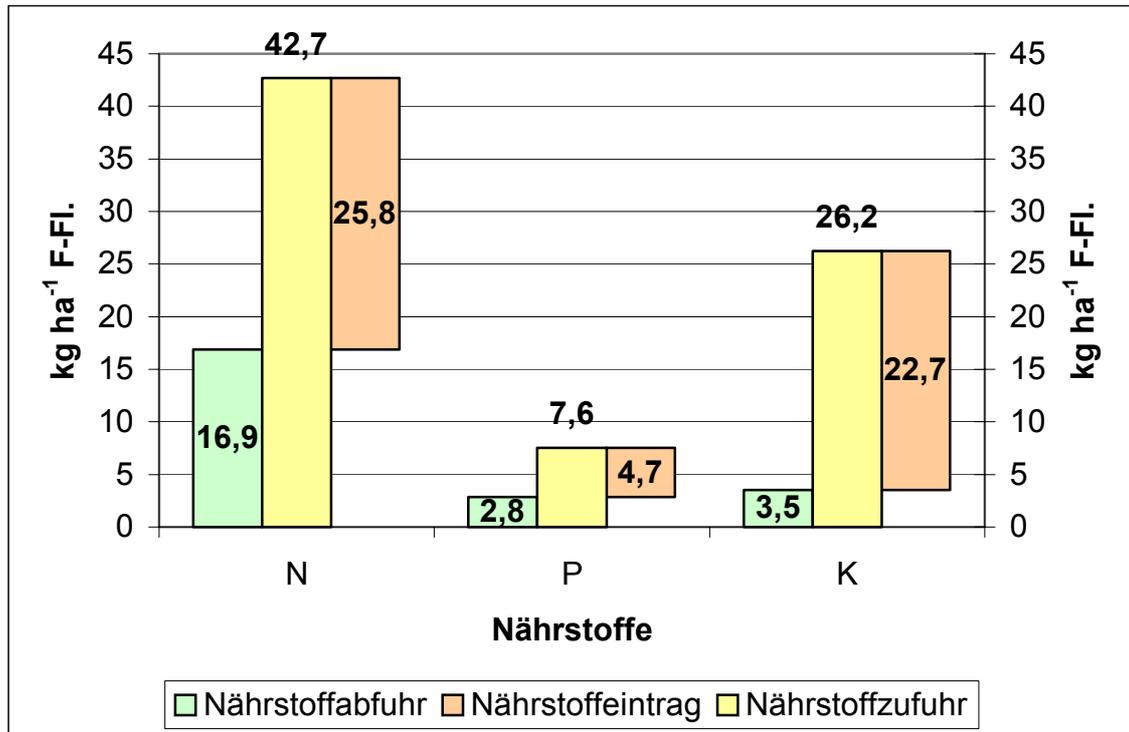
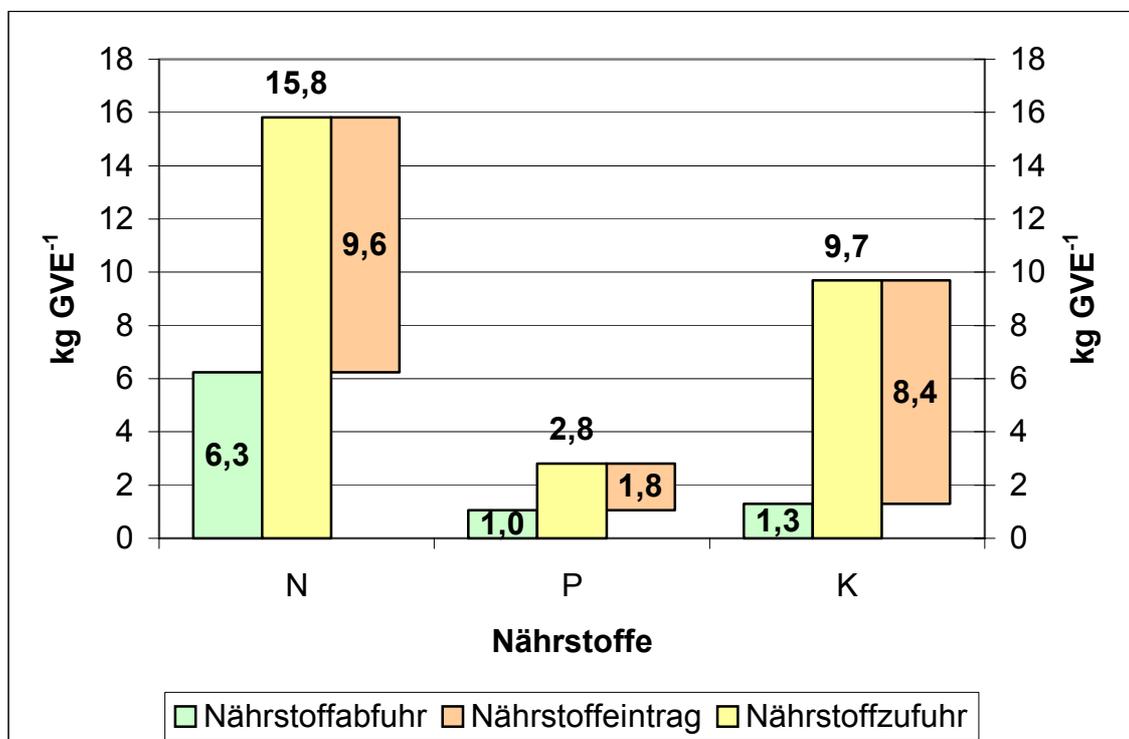


Abbildung 6: Hoftor-Bilanz – Alm A



4.1.2 Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung

Tabelle 22 zeigt die Hoftor-Bilanz ohne die N-Bindung der Leguminosen und nur die, das ‚Hoftor‘ durchlaufenden Nährstoffflüsse. Daraus resultiert ein positiver N-Saldo (N-Eintrag) von 17,02 kg ha⁻¹ F-FI. Der P- und K-Eintrag bleibt konstant.

**Tabelle 22: Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung – Alm A
(Almsommer)**

	N	P	K
Nährstoffzufuhr (kg ha⁻¹ F-FI.)			
Krafftutter	15,62	3,66	5,13
Heu	11,43	2,00	16,10
Kompost	5,42	1,35	3,27
Rindermist	1,45	0,54	1,71
Summe Nährstoffzufuhr	33,93	7,56	26,21
Nährstoffabfuhr (kg ha⁻¹ F-FI.)			
Milch	12,61	2,18	3,34
Trächtigkeit	2,79	0,14	0,07
Körperansatz	1,50	0,50	0,13
Summe Nährstoffabfuhr	16,90	2,83	3,53
Hoftor-Bilanz (kg ha⁻¹ F-FI.)	17,02	4,73	22,68
Nährstoffeintrag % d. Nährstoffzufuhr	50,20	62,60	86,50

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen das Ergebnis der Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung in graphischer Form. Auch hier ist der positive Nährstoffsaldo deutlich zu erkennen.

Abbildung 7: Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung – Alm A

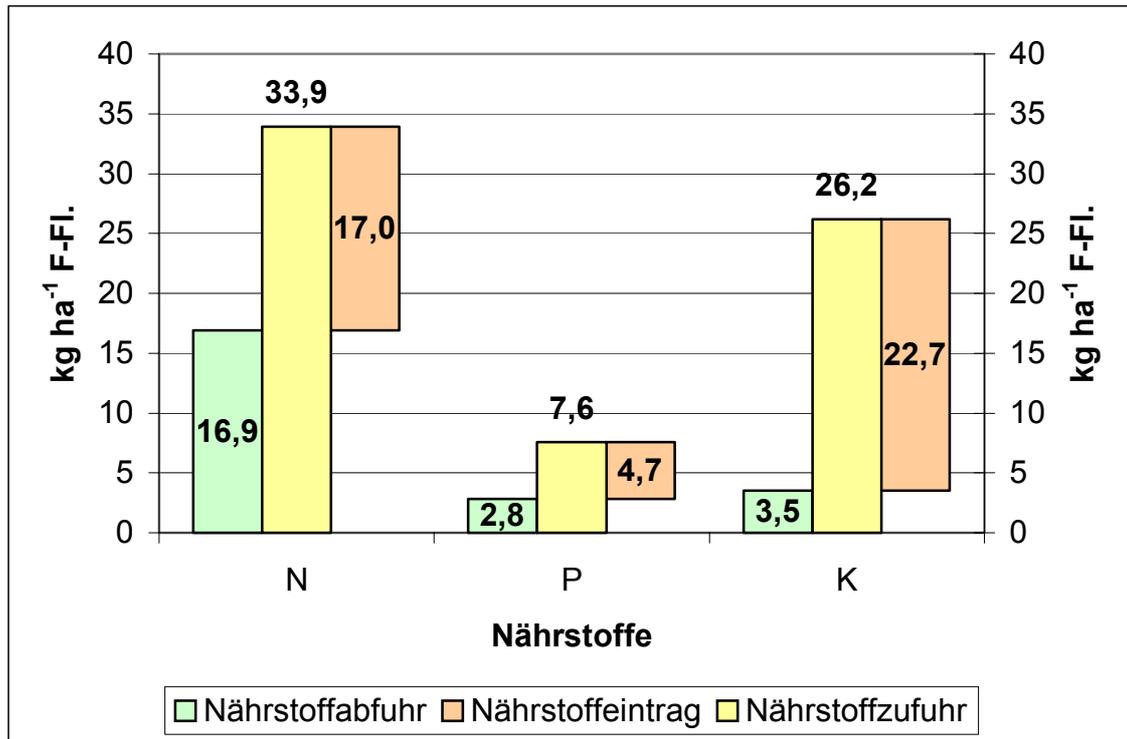
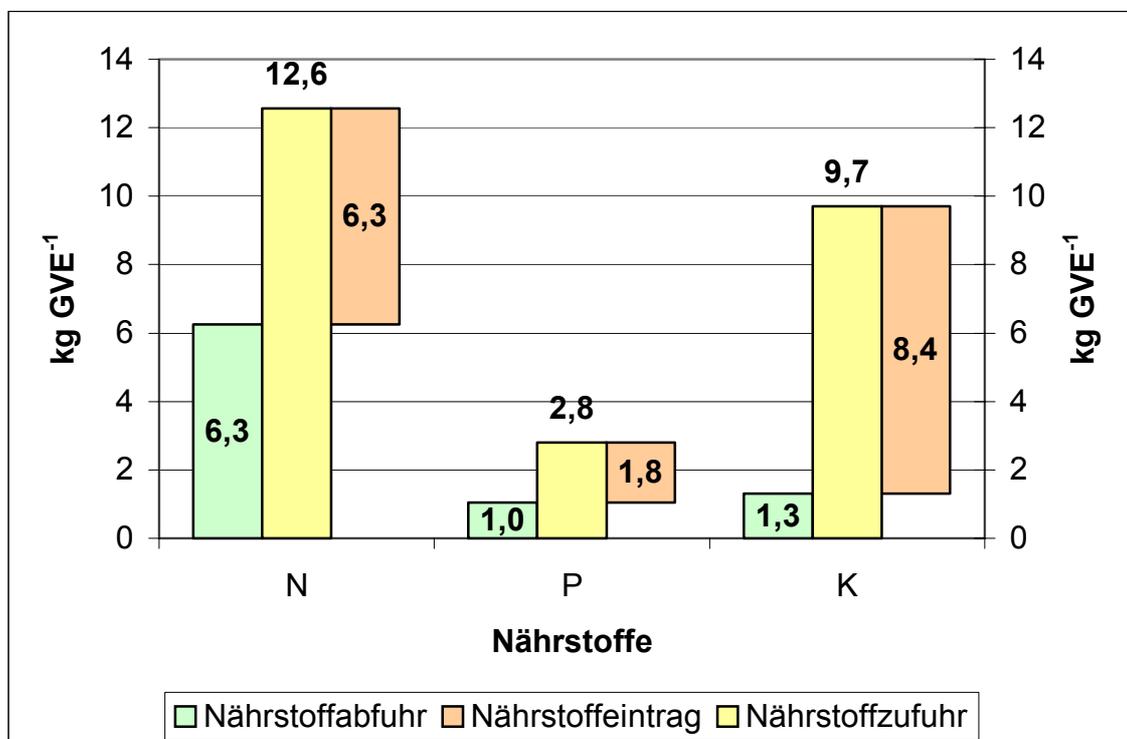


Abbildung 8: Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung – Alm A



4.1.3 Netto-Hoftor-Bilanz

Wie in Kapitel ‚Nährstoffbilanzierung und –verwertung‘ bereits beschrieben, sind in der Tierhaltung gewisse N-Emissionen unvermeidbar. Durch diese Verluste an die Atmosphäre wird dem Betrieb N entzogen, dadurch verringert sich der Nährstoffeintrag und eine Korrektur der Bilanz wird nötig. Der N-Bruttosaldo aus der Hoftor-Bilanz wird um die gasförmigen Verluste, von der Ausscheidung der Kuh bis zur Weide, korrigiert und damit nur der feldfallende N angerechnet. Als Ergebnis erhält man die Netto-Hoftor-Bilanz.

Tabelle 23 zeigt das Ergebnis der Netto-Hoftor-Bilanz für Alm A. Im Gegensatz zu den vorhergehenden Hoftor-Bilanzen werden hier die unvermeidbaren N-Verluste im Ausmaß von 14,23 kg ha⁻¹ F-FI. berücksichtigt. Dadurch reduziert sich der N-Saldo auf 11,58 kg ha⁻¹ F-FI.

Tabelle 23: Netto-Hoftor-Bilanz – Alm A (Almsommer)

	N	P	K
Nährstoffzufuhr (kg ha⁻¹ F-FI.)			
Krafffutter	15,62	3,66	5,13
Heu	11,43	2,00	16,10
Kompost	5,42	1,35	3,27
Rindermist	1,45	0,54	1,71
Symbiotische N-Bindung	8,78	-	-
Summe Nährstoffzufuhr	42,71	7,56	26,21
Nährstoffabfuhr (kg ha⁻¹ F-FI.)			
Milch	12,61	2,18	3,34
Trächtigkeit	2,79	0,14	0,07
Körperansatz	1,50	0,50	0,13
Summe Nährstoffabfuhr	16,90	2,83	3,53
Unvermeidbare N-Verluste (kg ha⁻¹ F-FI.)	14,23	-	-
Netto-Hoftor-Bilanz (kg ha⁻¹ F-FI.)	11,58	4,73	22,68
Nährstoffeintrag % d. Nährstoffzufuhr	27,10	62,60	86,50

Die Ergebnisse der Tabelle 23 sind in den Abbildungen 9 und 10 graphisch dargestellt.

Abbildung 9: Netto-Hoftor-Bilanz – Alm A

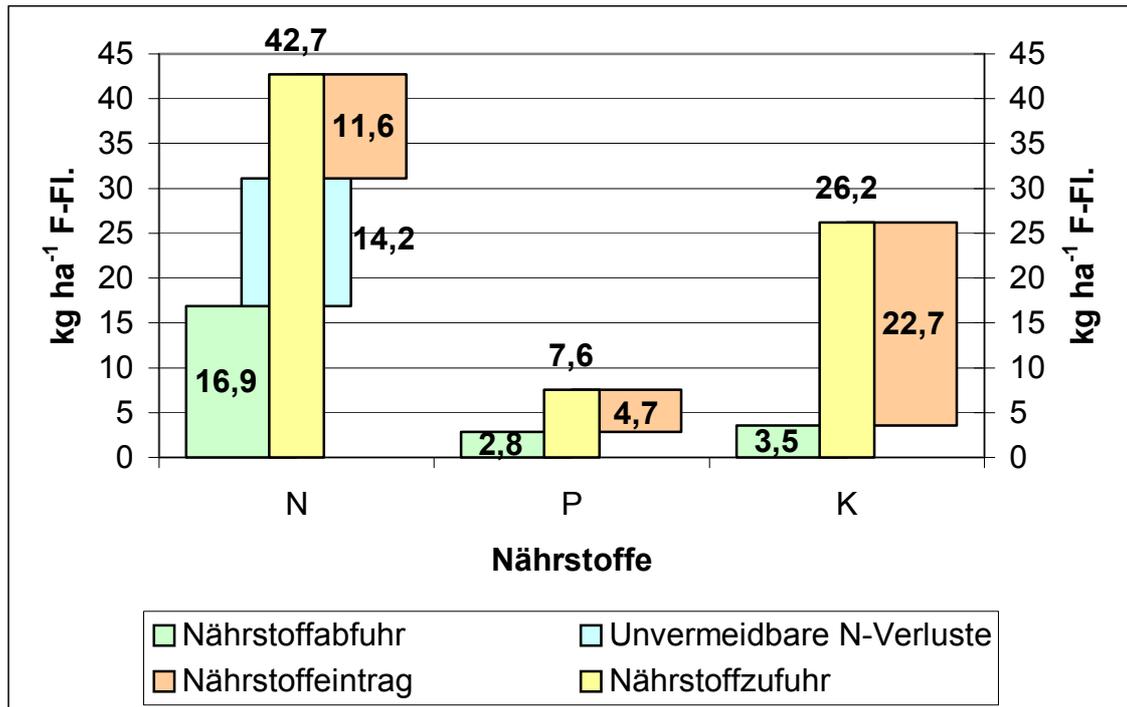
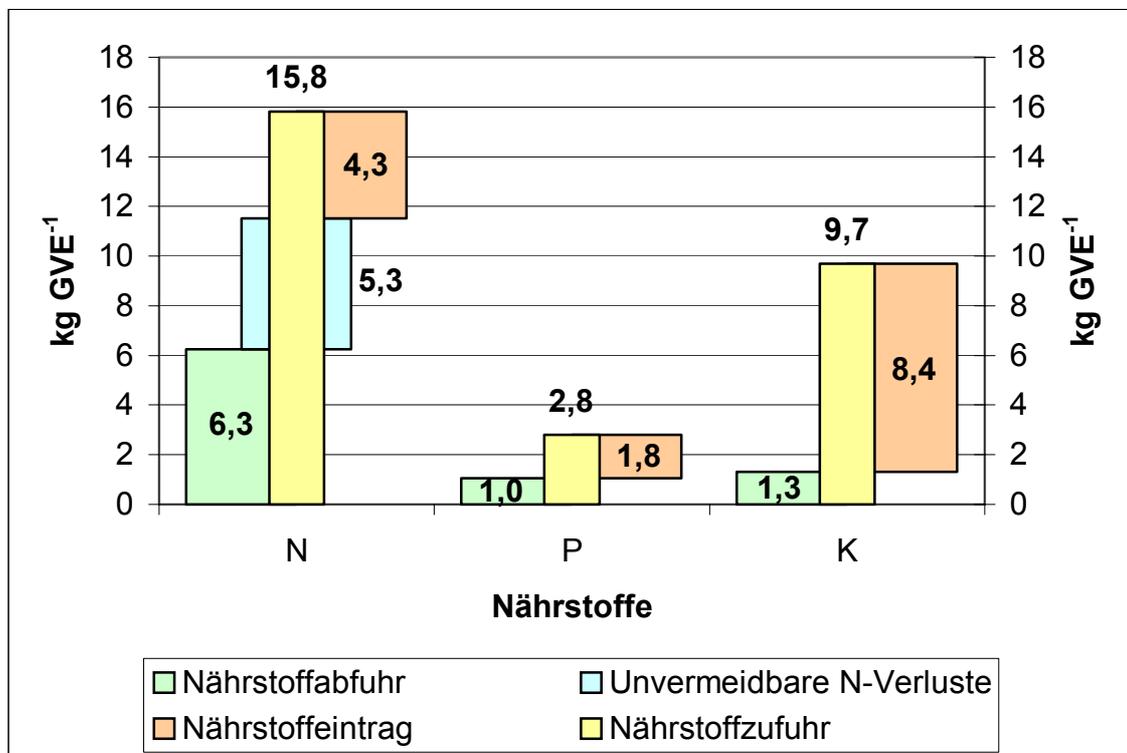


Abbildung 10: Netto-Hoftor-Bilanz – Alm A



4.1.4 Netto-Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung

Gleich der Vorgehensweise bei der Bilanzierung in Kapitel 4.1.2. wird auch hier die symbiontische N-Bindung der Leguminosen außer acht gelassen und nur die, das ‚Hoftor‘ durchlaufenden Nährstoffflüsse sowie die unvermeidbaren N-Verluste berücksichtigt.

Das führt, wie aus Tabelle 24 ersichtlich, zu einer Reduktion des N-Saldos auf 2,79 kg ha⁻¹ F-FI.

Tabelle 24: Netto-Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung – Alm A (Almsommer)

	N	P	K
Nährstoffzufuhr (kg ha⁻¹ F-FI.)			
Krafftutter	15,62	3,66	5,13
Heu	11,43	2,00	16,10
Kompost	5,42	1,35	3,27
Rindermist	1,45	0,54	1,71
Summe Nährstoffzufuhr	33,93	7,56	26,21
Nährstoffabfuhr (kg ha⁻¹ F-FI.)			
Milch	12,61	2,18	3,34
Trächtigkeit	2,79	0,14	0,07
Körperansatz	1,50	0,50	0,13
Summe Nährstoffabfuhr	16,90	2,83	3,53
Unvermeidbare N-Verluste (kg ha⁻¹ F-FI.)	14,23	-	-
Netto-Hoftor-Bilanz (kg ha⁻¹ F-FI.)	2,79	4,73	22,68
Nährstoffeintrag % d. Nährstoffzufuhr	8,20	62,60	86,50

Die graphische Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 24 sind in den Abbildungen 11 und 12 ersichtlich.

Abbildung 11: Netto-Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung – Alm A

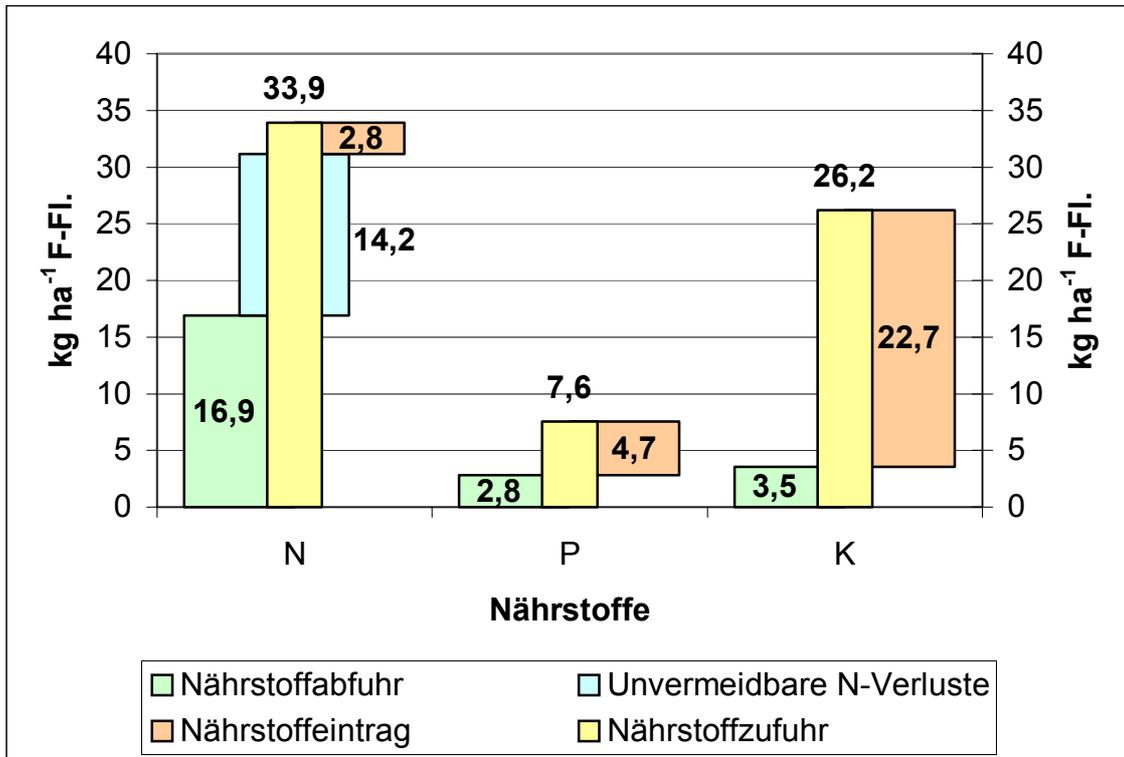
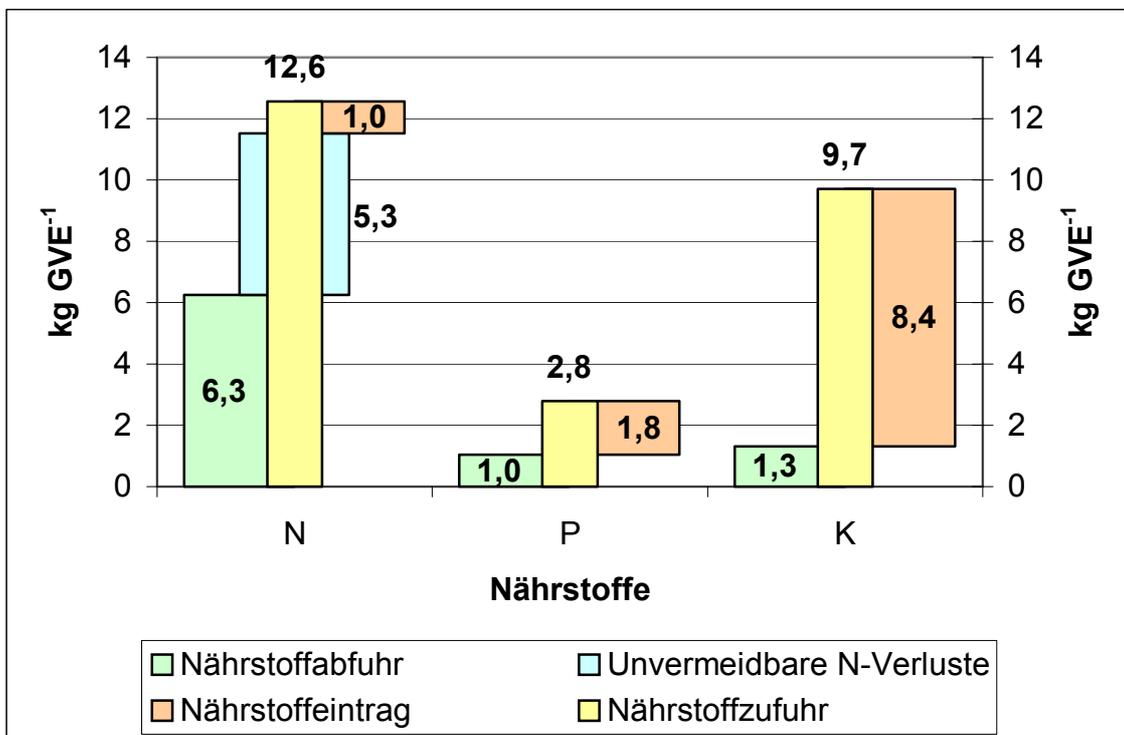


Abbildung 12: Netto-Hoftor-Bilanz ohne symbiontische N-Bindung – Alm A



4.1.5 Flächen-Bilanz

Die Flächen-Bilanz für N ist in Tabelle 25 dargestellt. Aufgrund der regelmäßigen Ausbringung des Kompostes werden sowohl die Direktwirkung, die kurzfristigen Nachwirkungen innerhalb eines Jahres als auch sämtliche langfristige Nachwirkungen mitberücksichtigt. Wegen der Gülleausbringung auf einem Teil der Koppel 2 und 1 wird sowohl für die gedüngte Teilfläche von Koppel 2 und 1, als auch für die nicht gedüngte Teilfläche von Koppel 2 und 1 eine Flächen-Bilanz berechnet. Aufgrund der Nutzung des 1. Futteraufwuchses auf Koppel 7 durch das Galtvieh wird weder ein Nährstoff-Entzug durch das von den Rindern verzehrte Weidefutter, noch eine Nährstoffzufuhr über die Ausscheidungen des Galtviehs während des Weidegangs, veranschlagt.

Auf jenen Weidekoppeln, auf denen im Laufe des Almsommers Gülle ausgebracht wurde, übertrifft die N-Zufuhr die N-Abfuhr und resultiert in den positiven Flächen-Bilanzen auf Koppel 7 (+41,3 kg N ha⁻¹ F-Fl.), auf Koppel 6 (+41,6 kg N ha⁻¹ F-Fl.), auf dem gedüngten Teil der Koppel 1 (+27,9 kg N ha⁻¹ F-Fl.) und auf dem gedüngten Teil der Koppel 2 (+30,4 kg N ha⁻¹ F-Fl.). Besonders auffallend ist die stark positive Flächenbilanz auf der Weidekoppel 3/2 (+170,1 kg N ha⁻¹ F-Fl.), die aufgrund der zusätzlichen Kompost- und Rindermistausbringung zustande kommt. Auf den übrigen Weidekoppeln bzw. dort wo keine zusätzliche Gülle ausbracht wurde, ist die N-Bilanz durchwegs leicht negativ.

Die Flächen-Bilanz für P ist in Tabelle 26 und für Kalium in Tabelle 27 dargestellt. Wie schon bereits für N festgestellt, übersteigt auch bei P und bei K, auf den zusätzlich mit Gülle gedüngten Flächen, die Zufuhr die entsprechende Abfuhr. Auf jenen Koppeln die nicht zusätzlich gedüngt wurden, sind die Bilanzen leicht negativ. Wie bei N sticht auch bei den Nährstoffen P und K der Überschuss auf der Weidekoppel 3/2 ins Auge.

Tabelle 25: N-Flächen-Bilanz – Alm A (Erhebungsperiode, kg ha⁻¹ F-Fl.)

Koppel	1 ^A	1	7	2 ^B	2	3/2	3/1	4	5	6	MW	s _x
N-Zufuhr												
Weideausscheidung (1. U)	11,9	11,9	-	11,7	11,7	11,7	12,8	13,0	16,4	17,1	13,1	±2,1
Weideausscheidung (2. U)	9,9	9,9	12,7	10,8	10,8	11,7	8,6	7,8	4,5	2,9	8,9	±3,1
Gülleausbringung	40,1	-	40,1	40,1	-	-	-	-	-	41,6	40,5	±0,7
Kompostausbringung	-	-	-	-	-	134,4	-	-	-	-	134,4	-
Rindermistausbringung	-	-	-	-	-	35,8	-	-	-	-	35,8	-
Symbiontische N-Bindung	9,4	9,4	2,5	10,4	10,4	12,0	10,1	5,2	10,6	6,2	8,6	±3,0
Deposition ^C	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	±0
Summe N-Zufuhr	79,3	39,2	63,4	80,9	40,8	213,6	39,5	34,0	39,5	75,7	70,6	±53,6
N-Abfuhr												
Futteraufnahme (1. U)	29,9	29,9	-	28,0	28,0	22,5	24,5	24,1	28,7	26,5	26,9	±2,7
Futteraufnahme (2. U)	21,5	21,5	22,1	22,5	22,5	20,9	18,8	15,4	12,4	7,7	18,5	±5,1
Summe N-Abfuhr	51,4	51,4	22,1	50,5	50,5	43,4	43,3	39,5	41,0	34,1	42,7	±9,3
N-Bilanz	27,9	-12,2	41,3	30,4	-9,7	170,1	-3,8	-5,5	-1,5	41,6	27,9	±54,4

^A Bei der Gülleausbringung am 27. Juni wurde auch auf einer Teilfläche von Koppel 1 Gülle ausgebracht.

^B Bei der Gülleausbringung am 6. August wurde auch auf einer Teilfläche von Koppel 2 Gülle ausgebracht.

^C HACKL ET AL. (2000)

Tabelle 26: P-Flächen-Bilanz – Alm A (Erhebungsperiode, kg ha⁻¹ F-Fl.)

Koppel	1 ^A	1	7	2 ^B	2	3/2	3/1	4	5	6	MW	s _x
P-Zufuhr												
Weideausscheidung (1. U)	2,2	2,2	-	2,2	2,2	2,2	2,4	2,5	3,1	3,2	2,5	0,4
Weideausscheidung (2. U)	1,9	1,9	2,4	2,0	2,0	2,2	1,6	1,5	0,9	0,5	1,7	0,6
Gülleausbringung	6,3	-	6,3	6,3	-	-	-	-	-	6,5	6,4	0,1
Kompostausbringung	-	-	-	-	-	33,5	-	-	-	-	33,5	-
Rindermistausbringung	-	-	-	-	-	13,4	-	-	-	-	13,4	-
Summe P-Zufuhr	10,4	4,1	8,7	10,5	4,2	51,3	4,0	3,9	3,9	10,3	11,2	14,4
P-Abfuhr												
Futteraufnahme (1. U)	4,5	4,5	-	2,9	2,9	4,2	3,6	3,4	3,2	3,7	3,7	0,6
Futteraufnahme (2. U)	2,4	2,4	2,0	1,8	1,8	3,3	2,3	1,5	1,0	0,6	1,9	0,8
Summe P-Abfuhr	6,9	6,9	2,0	4,7	4,7	7,4	5,9	4,9	4,2	4,3	5,2	1,6
P-Bilanz	3,5	-2,8	6,7	5,8	-0,5	43,8	-1,9	-1,0	-0,2	6,0	5,9	13,8

^A Bei der Gülleausbringung am 27. Juni wurde auch auf einer Teilfläche von Koppel 1 Gülle ausgebracht.

^B Bei der Gülleausbringung am 6. August wurde auch auf einer Teilfläche von Koppel 2 Gülle ausgebracht.

Tabelle 27: K-Flächen-Bilanz – Alm A (Erhebungsperiode, kg ha⁻¹ F-Fl.)

Koppel	1 ^A	1	7	2 ^B	2	3/2	3/1	4	5	6	MW	s
K-Zufuhr												
Weideausscheidung (1. U)	15,6	15,6	-	15,3	15,3	15,3	16,8	17,0	21,5	22,4	17,2	2,8
Weideausscheidung (2. U)	13,0	13,0	16,6	14,1	14,1	15,3	11,2	10,2	5,9	3,8	11,7	4,1
Gülleausbringung	61,8	-	61,8	61,8	-	-	-	-	-	64,0	62,4	1,1
Kompostausbringung	-	-	-	-	-	81,1	-	-	-	-	81,1	-
Rindermistausbringung	-	-	-	-	-	42,5	-	-	-	-	42,5	-
Summe K-Zufuhr	90,3	28,5	78,4	91,2	29,4	154,1	28,0	27,2	27,4	90,2	64,5	43,3
K-Abfuhr												
Futteraufnahme (1. U)	28,2	28,2	-	26,6	26,6	27,5	25,2	25,4	29,1	28,2	27,2	1,4
Futteraufnahme (2. U)	20,6	20,6	22,0	23,2	23,2	24,5	20,6	15,1	10,7	6,7	18,7	5,9
Summe K-Abfuhr	48,8	48,8	22,0	49,8	49,8	52,0	45,7	40,5	39,8	34,8	43,2	9,3
K-Bilanz	41,5	-20,2	56,4	41,4	-20,4	102,1	-17,7	-13,3	-12,4	55,3	21,3	43,5

^A Bei der Gülleausbringung am 27. Juni wurde auch auf einer Teilfläche von Koppel 1 Gülle ausgebracht.

^B Bei der Gülleausbringung am 6. August wurde auch auf einer Teilfläche von Koppel 2 Gülle ausgebracht.

4.1.6 Stall-Bilanz (N-Umsatz der Milchkühe)

Tabelle 28 gibt einen Überblick über die wesentlichen Daten für die Berechnung des Nährstoffumsatzes der Milchkühe.

Tabelle 28: Nährstoffaufnahme und -abgabe – Alm A (Erhebungsperiode)

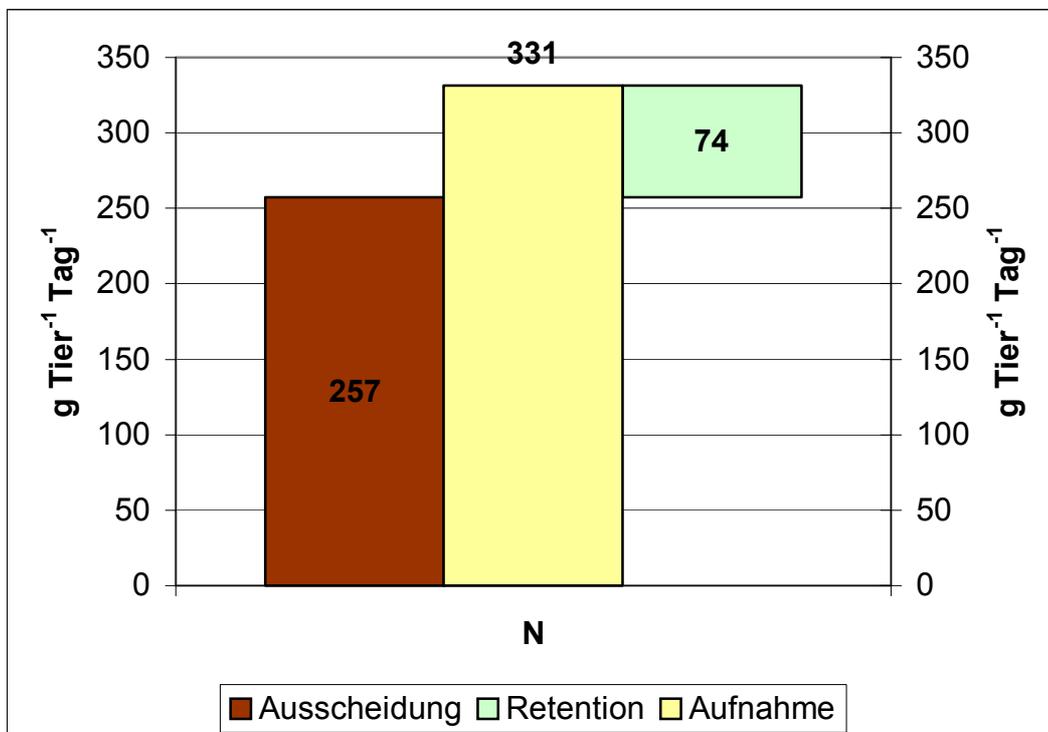
Nährstoffumsatz der Kühe		Einheit	Konzentration N
Nährstoffaufnahme (kg T Tag⁻¹)			
Weidefutteraufnahme	7,8	g kg ⁻¹ T	27,6
Krafffutteraufnahme	2,4	g kg ⁻¹ T	29,0
Heuaufnahme	2,3	g kg ⁻¹ T	20,5
Nährstoffabgabe (kg Tag⁻¹)			
Gülle (10% T)	46,7	g Tag ⁻¹	255
Oberflächenverlust		g Tag ⁻¹	2,3
Milch	10,5	g kg ⁻¹	5,4

Die durchschnittliche Stall-Bilanz im Lauf der zwei Umtriebe ist in Tabelle 29 dargestellt. Aus der Differenz zwischen der N-Aufnahme in Form von Weidegras, Heu und Krafffutter und der N-Ausscheidung in Form Gülle und Oberflächenverlusten errechnet sich die N-Retention des Systems. Diese beträgt 74 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ bzw. 22% relativ. Diese Retention setzt sich zusammen aus der N-Abgabe in Form von Milch (57 g Tier⁻¹ Tag⁻¹), dem N-Ansatz während der Trächtigkeit (10 g Tier⁻¹ Tag⁻¹) und dem Körperansatz (8 g Tier⁻¹ Tag⁻¹). Der Körperansatz errechnet sich aus der N-Retention des Systems abzüglich der N-Abgabe in Form von Milch und dem Trächtigkeitsansatz.

In Abbildung 13 ist die Stall-Bilanz (Nährstoffumsatz der Milchkühe) graphisch dargestellt.

Tabelle 29: Stall-Bilanz – Alm A (Erhebungsperiode)

	N
N-Aufnahme (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)	
Krafffutter	70
Heu	47
Weidegras	215
Summe Nährstoffaufnahme	331
N-Ausscheidung (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)	
Gülle (Kot und Harn)	255
Oberflächenverluste	2
Summe Nährstoffausscheidung	257
N-Retention des Systems (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)	74
N-Retention des Systems % d. Aufnahme	22
Milch	57
Trächtigkeit	10
Körperansatz (Differenz)	8

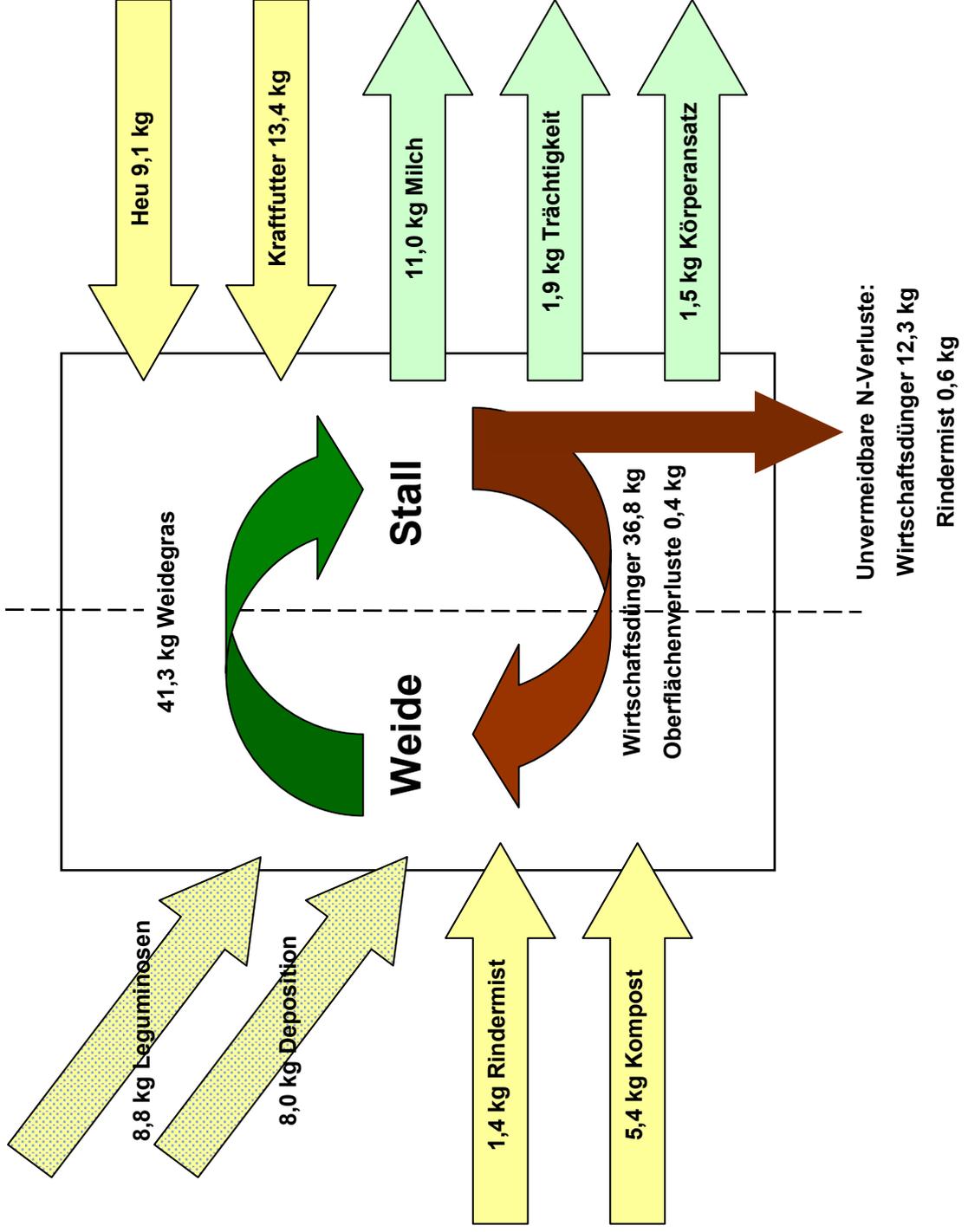
Abbildung 13: Stall-Bilanz – Alm A

4.1.7 Feld-Stall-Kreislauf

In Abbildung 14 ist der Feld-Stall-Kreislauf schematisch abgebildet. Hier werden sowohl N-Zufuhren auf die Alm, N-Abfuhr von der Alm als auch die innerbetrieblichen N-Flüsse dargestellt. Der auf der Alm, in Form von Gülle, anfallende Wirtschaftsdünger sowie der systemfremde Rindermist wurden in ihrer feldfallenden Wirkung berücksichtigt. Aus dieser feldfallenden Bewertung resultieren unvermeidbaren N-Verluste im Ausmaß von $12,3 \text{ kg ha}^{-1}$ F-Fl. beim Wirtschaftsdünger und $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$ F-Fl. beim Rindermist.

Besonders auffallend ist das Ausmaß der innerbetrieblichen Nährstoffflüsse von der Weide in den Stall und umgekehrt.

Abbildung 14: N-Feld-Stall-Kreislauf (Erhebungsperiode, ha⁻¹ F-Fl.)



4.1.8 Effizienz der N-, P- und K-Umwandlung

Die Effizienz mit der die aufgenommenen Nährstoffe N, P und K in Leistungsprodukte umgewandelt werden, ist in Tabelle 30 dargestellt. Die relative N-Verwertung durch die Milch beträgt, im Mittel über beide Umtriebe, 16,4% ($\pm 5,2$), durch die Milch und den Trächtigkeitsansatz beläuft sie sich auf 20,1% ($\pm 4,3$) und bei zusätzlicher Berücksichtigung des Körperansatzes erreichen wir eine durchschnittliche N-Verwertung von 22,4% ($\pm 4,4$). Bei P ergibt sich über beide Umtriebe eine durchschnittliche Verwertung durch die Milch von 18,7% ($\pm 4,2$), durch die Milch und den Trächtigkeitsansatz von 23,2% ($\pm 5,0$) und bei der Einrechnung des Körperansatzes erhöht sich die Verwertung auf 28,5% ($\pm 5,5$). Die durchschnittliche Verwertung des Kaliums durch die Milch liegt bei 4,7% ($\pm 1,6$), durch Milch und Trächtigkeitsansatz bei 5,0% ($\pm 1,3$) bzw. bei 5,2% ($\pm 1,3$) unter Einbeziehung des Körperansatzes.

In Abbildung 15, 16 und 17 ist die Effizienz der N-, P- und K-Umwandlung in Milch, in Milch und Trächtigkeit sowie in Milch, Trächtigkeit und Körperansatz dargestellt.

Tabelle 30: Effizienz der N-, P- und K-Umwandlung – Alm A (Erhebungsperiode)

Koppel	1	7	2	3/2	3/1	4	5	6	MW	s _x
N in Milch % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	19,4	-	20,1	22,1	22,9	21,6	22,0	20,7	21,3	±1,2
2. Umtrieb	14,6	16,5	11,7	13,9	12,1	11,7	8,8	8,0	12,2	±2,9
N in Milch und Trächtigkeitsansatz % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	21,1	-	22,0	24,5	25,3	24,2	25,1	24,7	23,8	±1,6
2. Umtrieb	18,2	21,0	16,1	19,1	16,8	17,0	13,1	12,5	16,8	±2,9
N in Milch, Trächtigkeitsansatz und Körperansatz % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	22,9	-	23,9	26,7	27,5	26,4	27,5	27,4	26,0	±1,9
2. Umtrieb	20,5	23,6	18,4	21,8	19,1	19,5	15,1	14,6	19,1	±3,1
P in Milch % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	19,5	-	24,4	19,6	22,9	22,3	25,6	21,5	22,3	±2,3
2. Umtrieb	17,5	20,9	16,6	13,7	14,2	15,6	14,0	12,7	15,7	±2,7
P in Milch und Trächtigkeitsansatz % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	19,5	-	24,4	19,6	22,9	22,3	25,6	21,5	22,3	±2,3
2. Umtrieb	17,5	20,9	16,6	20,9	22,0	30,9	34,4	29,5	24,1	±6,6
P in Milch, Trächtigkeitsansatz und Körperansatz % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	23,1	-	28,8	23,3	27,1	26,7	30,9	26,9	26,7	±2,8
2. Umtrieb	22,8	27,3	23,1	26,1	27,3	37,5	40,6	36,1	30,1	±6,9
K in Milch % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	6,0	-	6,2	5,9	6,8	6,4	6,6	6,0	6,3	±0,3
2. Umtrieb	4,3	4,7	3,2	3,4	3,1	3,3	2,7	2,4	3,4	±0,8

Fortsetzung Tabelle 30: Effizienz der N-, P- und K-Umwandlung – Alm A (Erhebungsperiode)

K in Milch und Trächtigkeitsansatz % d. Aufnahme												
1. Umtrieb	6,0	-	6,2	5,9	6,8	6,4	6,6	6,0	6,3	±0,3		
2. Umtrieb	4,3	4,7	3,2	4,1	3,7	4,4	3,9	3,3	3,9	±0,5		
K in Milch, Trächtigkeitsansatz und Körperansatz % d. Aufnahme												
1. Umtrieb	6,2	-	6,4	6,0	7,0	6,6	6,8	6,3	6,5	±0,3		
2. Umtrieb	4,5	4,9	3,4	4,3	3,9	4,6	4,1	3,5	4,2	±0,5		

Abbildung 15: N-Effizienz – Alm A

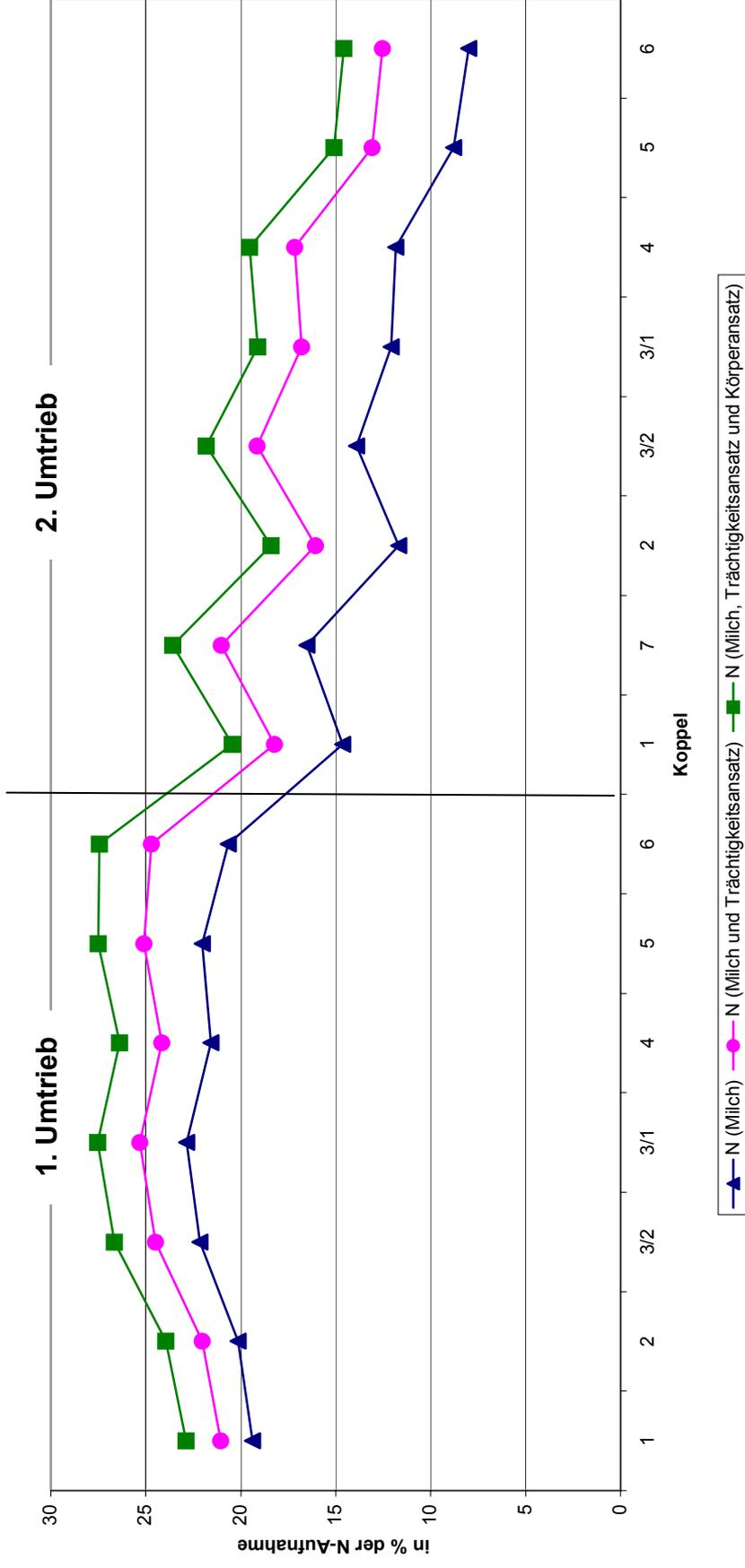


Abbildung 16: P-Effizienz – Alm A

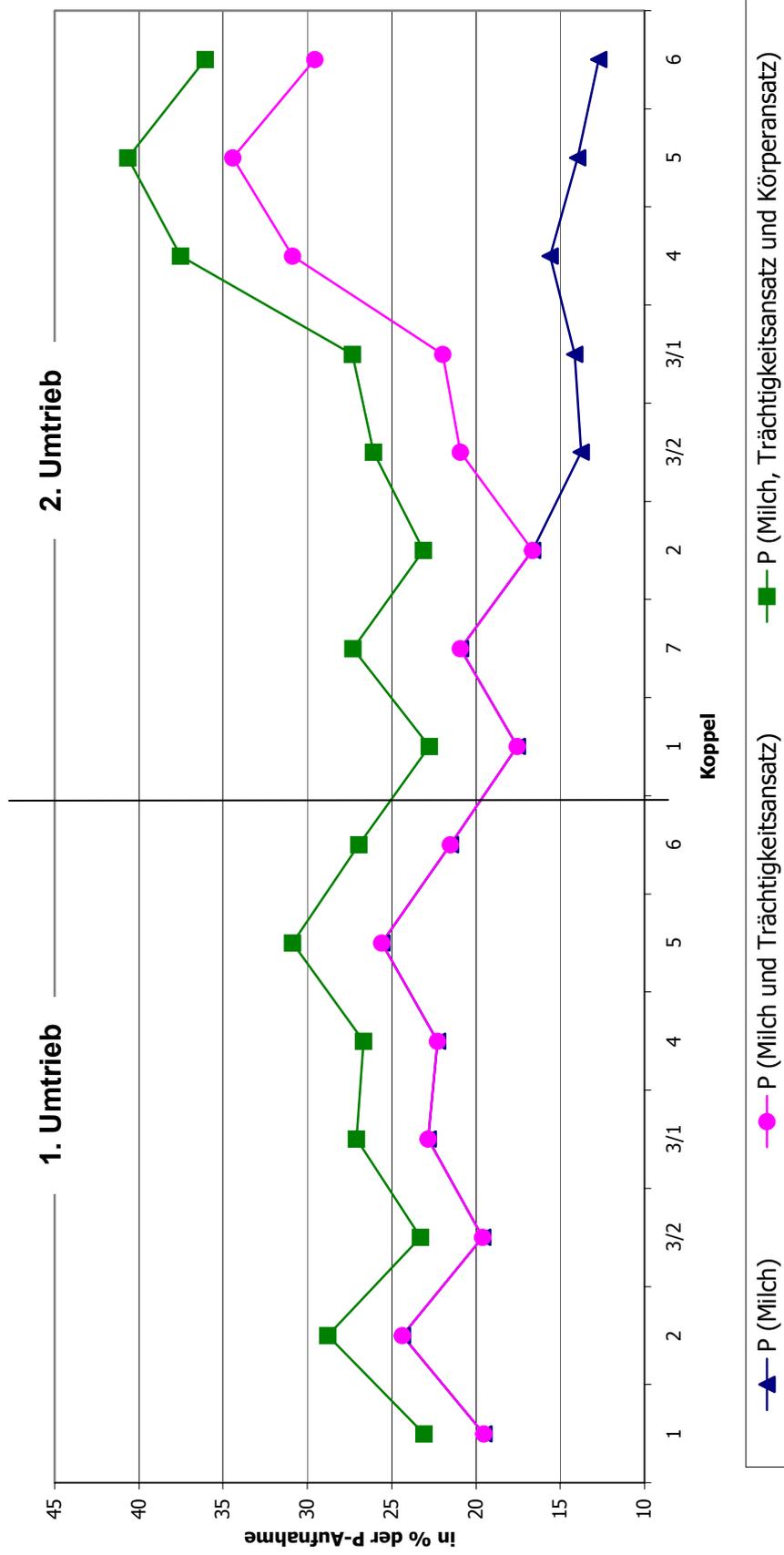
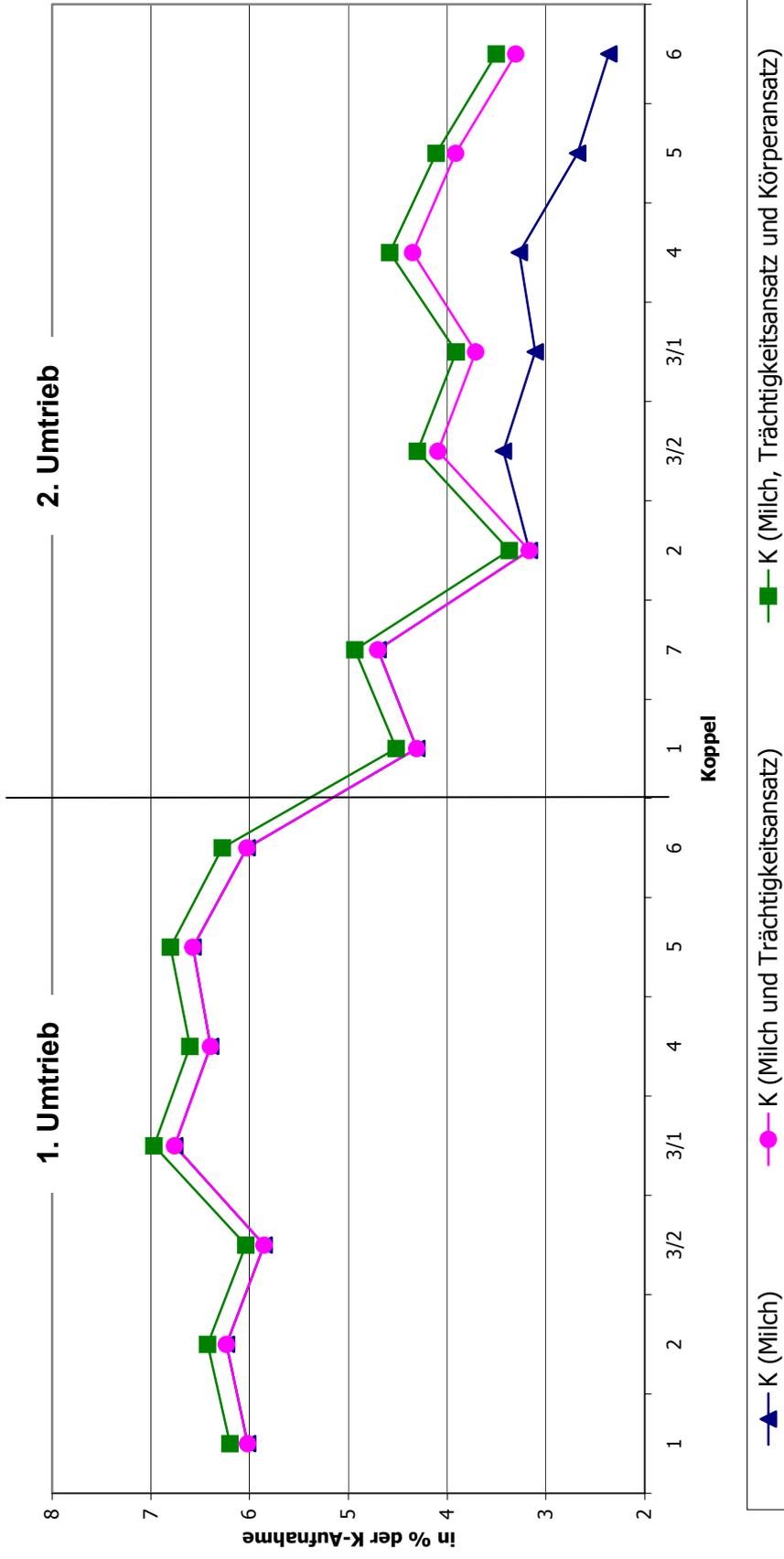


Abbildung 17: K-Effizienz – Alm A



4.2 Ergebnisse der Nährstoffbilanzierung Alm B

Entsprechend der Vorgangsweise bei Alm A werden auch hier, vor der eigentlichen Nährstoffbilanzierung in der Hoftor-Bilanz, sämtliche Nährstofffrachten zu und von der Alm aufgelistet (Tabelle 31).

Tabelle 31: Zu- und Abfuhrkomponenten – Alm B (Almsommer)

Allgemeine Daten	Einheit	Menge	Einheit	Konzentration/Menge		
				N	P	K
Mittlere Futterfläche	ha	98	-	-	-	-
Tierbesatz	Kühe ha ⁻¹	0,63	-	-	-	-
	GVE ha ⁻¹	0,87	-	-	-	-
Nährstoffzufuhr						
Krafftutter	kg T	6.718	g kg ⁻¹ T	32,0	7,9	9,3
Heu	kg T	5.487	g kg ⁻¹ T	18,1	2,8	23,2
Nährstoffabfuhr						
Milch	kg	38.175	g kg ⁻¹	5,68	0,94	1,44
Trächtigkeit	-	-	kg	38,50	-	-

Tabelle 32 zeigt die Ergebnisse der Hoftor-Bilanz für die Nährstoffe N, P und K. Dabei überwiegt die Nährstoffzufuhr die Nährstoffabfuhr bei N um 0,60 kg ha⁻¹ F-FI., bei P um 0,33 kg ha⁻¹ F-FI. und bei K um 1,37 kg ha⁻¹ F-FI.

Tabelle 32: Hoftor-Bilanz – Alm B (Almsommer)

	N	P	K
Nährstoffzufuhr (kg ha⁻¹ F-FI.)			
Krafftutter	2,19	0,54	0,64
Heu	1,01	0,16	1,30
Summe Nährstoffzufuhr	3,21	0,70	1,94
Nährstoffabfuhr (kg ha⁻¹ F-FI.)			
Milch	2,21	0,37	0,56
Trächtigkeit	0,39	-	-
Summe Nährstoffabfuhr	2,60	0,37	0,56
Hoftor-Bilanz (kg ha⁻¹ F-FI.)	0,60	0,33	1,37
Nährstoffeintrag % d. Nährstoffzufuhr	18,80	47,70	71,00

Abbildung 18: Hoftor-Bilanz – Alm B

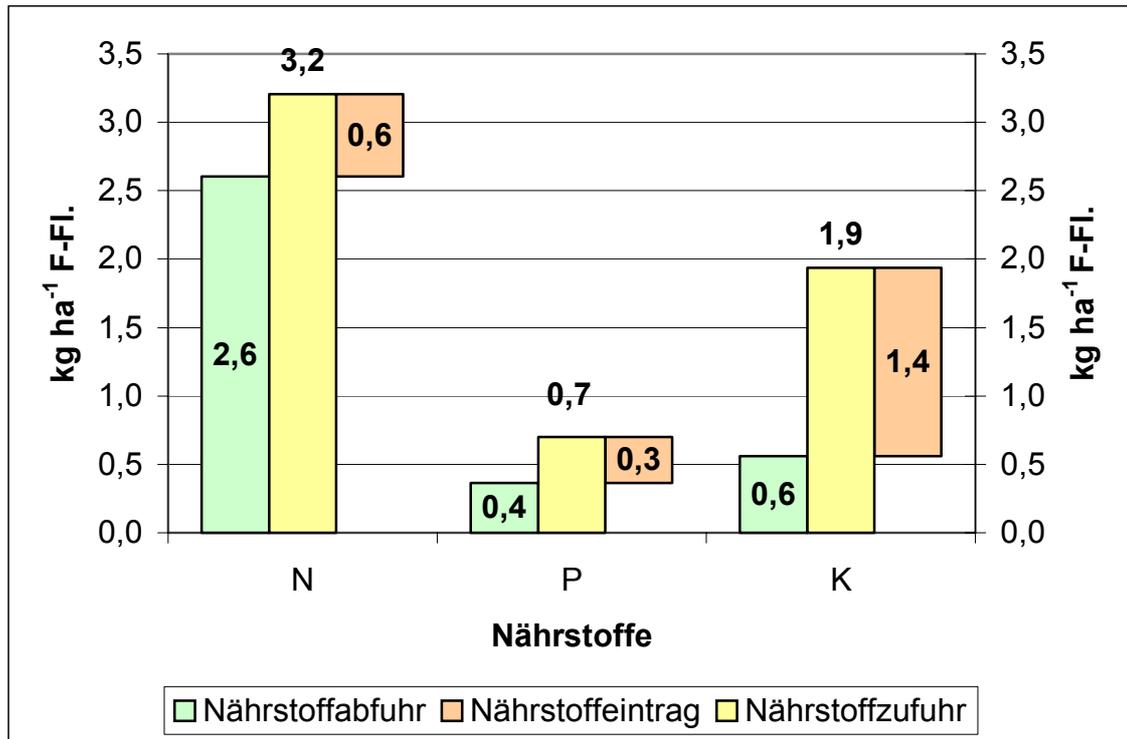
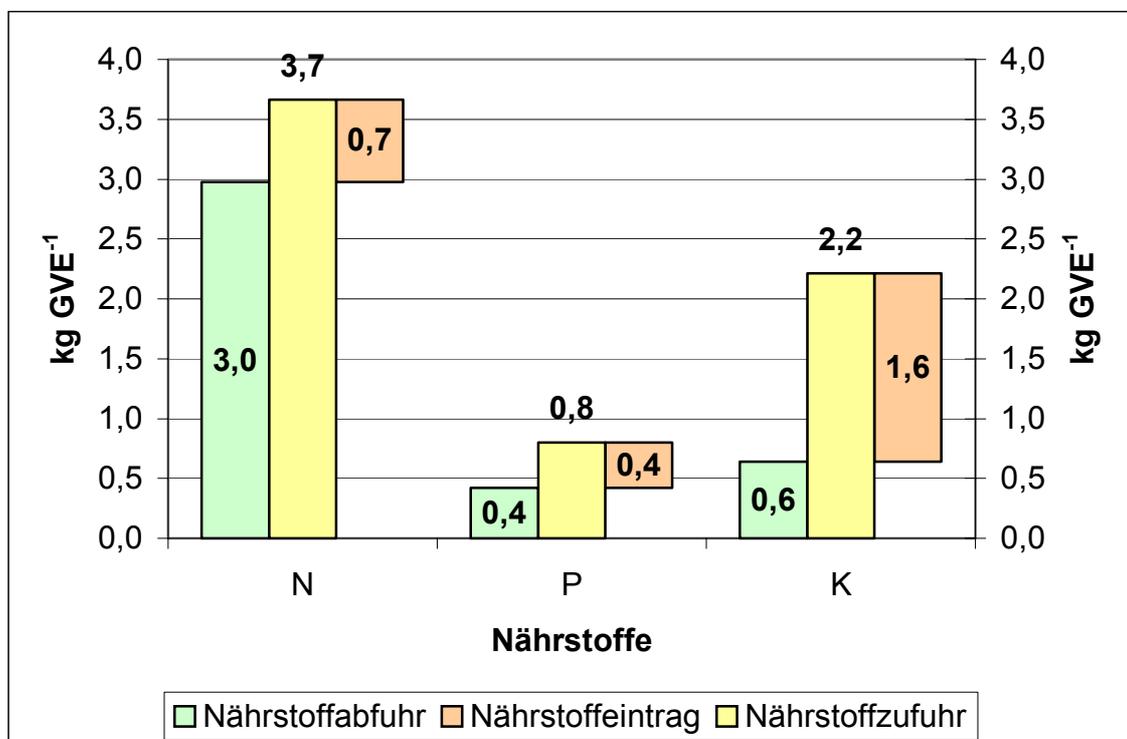


Abbildung 19: Hoftor-Bilanz – Alm B



Die Abbildungen 18 und 19 geben das Ergebnis der Hoftor-Bilanz von Alm B in graphischer Form wieder. Der positiv ausfallende Nährstoffsaldo ist gut erkennbar.

4.3 Ergebnisse der Nährstoffbilanzierung Alm C

Bevor wir zur eigentlichen Nährstoffbilanzierung in der Hoftor-Bilanz schreiten wird auch bei Alm C, gleich den beiden anderen Almen, mit einer Aufstellung der Nährstoffzu- und abfuhr begonnen. Diese Aufstellung soll einen schnellen Überblick über die Nährstoffflüsse der Alm ermöglichen (Tabelle 33).

Tabelle 33: Zu- und Abfuhrkomponenten – Alm C (Almsommer)

Allgemeine Daten	Einheit	Menge	Einheit	Konzentration/Menge		
				N	P	K
Mittlere Futterfläche	ha	93	-	-	-	-
Tierbesatz	Rinder ha ⁻¹	1,12	-	-	-	-
	GVE ha ⁻¹	1,31	-	-	-	-
Nährstoffzufuhr						
Krafftutter	-	-	-	-	-	-
Heu	-	-	-	-	-	-
Nährstoffabfuhr						
Tageszunahmen	kg	2.871	-	-	-	-
Tageszunahmen	-	-	kg	70,6	21,5	5,5
Trächtigkeit	-	-	kg	26,6	2,1	0,6

Die Ergebnisse der Hoftor-Bilanz von N, P und K sind in Tabelle 34 angeführt. Durch die fehlenden Nährstoffzufuhren ergibt sich auf Alm C, bedingt durch die Nährstoffabfuhr in Form von Trächtigkeitsansatz und Tageszunahmen eine negative Hoftor-Bilanz (Nährstoffaustrag) im Ausmaß von 1,05 kg N ha⁻¹ F-Fl., 0,25 kg P ha⁻¹ F-Fl. und 0,07 kg K ha⁻¹ F-Fl.

Tabelle 34: Hoftor-Bilanz – Alm C (Almsommer)

	N	P	K
Nährstoffzufuhr (kg ha⁻¹ F-Fl.)			
Krafftutter	-	-	-
Heu	-	-	-
Summe Nährstoffzufuhr	-	-	-
Nährstoffabfuhr (kg ha⁻¹ F-Fl.)			
Tageszunahmen	0,76	0,23	0,06
Trächtigkeit	0,29	0,02	0,01
Summe Nährstoffabfuhr	1,05	0,25	0,07
Hoftor-Bilanz (kg ha⁻¹ F-Fl.)	-1,05	-0,25	-0,07
Nährstoffeintrag % d. Nährstoffzufuhr	-	-	-

In Abbildung 20 und 21 wird das Ergebnis der Hoftor-Bilanz in graphischer Form wiedergegeben. Deutlich erkennbar ist der auf Alm C festgestellte Nährstoffaustrag.

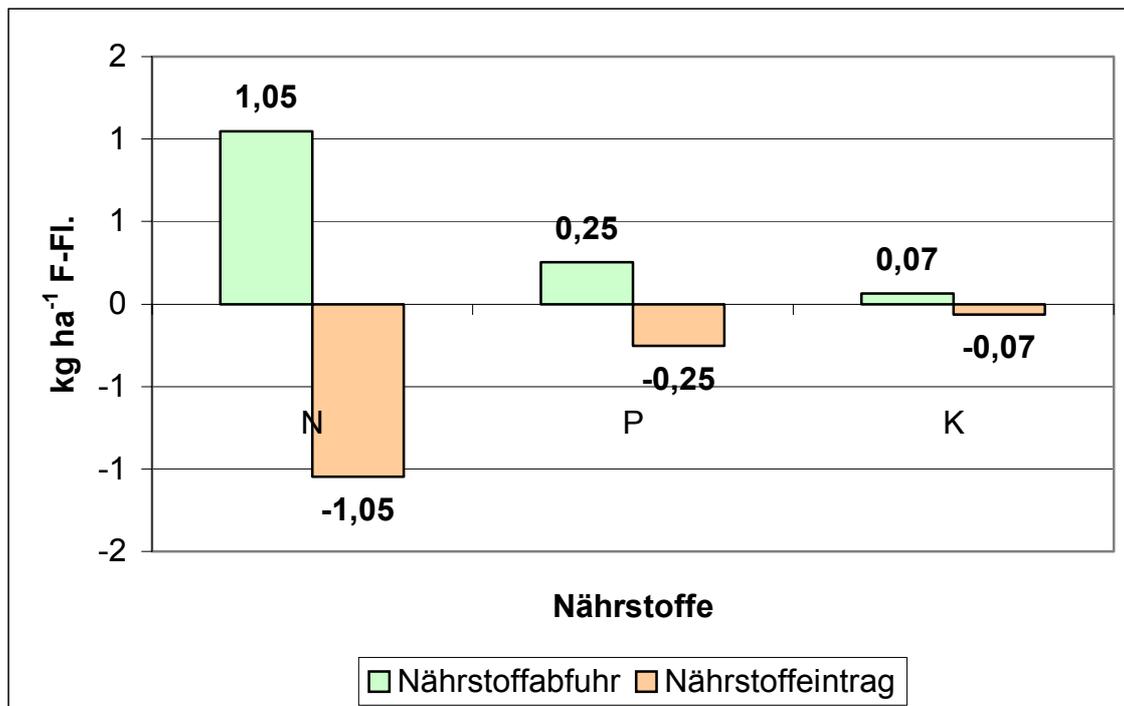
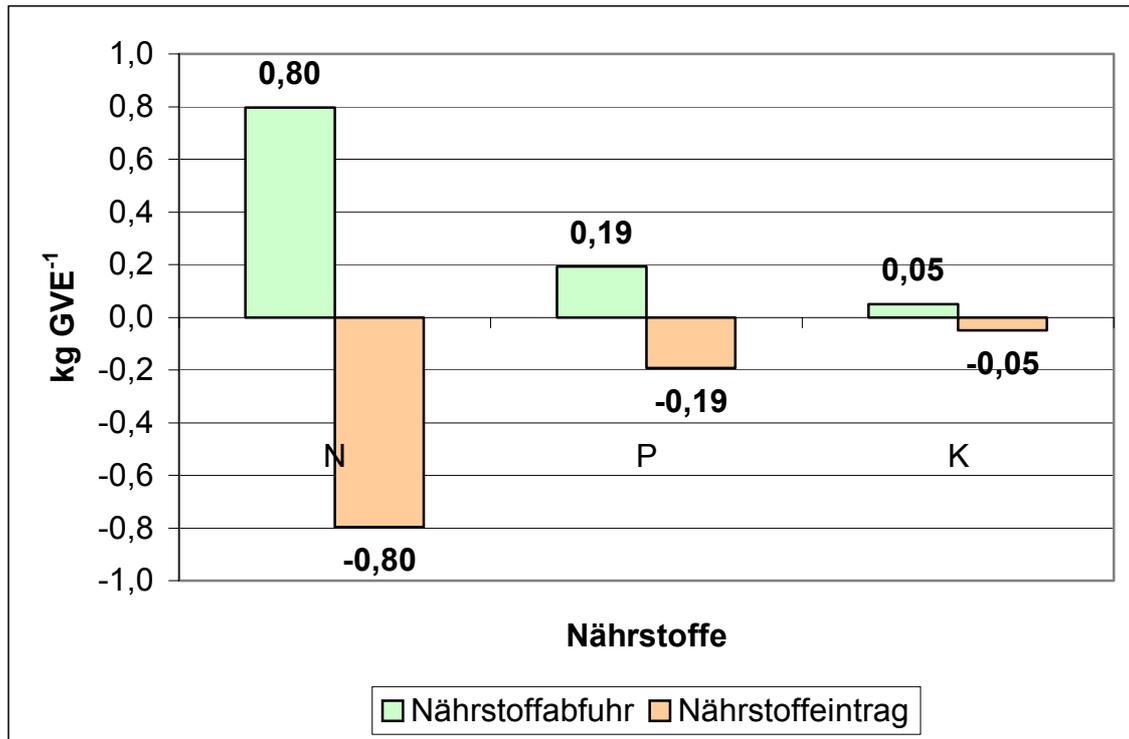
Abbildung 20: Hoftor-Bilanz – Alm C

Abbildung 21: Hoftor-Bilanz – Alm C



5 Diskussion

5.1 Alm A

In der vorliegenden Arbeit wurden über den gesamten Almsommer die zu- und abgeführten Nährstoffe N, P und K der beschriebenen Almen A, B und C in einer Hoftor-Bilanz gegenübergestellt.

Aufgrund der, wie bereits in Kapitel 3.4.1 beschriebenen, umfangreicheren Datengrundlage auf Alm A gegenüber den anderen beiden Almen, wurden für diese Alm, unterschiedliche Stufen der Hoftor-Bilanzierung berechnet, um eine vollständige aber dennoch vergleichbare Situation der Bilanzierung zu gewährleisten.

In der Bilanzierung der Alm A in Kapitel 4.1.1 überwiegt die Nährstoffzufuhr die Nährstoffabfuhr bei N um $25,81 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$, bei P um $4,73 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ und bei K um $22,68 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ Das bedeutet, dass bei N 60,4%, bei P 62,6% und bei K 86,5% der Zufuhren auf der Alm verbleiben und nicht durch Leistungsprodukte der Kühe wieder abtransportiert werden können. Setzt man nur die, über die Futtermittel auf die Alm zugeführten Nährstoffe der Nährstoffabfuhr durch die Leistungsprodukte der Milchkühe gegenüber, so erhält man einen Nährstoffeintrag von $10,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$, von $2,84 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ und von $17,69 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ Dies entspricht einer Abfuhr von 62,5% N, 49,9% P und 16,6% K der über die Futtermittel importierten Nährstoffe.

Da in der Tierhaltung gewisse N-Emissionen (NH_3 -Verluste) unvermeidbar sind und dem Betrieb dadurch N entzogen wird, welcher aber nicht direkt als N-Abfuhr einzuordnen ist, wird es notwendig die Bilanz um diese gasförmigen Verluste zu reduzieren. Da das Ausmaß dieser Verluste durchaus mit gewissen Unsicherheiten behaftet ist, wurde für die Berücksichtigung der NH_3 -Verluste eine eigene Netto-Hoftor-Bilanz (Kapitel 4.1.3) berechnet.

Durch die Berücksichtigung der unvermeidbaren N-Verluste ($14,23 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$) reduziert sich der N-Saldo der Netto-Hoftor-Bilanz auf $11,58 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ bzw. verbleiben 27,1% der gesamten N-Zufuhren auf der Alm. Gegenüber dem N-Eintrag in der Hoftor-Bilanz entspricht das einer Reduktion von 33,3%-Punkten.

P und K bleiben unbeeinflusst. Der verbleibende K-Eintrag darf hinsichtlich seiner ökologischen Auswirkungen nicht unterschätzt werden.

Nimmt man nur die, über die Futtermittel auf die Alm kommenden Nährstoffe und setzt diese der Nährstoffabfuhr über die Leistungsprodukte und den unvermeidbaren N-Verlusten gegenüber, so würde auf der Alm kein N mehr angereichert sondern es würde N im Ausmaß von $4,1 \text{ kg ha}^{-1}$ F-Fl. entzogen.

Neben der bereits beschriebenen Hoftor- und Netto-Hoftor-Bilanz wurde für die Alm A eine weitere Hoftor-Bilanz ohne die N-Bindung durch die Leguminosen, nur die das Hoftor durchlaufenden Nährstoffzu- und -abfuhr berechnet (Kapitel 4.1.2). Durch die Nichtberücksichtigung der N-Bindung durch die Leguminosen reduziert sich der N-Eintrag gegenüber der Hoftor-Bilanz in Kapitel 4.1.1 um 10,2%-Punkte auf $17,02 \text{ kg ha}^{-1}$ F-Fl. Beachtet man darüber hinaus die unvermeidbaren N-Verluste (Kapitel 4.1.4) reduziert sich der N-Eintrag auf $2,79 \text{ kg ha}^{-1}$ F-Fl., was einem N-Eintrag von 8,2% der Nährstoffzufuhr entspricht.

Wie bereits beschrieben, kann eine schlechte innerbetriebliche Verteilung dazu führen, dass es auf Teilflächen (Koppeln) zu beträchtlichen Nährstoffüber- bzw. -unterversorgungen kommt. Aus ökologischer Sicht ist das Ergebnis der Flächen-Bilanz aussagekräftiger als das Ergebnis der Hoftor-Bilanz, die nur durchschnittliche Ergebnisse für den Gesamtbetrieb (Alm) zeigt, die innerbetrieblich erzeugten und verwendeten Futtermittel bzw. Wirtschaftsdünger nicht berücksichtigt und durchaus ausgeglichen sein kann.

Aus diesem Grund wurde für die Alm A eine Flächen-Bilanz für jede Weidekoppel über die Erhebungsperiode ermittelt. Bei den in der vorliegenden Arbeit ermittelten Flächen-Bilanzen für die Nährstoffe N, P und K übersteigt die Nährstoffzufuhr die Nährstoffabfuhr lediglich auf jenen Flächen wo zusätzlich mit Gülle gedüngt wurde (Tabelle 25, 26 und 27). Auf diesen Koppeln werden Überschüsse von 28 bis 170 kg ha^{-1} F-Fl. für N, von 3,5 bis $43,8 \text{ kg ha}^{-1}$ F-Fl. für P und von 41 bis 102 kg ha^{-1} F-Fl. für K ermittelt. Besonders hoch war der Nährstoffüberschuss auf der Weidekoppel 3/2. Dieser Überschuss ist hauptsächlich auf die zusätzliche Kompost- und zum Teil auch auf die Rindermistausbringung zurückzuführen. Die Zufuhr des Kompostes ist nicht nur auf Grund der belastenden Wirkung für die

Hofor-Bilanz, sondern auch unter Berücksichtigung der in TSCHÖLL (2004) ermittelten durchschnittlichen Bodengehalte der Koppel 3/2 (C/N 1:16, pH 6,25, Humus 22,25%), auf welcher der Kompost zur Bodenverbesserung eingesetzt wird, abzulehnen bzw. nicht notwendig.

Auf den Flächen, auf denen keine Gülle ausgebracht wurde, wurden für die Nährstoffe N, P und K durchwegs leicht negative Bilanzen ermittelt. Aufgrund stattfindender Mineralisationsprozesse im Boden (Nährstofffreisetzung) und wechselnder Gülleausbringung ist dies aber nicht von großer Bedeutung.

Neben der Nährstoffbilanzierung auf Betriebs- und Flächenbasis wurde in der vorliegenden Arbeit der durchschnittliche N-Umsatz der Milchkühe über die Erhebungsperiode geschätzt (Tabelle 29). Diese sog. Stall-Bilanz weist die durchschnittliche N-Retention (entspricht der Effizienz der Umsetzung des aufgenommenen Futter-N in Leistungsprodukte) des Systems aus.

Wie bei der Flächen-Bilanz hat auch diese Form der Bilanzierung den Vorteil, dass die innerbetrieblich erzeugten und verwendeten Futtermittel bzw. Wirtschaftsdünger mitberücksichtigt bzw. dargestellt werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde eine N-Aufnahme von $331 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ geschätzt. Davon entfallen rund 21% auf das aufgenommene Krafffutter, etwa 14% auf das zugefütterte Heu und rund 65% auf das gefressene Weidegras. Rund 78% des aufgenommenen N werden zum überwiegenden Teil über die Gülle, sowie in Form von Oberflächenverlusten wieder ausgeschieden und gelangen nach Abzug der unvermeidbaren N-Verluste wieder auf die Weideflächen. Über die Erhebungsperiode wurde eine mittlere N-Retention des Systems von $74 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ ermittelt. Anders ausgedrückt werden $74 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ des aufgenommenen N in die Leistungsprodukte (Milch 57 g, Trächtigkeit 10 g und Körperansatz $8 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$) umgewandelt. Dies entspricht einer Effizienz des Systems von 22%. Bei einer differenzierten Betrachtung von N-Aufnahme und N-Retention werden von den Ergänzungsfuttermitteln Heu und Krafffutter ($117 \text{ g N Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$) rund 63% in Leistungsprodukte umgewandelt.

ESTERMANN ET AL. (2001) berechnen in ihrer Arbeit eine N-Verwertung des Produktionssystems von 25,7% der N-Aufnahme. Sie stellten in ihrer Arbeit eine

um $40 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ geringere N-Aufnahme, eine negative N-Retention der Kuh von 8 g Tag^{-1} und eine um rund $7 \text{ kg Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ höhere Milchleistung gegenüber den Ergebnissen in der vorliegenden Arbeit fest. Die in der vorliegenden Arbeit ermittelte niedrigere N-Verwertung der Tiere ist hauptsächlich auf die geringere Milchleistung und auf die nicht bedarfsgerechte Zufütterung zurückzuführen. Die niedrige Milchleistung ist durch das fortgeschrittene Laktationsstadium bedingt. Die nicht bedarfsgerechte Zufütterung basiert hauptsächlich auf dem, für dieses Leistungsniveau, relativ hohen XP-Gehalt des KF.

Der Feld-Stall-Kreislauf entspricht einer ganzheitlichen Darstellung der Nährstoffflüsse des Produktionssystems Alm. In ihm werden Nährstoffeinträge, Nährstoffausträge und die innerbetrieblichen Nährstofffrachten sichtbar und können dadurch besser zueinander in Relation gesetzt werden.

Basierend auf den Ergebnissen der Flächen- und der Stall-Bilanz wurde für die Alm A der Feld-Stall-Kreislauf für den Nährstoff N dargestellt. Die größten Nährstoffflüsse finden innerhalb des Produktionssystems selbst statt. Rund $41 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ werden über das Weidegras von den Kühen aufgenommen. Zusätzlich nehmen die Tiere rund $9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über das Heu und $13 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über das Krafftutter auf, dies entspricht einem Anteil von rund 35% der gesamten N-Aufnahme. Von dem aufgenommenen N (rund $64 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$) verlassen ca. $14 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ das Produktionssystem in Form von Leistungsprodukten und rund $37 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ verbleiben als Wirtschaftsdünger (feldfallend) und Oberflächenverluste im System. Diese Menge an Wirtschaftsdünger und Oberflächenverlusten entspricht rund 58% des gesamten aufgenommenen N. Rund $13 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ verlassen den Kreislauf in Form von unvermeidbaren N-Verlusten aus Wirtschaftsdünger und Rindermist. Daneben wird dem Kreislauf N im Ausmaß von rund $9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über die Leguminosen, $8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über die Deposition, etwa $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über die Düngung mit Rindermist und rund $5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über eine Kompostdüngung zugeführt. In Summe werden dem Produktionssystem Alm ca. $46 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ zugeführt, davon entfallen mit $17 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ rund 36% auf die N-Einträge aus der Atmosphäre als Niederschlag und über die N-Bindung der Leguminosen. Vergleicht man die Einträge an N über

die Futtermittel, mit jenen aus der Atmosphäre, überwiegt der Input über Futtermittel um rund 25%.

Um nicht nur eine durchschnittliche Effizienz der Nährstoffumwandlung in Leistungsprodukte zu erhalten, sondern den Verlauf während der Erhebungsperiode darzustellen wurde für jede Weidekoppel die Effizienz der N-, P- und K-Umwandlung dargestellt. Dies ermöglicht die Interpretation der Auswirkungen von Leistungsänderungen (sinkende Milchleistung, steigender Bedarf für die Trächtigkeit und Bedarf für Körperansatz) und der sich verändernden Futterqualität im Laufe der Erhebungsperiode.

Im Laufe des 1. Umtriebes steigt die N-Effizienz bei der Umwandlung in Milch leicht an. Dieser Anstieg lässt sich auf den sinkenden Rohproteingehalt des Weidefutters, bei nahezu gleichbleibender Futteraufnahme und Milchleistung zurückführen. Im weiteren Verlauf sinkt die N-Verwertung infolge der sinkenden Milchleistung der Kühe, bei zunächst gleichbleibendem Rohproteingehalt des Weidegrases (gegen Ende des 1. Umtriebes). Mit dem Übergang auf den 2. Weideumtrieb sinkt die Effizienz weiter aufgrund der abnehmenden Milchleistung und dem höheren Rohproteingehalt des Grases. Im Mittel wurde eine N-Verwertung durch die Milch in Höhe von 16,4% ermittelt. Sie verringerte sich von anfänglich 19,4% auf 8% am Ende der Erhebungsperiode.

Aufgrund der vor allem gegen Ende des Almsommers, teilweise hochträchtigen trockenstehenden Kühe darf man den N-Ansatz für die Trächtigkeit nicht außer Acht lassen. Durch diese zusätzliche Berücksichtigung des N-Ansatzes während der Trächtigkeit, hebt sich die Effizienz zu Beginn auf ein höheres Niveau (21,1%). Aufgrund der exponentiellen Zunahme des N-Ansatzes, mit fortschreitendem Trächtigkeitstag, entfernt sich die Effizienz immer weiter von der Kurve, in der die N-Verwertung durch die Milchbildung dargestellt ist. Dadurch kann die abnehmende N-Verwertung durch die rückläufige Milchmenge abgeschwächt werden. Trotzdem sinkt die N-Verwertung, im Lauf der beiden Umtriebe von anfänglich 21,1% auf 12,5%.

Die über den Almsommer erhobene und auf den Körperansatz zurückzuführende Lebendmassezunahme, im Ausmaß von durchschnittlich 31,6 kg Kuh⁻¹, darf in der Berechnung der N-Effizienz durch Leistungsprodukte ebenfalls nicht fehlen. Durch

die zusätzliche Berücksichtigung des, als konstant angenommenen, Körperansatzes hebt sich die Effizienz auf anfänglich 22,9% und 16,4% am Ende des 2. Umtriebes an.

Die P-Verwertung durch die Milch verringert sich bedingt durch die sinkende Milchleistung im Laufe der zwei Umtriebe von anfänglich 19,5% auf 12,7% (Mittelwert 18,7%). Der P-Ansatz in der Trächtigkeit wird erst ab dem 180. Trächtigkeitstag veranschlagt und steigt exponentiell an, deshalb kommt er erst ab dem 2. Umtrieb, auf Koppel 3/2 zum Tragen. Durch die Berücksichtigung des P-Ansatzes in der Trächtigkeit steigt die Effizienz gegen Ende des 2. Umtriebes an. Die zusätzliche Berücksichtigung des Körperansatzes in der Schätzung der P-Effizienz entspricht jener der Schätzung der N-Effizienz.

Gleich der P-Verwertung verringert sich auch die K-Verwertung während der zwei Umtriebe von anfänglich 6% auf 2,4% (Mittelwert 4,7%). Der K-Ansatz wird ab dem 180. Trächtigkeitstag als Konstante veranschlagt. Das führt ab Koppel 3/2, im 2. Umtrieb, zunächst zu einem leichten Anstieg der Effizienz um anschließend wieder entsprechend dem Rückgang durch die sinkende Milchleistung leicht abzufallen. Der außerdem berücksichtigte Körperansatz im Zuge der Berechnung der K-Effizienz entspricht der Vorgehensweise bei N und P.

CHRISTEN ET AL. (1996) berechneten in ihrer Arbeit eine N-Verwertung über die Milch im Jahre 1987 von 21,2% in der 1. Alpungswoche, von 21,9% in der 2. und 3. Alpungswoche sowie von 17,6% in der 8. Alpungswoche. Im Jahre 1988 berechneten sie eine N-Verwertung von 21,4% für die 1. Alpungswoche, von 16,8% für die 2. und 3. Alpungswoche und von 16,8% für die 8. Alpungswoche. Aufgrund der, in der 8. Alpungswoche noch recht hohen Milchleistung von 14,2 kg Tier⁻¹ Tag⁻¹ im Jahre 1987 und von 11,7 kg Tier⁻¹ Tag⁻¹ im Jahre 1988, ist die mit 17,6% im Jahre 1987 und mit 16,8% im Jahre 1988 noch recht hohe N-Verwertung erreichbar.

BERRY ET AL. (2001A) geben in ihrer Arbeit eine N-Verwertung bei der Futtergruppe 0,5 E¹⁰ von 30,1% an. Dagegen wies die Kontrollgruppe, bei alleiniger

¹⁰ Zufütterung: 50% des Energie- und 40% des Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

Weidefuttermittelaufnahme, im Mittel für die Jahre A und B eine N-Verwertung von 22,8% auf. Für die Futtergruppe 1 EP¹¹ wurde eine N-Verwertung von 26,7% und für die 1 E¹² Futtergruppe wurde im Mittel über Jahr A und B eine N-Verwertung von 34,6% ermittelt (BERRY ET AL., 2001A). Sowohl die Ergebnisse von CHRISTEN ET AL. (1996) als auch die Ergebnisse von BERRY ET AL. (2001A) lassen sich, aufgrund der jeweiligen Versuchsbedingungen, nur sehr schwer mit den in der vorliegenden Arbeit ermittelten Werten vergleichen. Trotzdem kann festgestellt werden, dass die Ergebnisse der Kontrollgruppe und der Futtergruppe 1 EP am nächsten bei den in der vorliegenden Arbeit ermittelten Werten liegen. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass auf Alm A zusätzlich zu der, auf Weidefutter basierenden, proteinreichen Ration ein für das herrschende Leistungsniveau der Kühe relativ proteinreiches Kraftfuttermittel verabreicht wurde und damit eine hohe N-Aufnahme einer geringen Milchleistung gegenüber stand. Würde man auf der Alm A hingegen, entsprechend der geringen Energieversorgung und der übermäßigen Proteinversorgung ein energiereiches und proteinarmes Kraftfuttermittel zufüttern, könnte man anhand der Ergebnisse von BERRY ET AL. (2001A) mit einer erheblichen Steigerung der N-Verwertung rechnen.

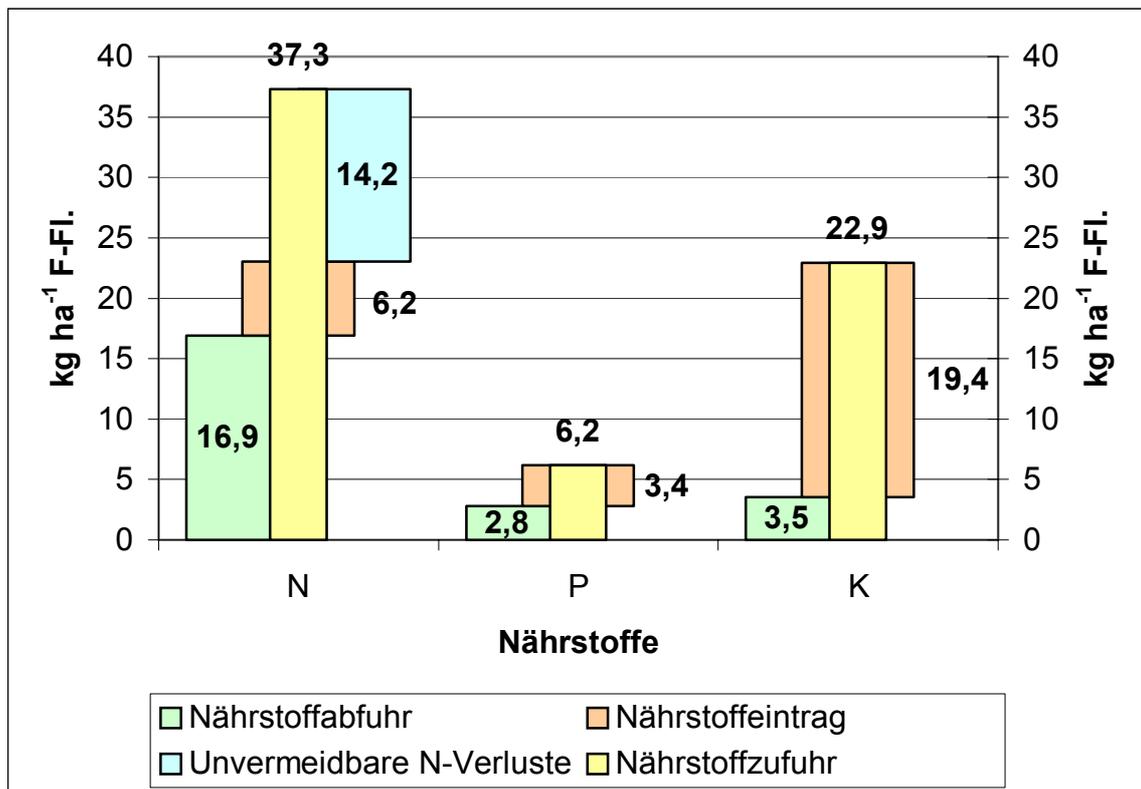
Der Großteil der zugeführten Nährstoffe wird durch Kraftfutter und Heu auf Alm A gebracht. Der Eintrag durch die N-Bindung der Leguminosen sowie die Zufuhr und Ausbringung des systemfremden Kompostes aus dem Tal stellen ebenfalls beträchtliche N- bzw. Nährstoffzufuhren dar. Bei Verzicht auf die Zufuhr von Kompost, würden Nährstoffeinträge im Ausmaß von 5,4 kg N ha⁻¹ F-FI., 1,4 kg P ha⁻¹ F-FI. und 3,3 kg K ha⁻¹ F-FI. wegfallen. Bei Betrachtung der Auswirkungen auf die Netto-Hofator-Bilanz, reduziert sich dadurch der Nährstoffeintrag bei N von ca. 11,6 kg auf 6,2 kg ha⁻¹ F-FI., bei P von 4,7 kg auf ca. 3,4 kg ha⁻¹ F-FI. und bei K von 22,7 kg auf 19,4 kg ha⁻¹ F-FI. (Abbildung 22). Dies entspricht einer Senkung des Nährstoffeintrages in Prozent der Nährstoffzufuhr von 27,1% auf 16,5% bei N, von 62,6% auf 54,5% bei P und von 86,5% auf 84,6% bei K.

¹¹ Zufütterung: 100% des Energie- und 180% des Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

¹² Zufütterung: 100% des Energie- und 80% des Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

Neben dieser positiven Auswirkung auf die Hoftor-Bilanz rechtfertigt sich der Kompostverzicht vor allem bei Betrachtung der Flächen-Bilanz, Koppel 3/2 (Kapitel 4.1.5), wo es durch die Kompostgabe zu hohen Nährstoffüberschüssen kommt. Verzichtet man auf dieser Koppel auf die Kompostgabe, sinkt der Nährstoffüberschuss ha^{-1} F-Fl. in der Flächen-Bilanz stark, um 134,4 kg von 170,1 kg auf 35,7 kg ha^{-1} F-Fl. bei N, um 33,5 kg von 43,8 kg auf 10,4 kg ha^{-1} F-Fl. bei P und um 81,1 kg von 102,1 kg auf 21 kg ha^{-1} F-Fl. bei K. Dadurch sinkt auf Koppel 3/2 der N-Überschuss um 79%, der P-Überschuss um 76% und der K-Überschuss um 79%.

Abbildung 22: Netto-Hoftor-Bilanz ohne Nährstoffzufuhr über Kompost – Alm A



Der durch das Galtvieh auf der Alm produzierte Rindermist kann aufgrund der geringen Menge und der, über mehrere Jahre verteilten Wirksamkeit sowie der positiven Wirkung auf den Humusgehalt, durchaus auf den Weideflächen der Kühe ausgebracht werden.

Unter dem gegebenen Leistungsniveau auf Alm A ist die Senkung des XP-Gehaltes des eingesetzten Kraftfutters ein entscheidender Ansatzpunkt zur Verringerung des N-Eintrages. Neben der Senkung des N-Eintrages in das Produktionssystem Alm bewirkt eine solche Maßnahme, bei sonst gleichbleibenden Bedingungen, eine geringere N-Aufnahme durch die Tiere. Dies führt einerseits zu einer besseren N-Verwertung durch die Leistungsprodukte und andererseits zu einer Senkung der N-Ausscheidung, welche wiederum zu geringeren N-Einträgen auf den Weideflächen führt. Auf Alm A wurde während des Almsommers Kraftfutter im Ausmaß von 15.670 kg T mit einem XP-Gehalt von 181 g kg⁻¹ T verfüttert.

Nach der von TSCHÖLL (2004) auf Alm A geschätzten Futteraufnahme ergibt sich eine knappe, zudem unausgeglichene Versorgung der Kühe mit Energie (Energiebilanz). Aus dem, vor allem zu Beginn des 1. und während des 2. Weideumtriebes, hohen XP-Gehalt des Weidegrases und durch die nicht bedarfsorientierte Nährstoffergänzung mit einem XP-reichen Kraftfutter ermittelte er über die Erhebungsperiode eine deutlich positive Bilanz an nutzbarem XP am Duodenum. Damit zeigt er auf, dass unter dem gegebenen Leistungsniveau der Kühe die Versorgung mit Energie und nicht das XP limitierend auf die Leistung wirkt.

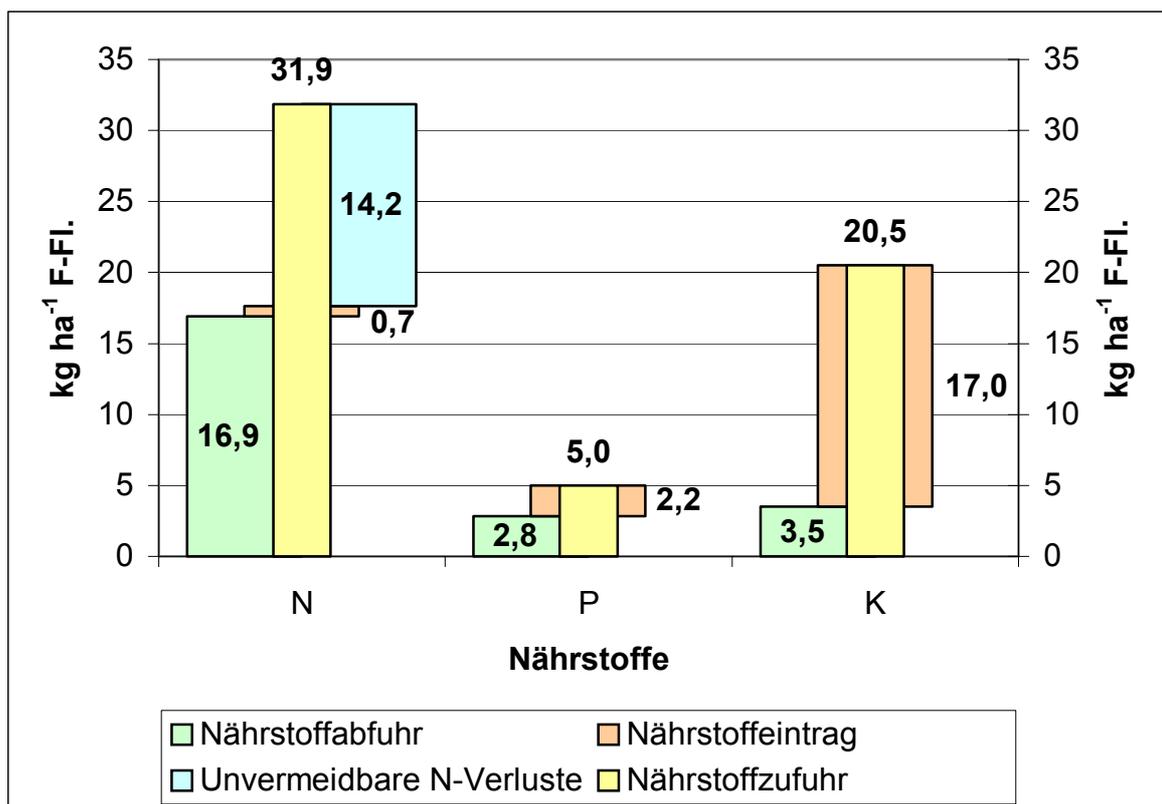
Zudem stellte TSCHÖLL (2004) eine deutlich positive Ruminale-Stickstoff-Bilanz (RNB) der Ration auf Alm A fest. Ein positiver Wert weist bei einer Ration auf ein N-Überangebot im Pansen hin. Liegen im Futter Rohproteinüberschüsse vor, gleichzeitig fehlt aber die Energie für die Pansenmikroben, entsteht überschüssiges Ammoniak. Dieses kann nur unter Energieaufwand sowie einer Belastung des Stoffwechsels und der Tiergesundheit in Form von Harnstoff vom Rind entgiftet werden. Ein Großteil dieser N-Verbindung wird dann über den Harn ausgeschieden und gelangt ungenutzt auf die Weideflächen.

Daher ist es ökologisch und ökonomisch nicht sinnvoll, nicht nutzbares (überschüssiges) XP in Form von KF auf die Alm zu bringen, das wiederum zu vermeidbaren Belastungen der N-Bilanzen und zu einer Erhöhung der N-Ausscheidungen durch die Tiere führt.

Bei Einsatz eines geringfügig teureren (Mehrkosten für dieselbe Menge ca. Euro 80,-) handelsüblichen Krafffuttermittels mit einem niedrigeren N-Gehalt (118 g XP, 4,5 g P und 5 g K kg⁻¹ T), verringert sich die Zufuhr bei N von 15,6 kg auf 10,2 kg ha⁻¹ F-FI., bei P von 3,7 kg auf 2,5 kg ha⁻¹ F-FI. und bei K von 5,1 kg auf 2,7 kg ha⁻¹ F-FI. Der Nährstoffeintrag der Netto-Hoftor-Bilanz sinkt dadurch bei N von 11,6 kg auf 6,1 kg ha⁻¹ F-FI., bei P von 4,7 kg auf 3,5 kg ha⁻¹ F-FI. und bei K von 22,7 kg auf 20,3 kg ha⁻¹ F-FI.

Bei einem Wechsel des Krafffuttermittels und dem gleichzeitigen Verzicht der Kompostdüngung könnte der Nährstoffeintrag weiter wesentlich verringert werden: 0,7 kg statt 11,6 kg ha⁻¹ F-FI. N, 2,2 kg statt 4,7 kg ha⁻¹ F-FI. P und 17 kg statt 22,7 kg K ha⁻¹ F-FI. (Abbildung 23).

Abbildung 23: Netto-Hoftor-Bilanz ohne Kompost, mit XP-armen KF – Alm A



Anhand der Angaben aus der Literatur soll gezeigt bzw. abgeschätzt werden, wie sich die Verwendung eines Krafffuttermittels mit reduziertem XP-Gehalt auf die

Ausscheidung der Kühe bzw. die Nährstoffeffizienz des Systems auf Alm A auswirkt.

In den vorliegenden Berechnungen wurde von einer durchschnittlich geschätzten Güllemenge von 46,69 kg Tier⁻¹ Tag⁻¹ (10% T), einer N-Ausscheidung von 254,88 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ (stallfallend) und einer P-Ausscheidung von 31,63 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ ausgegangen.

Die durchschnittlich geschätzte K-Ausscheidung von 250,12 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ wurde mittels der geschätzten Gülleausscheidung und dem in der Güllegrube ermittelten K-Gehalt berechnet.

Wie in der Literaturübersicht bereits beschrieben, untersuchten BERRY ET AL. (2001A) die Auswirkungen einer KF-Ergänzung mit niedrigem und mittlerem XP-Gehalt auf die N-Aufnahme und die Ausscheidung an N und Mineralstoffen von Kühen auf der Alm auf 2000 m ü.M. Auf der selben Alm beschrieben auch ESTERMANN ET AL. (2001) die Aufnahme und Ausscheidung von N.

ESTERMANN ET AL. (2001) geben in ihrer Arbeit eine Gesamt-N-Ausscheidung (stallfallend) von 224 g Tier⁻¹ Tag⁻¹, bei einer um etwa 40 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ geringeren N-Aufnahme gegenüber den Tiere auf Alm A, an.

BERRY ET AL. (2001A) geben eine Gesamt-N-Ausscheidung (stallfallend) von 259 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ für die Futtergruppe 0,5 E¹³ und das Jahr A an. Aufgrund des geringen XP-Gehaltes des zugefütterten Kraffutters und der, durch die Verabreichung, ausgelösten Grundfutterverdrängung wurde die Gesamt-N-Aufnahme der Kühe in der Arbeit von BERRY ET AL. (2001A) auf 313 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ und damit um etwa 18 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ geringer geschätzt als in den vorliegenden Erhebungen. Trotz der leicht höher geschätzten T-Aufnahme der Kühe im Versuch von BERRY ET AL. (2001A) konnte durch eine entsprechend bedarfsorientierte KF-Ergänzung (geringer XP-Gehalt) die N-Aufnahme und die N-Ausscheidung in Grenzen gehalten werden. Zudem leisteten die Kühe im Versuch von BERRY ET AL. (2001A) mit 17,3 kg ECM Tier⁻¹ Tag⁻¹ um ca. 6,8 kg Tier⁻¹ Tag⁻¹ mehr als die Kühe in der vorliegenden Arbeit. Dagegen betrug die Gesamt-N-Ausscheidung nach BERRY ET AL. (2001A) für die Kontrollkühe, bei alleiniger Weidefutteraufnahme und einer N-

¹³ Zufütterung: 50% des Energie- und 40% des Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

Aufnahme von $416 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$, im Mittel der Jahre A und B, $350 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$. Die Futtergruppe 1 E¹⁴ schied dagegen, bei einer N-Aufnahme von $306 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$, eine Gesamt-N-Menge von $232 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$, im Mittel über die Jahre A und B, aus. Für die Futtergruppe 1 EP¹⁵ ermittelte BERRY ET AL. (2001A) für das Jahr B eine Gesamt-N-Ausscheidung von $313 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ bei einer N-Aufnahme von $415 \text{ g Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$.

Das Ergebnis ihrer Untersuchungen zeigte, dass der N-Gehalt im Kot durch die unterschiedliche KF-Verabreichung nahezu unbeeinflusst blieb. Der Harn-N-Gehalt nahm durch die vorwiegende Energie-Ergänzung um 34% ab. Dieser Effekt war mit 44% bei der 1 E KF-Gruppe noch etwas höher. Der festgestellte Effekt verlief linear, die Gruppe 0,5 E zeigte eine mittlere Harn-N Exkretion die zwischen den Werten der Kontrollgruppe und der Gruppe 1 E im Jahr A lag. Nach BERRY ET AL. (2001A) ist der Rückgang der Harn-N-Ausscheidung auf die Ergänzung mit energiereichem KF zurückzuführen, da durch die Anwesenheit von leicht fermentierbaren Kohlenhydraten eine effektivere Umwandlung von Futter-N in Mikrobenprotein passiert. Dieser Umstand reduziert den Ammoniak-Überschuss im Pansen, der absorbiert und in der Leber zu Harnstoff umgebaut wird und über den Harn (Milch) ausgeschieden wird (50-90% des Harn-N).

Insgesamt konnte bei der Gruppe mit 1 E KF-Ergänzung eine N-Reduktion, über die gesamten Ausscheidungen, von durchschnittlich 36% im Jahr A und von 30% im Jahr B festgestellt werden, was hauptsächlich auf die geringere N-Aufnahme und auf einen leichten Anstieg der N-Abgabe über die Milch zurückzuführen war. Die Kühe mit $1,9 \text{ kg Tag}^{-1}$ Energie-KF (0,5 E) schieden gegenüber der Kontrollgruppe 27% weniger N über Kot und Harn aus. Im Gegensatz dazu war bei den Kühen mit Energie- und Protein-KF-Ergänzung kein signifikanter Unterschied bei der N-Ausscheidung über Harn, Kot und Milch gegenüber den Kontrolltieren ohne KF-Ergänzung festzustellen.

BERRY ET AL. (2001A) zeigen deutlich wie durch eine bedarfsorientierte Krafffutterergänzung, mit einem XP-armen Krafffutter, die N-Ausscheidung über den Harn und damit auch die Gesamt-N-Ausscheidung und die Belastung durch

¹⁴ Zufütterung: 100% des Energie- und 80% des Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

¹⁵ Zufütterung: 100% des Energie- und 180% des Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

N-Importe gesenkt werden kann. Aufgrund der Versorgungsbedingungen der Tiere auf Alm A wäre eine solche Fütterungsstrategie auch dort zu empfehlen.

Durch den Einsatz des Kraftfuttermittels mit geringerem XP-Gehalt (118 g XP, 4,5 g P und 5 g K kg⁻¹ T) wird die geringere N-Aufnahme in der Stall-Bilanz der Alm A ersichtlich. Der Rückgang der N-Ausscheidung aufgrund der verringerten N-Aufnahme der Tiere lässt sich nicht mittels der Regressionsgleichung nach GRUBER ET AL. (1999) schätzen (Formel 3).

Aufgrund der Ergebnisse der Stall-Bilanz (Tabelle 29) müsste, bei sonst gleichbleibenden Bedingungen, die N-Ausscheidung über Kot und Harn um rund 10% abnehmen um die Veränderungen, die bedingt durch die verringerte N-Aufnahme auftreten, auszugleichen und um die gemessenen bzw. geschätzten Leistungen der Kühe auf demselben Niveau zu halten wie bei Fütterung des Kraftfuttermittels mit höherem XP-Gehalt.

Vergleicht man, unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Bedingungen (XP-Gehalt des Kraftfutters, Futteraufnahme, Milchleistung etc.), diese geschätzte Verminderung der N-Ausscheidung (Kot und Harn) mit den Angaben von BERRY ET AL. (2001A), liegen die Ergebnisse der Schätzung in einem durchaus realistischen Bereich (Tabelle 35).

Vergleicht man die Ergebnisse aus Tabelle 35 mit den oben angeführten Ergebnissen von ESTERMANN ET AL. (2001), so stimmen diese, bei Beachtung der unterschiedlichen Voraussetzung, gut überein.

Tabelle 35: Stall-Bilanz mit XP-armen KF – Alm A (Erhebungsperiode)

	N
N-Aufnahme (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)	
Krafftutter	45
Heu	47
Weidegras	215
Summe N-Aufnahme	307
N-Ausscheidung (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)	
Gülle (Kot und Harn)	231
Oberflächenverluste	2
Summe N-Ausscheidung	233
N-Retention des Systems (g Tier⁻¹ Tag⁻¹)	74
N-Retention des Systems % d. Aufnahme	24
Milch	57
Trächtigkeit	10
Körperansatz (Differenz)	8

Die N-Aufnahme der Tiere über das Krafftutter reduziert sich von 70 g auf 45 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ (36%). Damit sinkt die N-Aufnahme um 24 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ von 331 g auf 307 g Tier⁻¹ Tag⁻¹ (7%). Die N-Ausscheidung über Kot und Harn verringert sich von 255 g auf 231 g Tier⁻¹ Tag⁻¹. Damit steigt, bei sonst gleichbleibenden Bedingungen, die N-Retention des Systems in Prozent der Aufnahme von 22% auf 24% an.

Neben der Verringerung der N-Einträge in der Netto-Hoftor-Bilanz dürften sich, zufolge den Schätzungen der Stall-Bilanz, durch die Verabreichung des Krafftuttermittels mit gesenktem XP-Gehalt, das auch geringere Mengen an P und K enthält, die Nährstoffzufuhren in der Flächen-Bilanz über die Ausscheidungen während des 1. und 2. Weideumtriebes und durch die Gülleausbringung in entsprechendem Maße reduzieren. Bei sonst gleichbleibenden Bedingungen würde dies dazu führen, dass sich die Flächen-Bilanzen von N, P und K auf den einzelnen Koppeln in geringem Umfang verringern.

Tabelle 36: Effizienz der N-, P- und K-Umwandlung – Alm A (Erhebungsperiode)

Koppel	1	7	2	3/2	3/1	4	5	6	MW	S_x
N in Milch % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	21,1	-	21,9	24,4	25,2	23,8	24,1	22,7	23,3	±1,5
2. Umtrieb	15,7	17,8	12,4	14,8	12,7	12,5	9,1	8,3	12,9	±3,2
N in Milch und Trächtigkeitsansatz % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	22,9	-	24,0	27,0	27,9	26,6	27,5	27,1	26,1	±1,9
2. Umtrieb	19,5	22,7	17,1	20,4	17,7	18,1	13,6	13,0	17,8	±3,3
N in Milch, Trächtigkeitsansatz und Körperansatz % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	24,9	-	26,1	29,4	30,3	29,1	30,1	30,1	28,6	±2,2
2. Umtrieb	21,9	25,4	19,5	23,2	20,2	20,6	15,7	15,2	20,2	±3,5
P in Milch % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	21,8	-	28,0	22,0	25,9	25,5	29,4	24,4	25,3	±2,8
2. Umtrieb	19,6	23,8	18,7	14,9	15,4	17,2	15,2	13,9	17,4	±3,3
P in Milch und Trächtigkeitsansatz % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	21,8	-	28,0	22,0	25,9	25,5	29,4	24,4	25,3	±2,8
2. Umtrieb	19,6	23,8	18,7	22,7	23,9	34,1	37,6	32,2	26,6	±7,1
P in Milch, Trächtigkeitsansatz und Körperansatz % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	25,8	-	33,1	26,1	30,8	30,5	35,5	30,6	30,3	±3,5
2. Umtrieb	25,5	31,1	26,0	28,3	29,7	41,4	44,4	39,3	33,2	±7,4
K in Milch % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	6,3	-	6,5	6,1	7,1	6,7	6,9	6,3	6,5	±0,4
2. Umtrieb	4,5	4,9	3,3	3,5	3,2	3,4	2,7	2,4	3,5	±0,8

Fortsetzung Tabelle 36: Effizienz der N-, P- und K-Umwandlung – Alm A (Erhebungsperiode)

K in Milch und Trächtigkeitsansatz % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	6,3	-	6,5	6,1	7,1	6,7	6,9	6,3	6,5	±0,4
2. Umtrieb	4,5	4,9	3,3	4,2	3,8	4,5	4,0	3,4	4,1	±0,6
K in Milch, Trächtigkeitsansatz und Körperansatz % d. Aufnahme										
1. Umtrieb	6,5	-	6,7	6,3	7,3	6,9	7,1	6,6	6,8	±0,4
2. Umtrieb	4,7	5,1	3,5	4,4	4,0	4,7	4,2	3,6	4,3	±0,6

Tabelle 36 zeigt die Auswirkungen des eingesetzten Kraftfuttermittels mit verminderten XP-Gehalt auf die Effizienz der N-, P- und K-Umwandlung in die Leistungsprodukte Milch, Trächtigkeitsansatz und Körperansatz im Verlauf der Erhebungsperiode.

Diese Maßnahme erhöht die durchschnittliche Effizienz der N-Umwandlung in Milch von 16,4% auf 17,8% über beide Umtriebe. Bei zusätzlicher Berücksichtigung des N-Ansatzes in der Trächtigkeit erhöht sich die Effizienz weiter von 20,1% auf 21,7%. Beachtet man darüber hinaus den N-Ansatz im Körperansatz steigt die durchschnittliche N-Effizienz über beide Weideumtriebe von 22,4% auf 24,2%.

Die damit erreichte durchschnittliche N-Effizienz für die Verwertung in Form von Milch, Trächtigkeitsansatz und Körperansatz liegt über den von CHRISTEN ET AL. (1996) ermittelten N-Verwertungen über die Milch (einziges Leistungsprodukt) im Jahre 1987 von 21,2% in der 1. Alpengswoche, von 21,9% in der 2. und 3. Alpengswoche sowie von 17,6% in der 8. Alpengswoche und die im Jahre 1988 berechneten N-Verwertungen von 21,4% für die 1. Alpengswoche, von 16,8% für die 2. und 3. Alpengswoche und von 16,8% für die 8. Alpengswoche.

Beim Vergleich der ermittelten, durchschnittlichen N-Effizienz sämtlicher Leistungsprodukte der vorliegenden Arbeit mit den von BERRY ET AL. (2001A) errechneten Effizienzen zeigen sich, je nach Futtergruppe des Versuchs von BERRY ET AL. (2001A), folgende Resultate: bei der Futtergruppe 0,5 E¹⁶ wird eine N-Verwertung von 30,1% angegeben. Die Kontrollgruppe erreicht, bei alleiniger Weidefutteraufnahme, im Mittel für die Jahre A und B eine N-Verwertung von 22,8%. Für die Futtergruppe 1 EP¹⁷ wurde eine N-Verwertung von 26,7% und für die 1 E¹⁸ Futtergruppe wurde im Mittel über Jahr A und B eine N-Verwertung von 34,6% ermittelt. Die N-Effizienzen jener Futtergruppen die energiereiches, proteinarmes Kraftfutter erhielten (0,5 E und 1 E), liegen deutlich über der durchschnittlichen N-Effizienz in der vorliegenden Arbeit. Jene der Kontrollgruppe

¹⁶ Zufütterung: 50% des Energie- und 40% des Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

¹⁷ Zufütterung: 100% des Energie- und 180% des Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

¹⁸ Zufütterung: 100% des Energie- und 80% des Proteinerhaltungsbedarfes unter Talbedingungen

liegt darunter, jene der Futtergruppe die ein energie- und proteinreiches Krafffutter erhielt (1 EP) liegt etwa im Bereich der ermittelten Effizienz auf Alm A.

Durch den Austausch der Krafffuttermittel erhöht sich die Effizienz der P-Umwandlung in Milch, Trächtigkeitsansatz und Körperansatz von 28,8% auf 31,9% und jene von K von 5,2% auf 5,4%.

Neben dem XP-Gehalt kann auch über eine Mengenreduktion des verfütterten Krafffutters eine Senkung der Nährstoffeinträge erreicht werden. Aus Sicht der Tierernährung ist auch auf der Alm eine bedarfsgerechte Fütterung und ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Energie- und Proteinversorgung in der Ration der Kühe anzustreben, um die vorhandenen Nährstoffe (vor allem N) bestmöglichst zu nutzen, die N-Ausscheidung zu minimieren, den Stoffwechsel der Tiere zu entlasten und damit die Effizienz der Nährstoffumwandlung zu maximieren. Aus diesen Gründen gilt es, den Rindern vor allem auf intensiveren Almen mit Koppelwirtschaft neben dem meist rohproteinreichem Weidefutter ein entsprechend energiereiches und, soweit möglich, proteinaufarmes Krafffutter anzubieten. In diesem Sinne ist gegen eine Ergänzungsfütterung mit dem ‚richtigen‘ Krafffutter und einer damit zusammenhängenden Nährstoffzufuhr nichts einzuwenden, zumal dem Produktionssystem über die Leistungsprodukte Nährstoffe entzogen werden. Um dem extensiven Charakter des Produktionssystems Alm gerecht zu werden, sowie das positive Image der hochwertigen, mit Almfutter erzeugten, Lebensmittel zu sichern unterliegt eine derartige Ergänzungsfütterung einer gewissen mengenmäßigen Beschränkung damit das Almfutter, im Sinne einer nachhaltigen Alpwirtschaft, nicht durch das zugeführte Krafffutter verdrängt wird.

Für viele Almen wäre eine näherungsweise Berechnung der Nährstoffabfuhr über die Leistungsprodukte eine gute Bemessungsgrundlage für die Festlegung des Ausmaßes der Krafffutterergänzung und der damit zusammenhängenden Nährstoffzufuhr.

Überträgt man diese Vorgehensweise auf Alm A (Hoftor-Bilanz), dann liegt die Nährstoffzufuhr über das Krafffutter etwa auf dem selben Niveau wie die

Nährstoffabfuhr über die Leistungsprodukte und entspräche damit den Forderungen nach einer nachhaltigen und damit vertretbaren Nährstoffzufuhr, würden nicht zusätzlich noch Nährstoffe durch die Zufuhr von Kompost, Heu und Rindermist auf die Alm gebracht.

Bei einem Verzicht auf die Zufuhr von Kompost, aber gleichbleibendem Heu- und Rindermisteintrag, müsste auf Basis der Netto-Hoftor-Bilanz die Zufuhr des auf Alm A verfütterten XP-reichen Kraftfutters um rund 6.150 kg T verringert werden um eine ausgeglichene Bilanz des Nährstoffs N zu erreichen. Würde bei gleichen Voraussetzungen anstatt des XP-reichen das XP-ärmere Kraftfutter verfüttert werden, könnte auf eine Reduktion der Kraftfuttermenge verzichtet werden (Abbildung 23).

Wie bereits angesprochen, stellt auch das zugefütterte Heu eine beträchtliche Nährstoffzufuhr dar. Während über das Kraftfutter hauptsächlich N zugeführt wird, gelangt über das Heu neben N auch eine beachtliche Menge K auf die Alm. Zudem wird im Vergleich zu N relativ wenig K in Form von Leistungsprodukten von der Alm abtransportiert, was dazu führt, dass der Großteil des zugeführten K als Nährstoffeintrag auf der Alm verbleibt.

Aus Sicht der Tierernährung ist eine bedarfsorientierte Heuzufütterung, in Hinblick auf die Zufuhr von strukturierter Rohfaser und deren positive Wirkung auf die Pansenmotorik, die Wiederkautätigkeit und die damit zusammenhängende Speichelsekretion bzw. Produktion von Pansen-pH-Wert-stabilisierenden Substanzen, als günstig zu bewerten. Darüber hinaus wird dadurch die Bildung von Essigsäure begünstigt, die wiederum als Ausgangsbasis für die kurzkettigen Fettsäuren des Milchfettes herangezogen wird und dadurch den Milchfettgehalt entscheidend beeinflusst. Aus diesen Gründen ist in Zeiten, in denen zu wenig Strukturfutter vorliegt oder ein rascher Futterwechsel erfolgt, eine Ergänzung mit Heu günstig. Bei der Alpung kann es zu Beginn der Beweidung je nach Vorbereitungsfütterung unter Umständen zu einem raschen Futterwechsel kommen. Darüber hinaus herrscht zu dieser Zeit junges, XF-armes und XP-reiches Weidefutter mit meist hohem Wassergehalt (geringe Strukturwirksamkeit) vor. Eine weitere Periode in der vermehrt Weidefutter mit geringer

Strukturwirksamkeit von den Tieren aufgenommen wird, beginnt mit Anfang des 2. Weideumtriebes. Unterstützt wird dieser Effekt durch die Selektion der Tiere während des Weidegangs.

TSCHÖLL (2004) stellte auf Alm A eine Futterselektion der Tiere auf einen hohen XP-Gehalt und einen niedrigen XF-Gehalt fest. Dies ist darauf zurückzuführen, dass von den Tieren junge Weidepflanzen bevorzugt aufgenommen werden.

Grundsätzlich besteht in Perioden, in denen das Weidefutter eine geringe Strukturwirksamkeit aufweist und oder ein rascher Futterwechsel erfolgt, die Gefahr, dass es zu einer Unterschreitung des empfohlenen XF-Gehaltes der Ration von 18-20% kommt. Außerdem herrscht gegen Ende des Almsommers häufig ein ungenügendes Futterangebot auf der Weide.

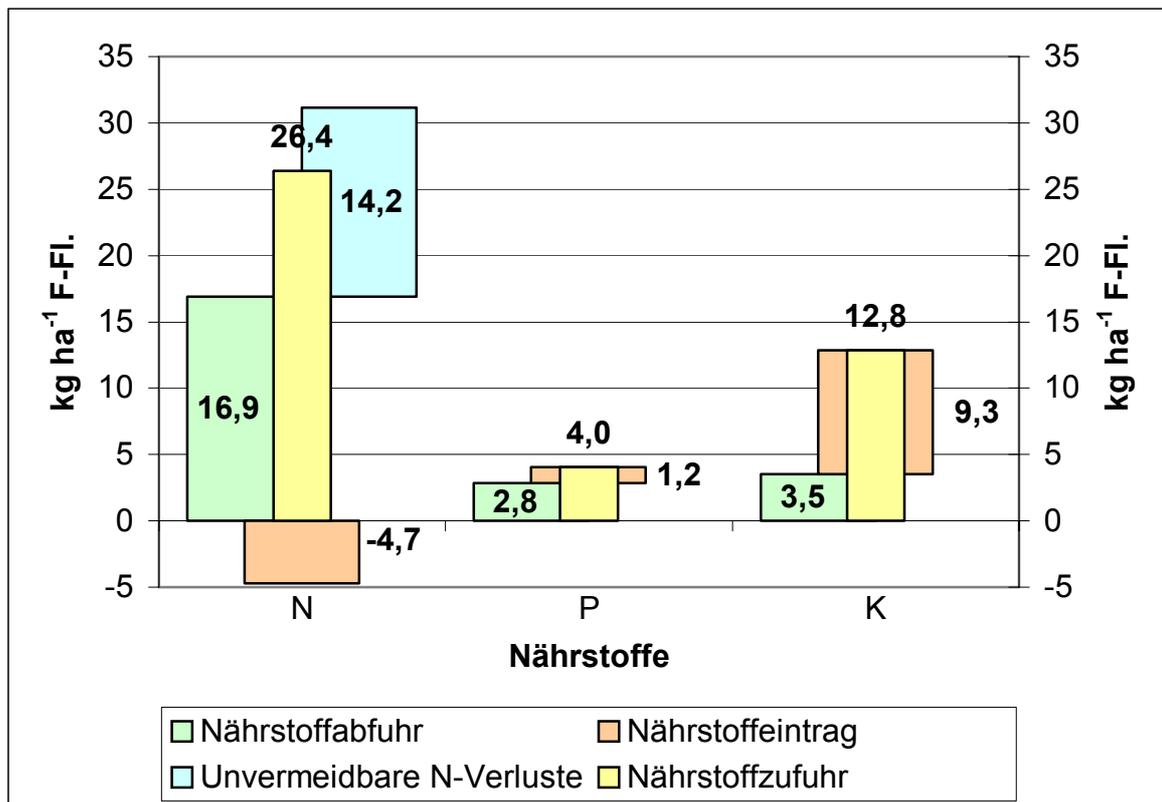
Um dies auszugleichen ist es ratsam während solchen Zeiten Heu in entsprechender Menge zuzufüttern. Zudem kann es unter Umständen erforderlich sein die Tiere mittels einer Heugabe auf die Fütterung am Heimbetrieb vorzubereiten. Während der übrigen Zeit kann, aufgrund des Futterangebotes und der Strukturwirksamkeit des Weidegrases, größtenteils auf eine Heuergänzung verzichtet werden.

Überträgt man die oben beschriebene Strategie der Ausgleichsfütterung mit Heu in Zeiten, in denen das Weidefutter eine geringe Strukturwirksamkeit aufweist auf Alm A und berücksichtigt man die in TSCHÖLL (2004) auf Alm A erhobene Qualität des Futteraufwuchses, so ist die Zufütterung am Beginn der Alpfung (06.06.) bis zum Wechsel auf Koppel 2 (12.06) und ab Beginn des 2. Weideumtriebes (01.08.) bis zum Ende des Almsommers (19.09.) durchaus zu befürworten.

Hingegen kann während der restlichen Dauer des 1. Umtriebes (12.06. bis 01.08.) auf eine Ergänzungsfütterung mit Heu verzichtet werden. Daraus ergibt sich eine Reduktion von rund 7.700 kg T Heu. Dies führt zu einer Verringerung des Nährstoffeintrages in der Netto-Hoftor-Bilanz von 11,4 kg auf 6,0 kg ha⁻¹ F-FI. bei N, von 2,0 kg auf 1,1 kg ha⁻¹ F-FI. bei P und von 16,1 kg auf 8,4 kg ha⁻¹ F-FI. bei K. Damit verringert sich der Eintrag in der Netto-Hoftor-Bilanz bei N um 5,5 kg ha⁻¹ F-FI., bei P um 0,9 kg ha⁻¹ F-FI. und bei K um 7,7 kg ha⁻¹ F-FI.

Überträgt man die oben beschriebene Reduktion des Nährstoffeintrages, durch den Verzicht von rund 7.700 kg T Heu, auf die Netto-Hoftor-Bilanz ohne Kompost, und mit XP-armen Kraftfutter (Abbildung 23) ergibt sich ein negativer Nährstoffeintrag (Nährstoffaustrag) von 4,7 kg N ha⁻¹ F-Fl., ein Nährstoffeintrag von 1,2 kg P ha⁻¹ F-Fl. und K von 9,3 kg ha⁻¹ F-Fl. Dies entspricht bei N einem Nährstoffaustrag in Prozent der Nährstoffzufuhr von 17,9%. Bei P und K wird ein Nährstoffeintrag in Prozent der Nährstoffzufuhr von 30,1% bzw. 72,5% ermittelt (Abbildung 24). Unter diesen Voraussetzungen wäre es möglich den ermittelten N-Austrag mit einer zusätzlichen KF-Zufuhr auszugleichen.

Abbildung 24: Netto-Hoftor-Bilanz ohne Kompost, mit XP-armen KF und verringerter Heumenge – Alm A



Sämtliche, bis jetzt diskutierte, Ansatzpunkte zur Reduktion der Nährstoffeinträge bzw. zur Erhöhung der Nährstoffeffizienz wurden auf Seiten der Nährstoffzufuhr angesetzt. Aber auch eine Erhöhung der Nährstoffabfuhr kann die Nährstoffeinträge reduzieren und die Nährstoffeffizienz verbessern. Um dies zu

erreichen, müssten mehr Nährstoffe in Form von Leistungsprodukten von der Alm abgeführt werden, z.B. durch eine höhere Milchleistung. Eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Futtergrundlage und die damit einhergehende Erhaltung unserer Kulturlandschaft sichert eine ganzheitliche, multifunktionelle Almwirtschaft. Aus dieser Sicht ist es nicht richtig sensible, aufgrund ihrer Größe und ihres Gewichtes ungenügend angepasste Hochleistungskühe, deren Nährstoffbedarf zum überwiegenden Teil mit KF gedeckt wird, auf Almen zu weiden.

5.2 Alm B

Kapitel 4.2 zeigt das Ergebnis der Hoftor-Bilanz der Alm B. Die Nährstoffzufuhr beträgt bei N $3,21 \text{ kg ha}^{-1}$ F-FI., bei P $0,70 \text{ kg ha}^{-1}$ F-FI. und bei K $1,94 \text{ kg ha}^{-1}$ F-FI. Über das Kraftfutter gelangen rund 68% des zugeführten N, 77% der P-Zufuhr und 33% der K-Importe in das System, die Differenz entspricht der Nährstoffzufuhr durch Heu. Abgeführt werden $2,60 \text{ kg N ha}^{-1}$ F-FI., $0,37 \text{ kg P ha}^{-1}$ F-FI. und $0,56 \text{ kg K ha}^{-1}$ F-FI. Die Bilanz weist einen N-Eintrag von $0,60 \text{ kg ha}^{-1}$ F-FI., einen P-Eintrag von $0,33 \text{ kg ha}^{-1}$ F-FI. und einen K-Eintrag von $1,37 \text{ kg ha}^{-1}$ F-FI. auf. Das bedeutet, dass rund 81% des zugeführten N, etwa 52% des zugeführten P und 29% des zugeführten K in Form von Leistungsprodukten abtransportiert werden.

Eine Berechnung der Netto-Hoftor-Bilanz für Alm B ist, aufgrund der eingeschränkten Datengrundlage (fehlende Angaben zur Futteraufnahme und -qualität des Weidegrases) nicht möglich. Im Zuge dieser Arbeit wurde versucht die gesamt N-Ausscheidung und die daraus resultierenden unvermeidbaren N-Verluste anhand der Schätzung der Futterqualitäten von Heu und Weidegras sowie der faktoriellen Berechnung der Futteraufnahme auf der Weide zu schätzen. Dieser Schätzung zufolge müsste mit unvermeidbaren N-Verlusten im Ausmaß von ca. 4 kg ha^{-1} F-FI. gerechnet werden. Dies würde dazu führen, dass sich der N-Eintrag in Höhe von $0,60 \text{ kg ha}^{-1}$ F-FI. zu einem N-Austrag von $3,4 \text{ kg ha}^{-1}$ F-FI. wandelt (Abbildung 25).

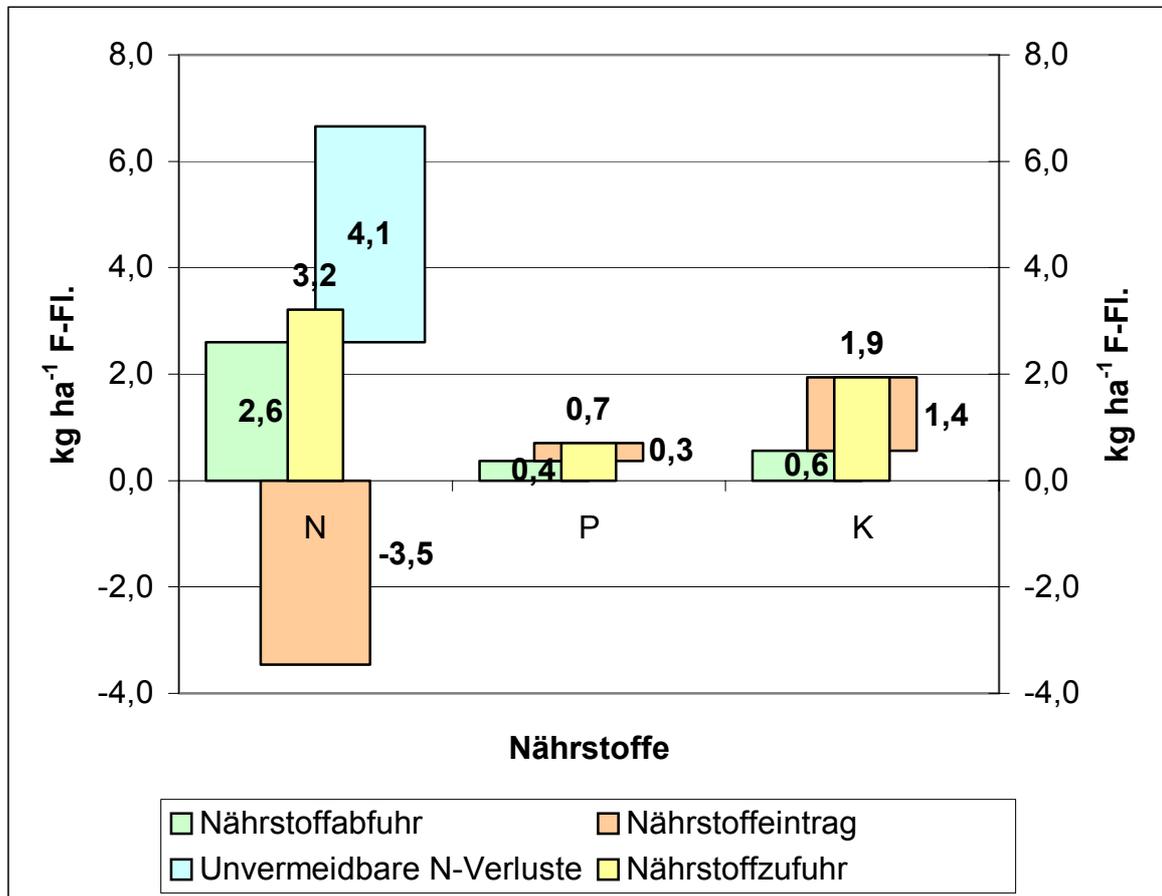
Wegen der fehlenden Angaben hinsichtlich des Leguminosenanteils des Futteraufwuchses und der damit nicht bestimmaren N-Bindung spiegelt der gering ausfallende N-Eintrag bzw. der deutliche N-Austrag der Netto-Hoftor-Bilanz (Abbildung 25) nicht ganz die tatsächliche Situation wider. Aufgrund dessen wird, trotz des vermeintlichen Nährstoffaustrages, ähnlich wie auf Alm A, versucht Einsparungspotentiale auf Seiten der Nährstoffzufuhr zu finden.

Eine Möglichkeit die Nährstoffzufuhr, unter dem gegebenen Leistungsniveau, zu senken, bietet die Reduktion bzw. die Wahl eines anderen Kraftfuttermittels, mit niedrigerem XP-Gehalt.

Bei Einsatz eines Kraftfuttermittels mit verringertem XP-Gehalt, würde das die Nährstoffzufuhr senken und bei sonst gleichbleibenden Bedingungen eine

geringere N-Aufnahme der Tiere nach sich ziehen mit ähnlichen Auswirkungen die auf Alm A bereits beschrieben wurden.

Abbildung 25: Netto-Hoftor-Bilanz¹⁹ – Alm B



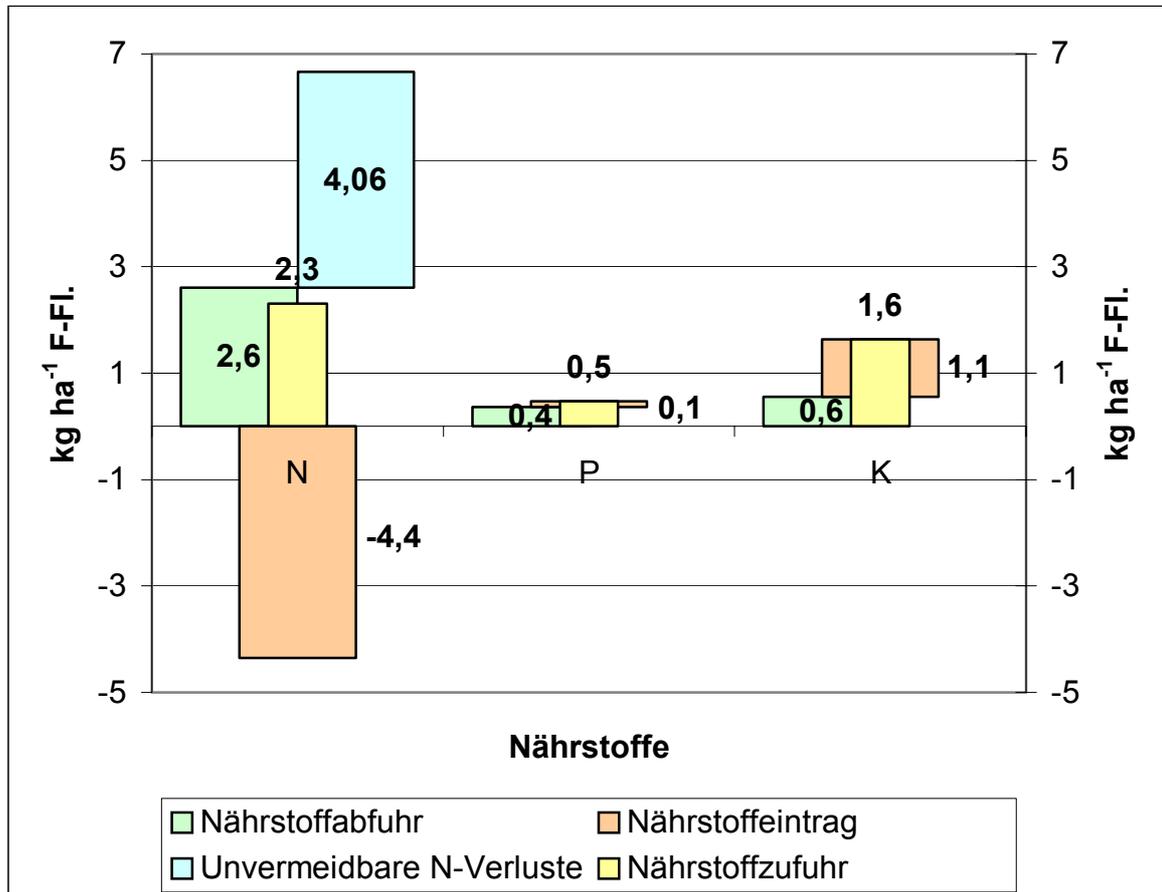
Bei annähernd vergleichbaren Verhältnissen kann davon ausgegangen werden, dass der Einsatz des Kraffutters mit geringerem XP-Gehalt zu einer ausgeglicheneren Ration und damit zu einer bedarfsorientierten Versorgung der Tiere führt (siehe Alm A).

Durch den Einsatz des etwas teureren (Mehrkosten für dieselbe Menge ca. Euro 40,-) handelsüblichen Kraffuttermittels mit einem niedrigeren N-Gehalt (118 g XP, 4,5 g P und 5 g K kg⁻¹ T), verringert sich die Zufuhr von N von 2,2 kg auf 1,3 kg ha⁻¹ F-Fl., von P von 0,5 kg auf 0,3 kg ha⁻¹ F-Fl. und von K von 0,6 kg auf 0,3 kg ha⁻¹ F-Fl. Damit steigt der Nährstoffaustrag der Netto-Hoftor-Bilanz (fehlende

¹⁹ ohne Berücksichtigung der N-Bindung durch die Leguminosen

N-Bindung durch die Leguminosen) bei N auf 4,4 kg ha⁻¹ F-Fl. an. Bei P sinkt der Nährstoffeintrag auf 0,1 kg ha⁻¹ F-Fl. und bei K sinkt er auf 1,1 kg ha⁻¹ F-Fl. (Abbildung 26).

Abbildung 26: Netto-Hoftor-Bilanz²⁰ mit XP-armen KF – Alm B



Da die verfütterten Mengen an Heu und Kraffutter relativ gering und die Nährstoffeinträge in der Hoftor-Bilanz niedrig bzw. negativ sind, gibt es hier keinen Handlungsbedarf hinsichtlich einer mengenmäßigen Einschränkung zur Verringerung der Nährstoffzufuhr.

Ganz im Gegenteil, unter der Voraussetzung eines mengenmäßig gleich hohen N-Eintrages könnte durch den Wechsel vom XP-reichen zum XP-ärmeren KF um rund 4.600 kg T mehr KF verfüttert werden. Diese zusätzliche Menge entspricht einer Erhöhung der täglich verabreichten Kraffuttermenge um ca. 0,9 kg T Tier⁻¹.

²⁰ ohne Berücksichtigung der N-Bindung durch die Leguminosen

Insgesamt ergibt sich daraus eine durchschnittliche Kraffuttergabe von 2,2 kg Tier⁻¹ Tag⁻¹, welche aus Sicht der Tierernährung und unter Berücksichtigung der Nährstoffsituation auf Alm B durchaus vertretbar ist. Daneben kann eine solche Maßnahme durchaus zu einer leichten Leistungssteigerung führen, die sich ihrerseits wieder positiv auf die Nährstoffbilanz bzw. die Nährstoffeffizienz, in Form einer erhöhten Nährstoffabfuhr, auswirkt.

Anhand der Ausführungen bei Alm A, kann die Heugabe von rund 1 kg T Tier⁻¹ Tag⁻¹ auf Alm B als angemessen bewertet werden.

5.3 Alm C

Alm C zeigt, aufgrund fehlender Nährstoffzufuhren (Heu und Krafftfutter) sowie mangelnder Kenntnis bezüglich des Leguminosenanteils des Futteraufwuchses und einer damit zusammenhängenden N-Bindung einen N-Austrag von $1,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$, einen P-Austrag von $0,25 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ und einen K-Austrag von $0,07 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ in ihrer Hoftor-Bilanz. Davon entfallen rund 72% der N-Abfuhr, ca. 92% des abgeführten P und etwa 86% der K-Abfuhr auf die Nährstoffabfuhr durch die Tageszunahme. Die Differenz entspricht der Nährstoffabfuhr durch den Trächtigkeitsansatz.

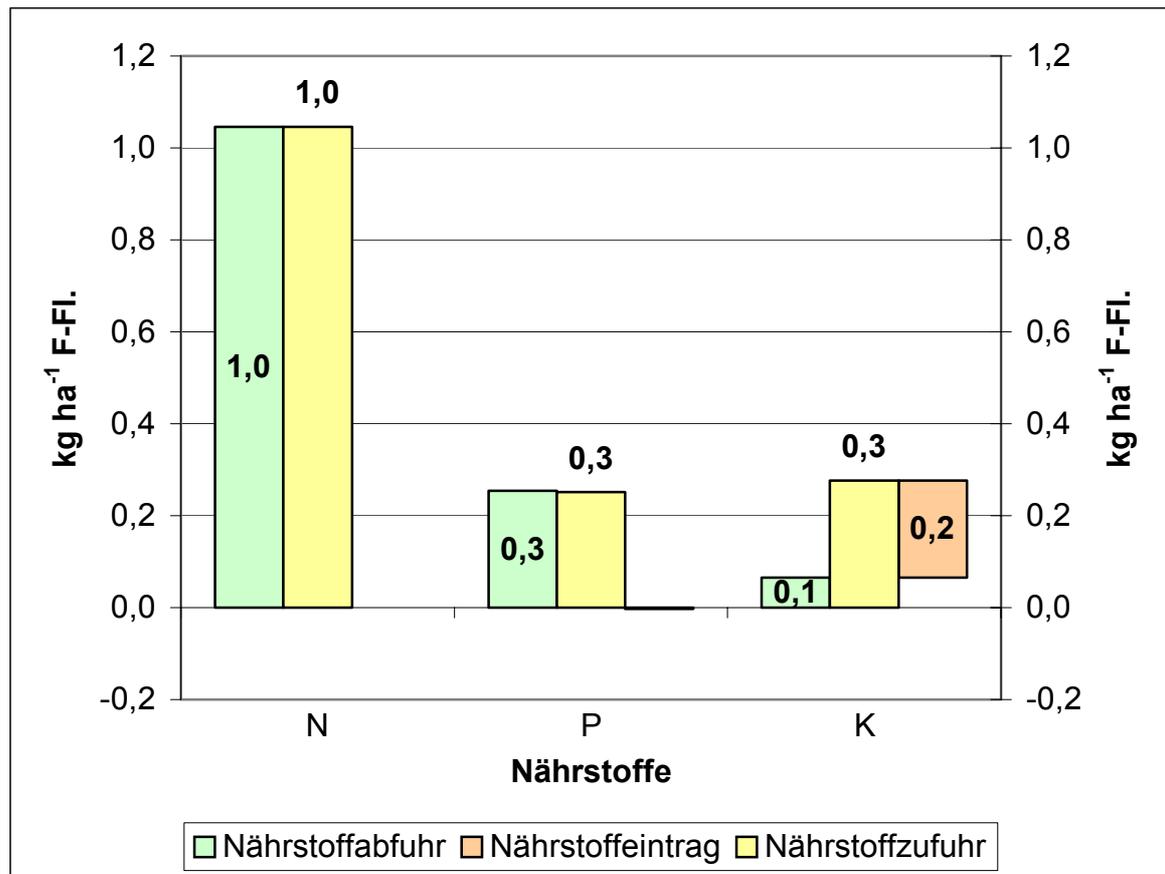
Eine Berechnung der Netto-Hoftor-Bilanz für Alm C ist wie bei Alm B, aufgrund der eingeschränkten Datengrundlage nicht möglich. Eine grobe Schätzung der unvermeidbaren N-Verluste kann anhand von durchschnittlichen Angaben zur N-Ausscheidung pro GVE und Jahr nach Löhr (1990) gemacht werden. Die Schätzung ergibt unvermeidbare N-Verluste im Ausmaß von rund $5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ Dadurch würde sich der in der Hoftor-Bilanz angeführte N-Austrag von $1,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ weiter, auf rund $6,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ in der Netto-Hoftor-Bilanz erhöhen.

Wegen fehlender Nährstoffzufuhren und des daraus resultierenden Nährstoffaustrages könnte, bei vorhandener Transport-, Lager- und Verteilungsmöglichkeit, durchaus etwas Ergänzungsfutter zugefüttert werden. Infolge der besseren Handhabung (Transport, Lagerung, Verteilungsmöglichkeit) bzw. des daraus resultierenden geringeren Kaliumeintrages ($1,5 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ F-FI.}$) ist Krafftfutter einer Heugabe vorzuziehen.

Unter Rücksichtnahme auf eine ausgeglichene Hoftor-Bilanz kann auf Alm C Krafftfutter (118 g XP , $4,5 \text{ g P}$ und $5 \text{ g K kg}^{-1} \text{ T}$) im Ausmaß von rund 5.100 kg T zugefüttert werden (Abbildung 27).

Wie aus Abbildung 27 ersichtlich, hätte die Krafftfutterzufuhr eine ausgeglichene N- und P-Bilanz zur Folge und würde zu einem leichten K-Eintrag von $0,2 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ (ohne Berücksichtigung der N-Bindung durch Leguminosen und der unvermeidbaren N-Verluste) führen.

Abbildung 27: Hofter-Bilanz mit XP-armen KF – Alm C



6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde eine intensive Melkalm (Alm A) anhand der Nährstoffbilanzierung in Form einer Hoftor-Bilanz, einer Flächen-Bilanz, einer Stall-Bilanz, eines Feld-Stall-Kreislaufes und einer Nährstoffeffizienz im Verlauf der Erhebungsperiode beschrieben. Aufgrund der eingeschränkten Datengrundlage wurde für die Alm B (extensive Melkalm) und die Alm C (Galtviehalm) zur Darstellung der Nährstoffflüsse jeweils eine Hoftor-Bilanz erstellt.

Die Ergebnisse von Alm A lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- In der Hoftor-Bilanz übersteigt die Nährstoffzufuhr die Nährstoffabfuhr um $25,81 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-Fl.}$, um $4,73 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ F-Fl.}$ und um $22,68 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ F-Fl.}$. Das entspricht einem Nährstoffeintrag in Prozent der Nährstoffzufuhr von 60% bei N, von 63% bei P und von 87% bei K.
- Durch die zusätzliche Berücksichtigung der unvermeidbaren N-Verluste, im Ausmaß von $14,23 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-Fl.}$, in der Hoftor-Bilanz erhält man die Netto-Hoftor-Bilanz mit einem N-Eintrag von $11,58 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-Fl.}$. Das entspricht einem N-Eintrag in Prozent der N-Zufuhr von 27%.
- Auf den Weidekoppeln, auf denen mittels der zwei Düngemaßnahmen Gülle ausgebracht wurde übersteigt die N-, P- und K-Zufuhr die entsprechende N-, P- und K-Abfuhr und resultiert in positiven Flächen-Bilanzen auf Koppel 7, Koppel 6 und auf dem gedüngten Teil der Koppel 1 und der Koppel 2. Die deutlich positiv ausfallende N-, P- und K-Flächenbilanz auf Weidekoppel 3/2, kommt durch die zusätzliche Kompost- und Rindermistausbringung zustande. Auf den übrigen Weidekoppeln bzw. Teilstücken wo neben den Ausscheidungen beim Weidegang nicht zusätzlich gedüngt wurde sind die N-, P- und K-Flächenbilanzen leicht negativ.
- Die relative N-Retention des Produktionssystems in den Leistungsprodukten Milch, Trächtigkeit und Körperansatz (Tageszunahme), geschätzt anhand des durchschnittlichen Nährstoffumsatzes der Milchkühe

in der Stall-Bilanz, beläuft sich über beide Umtriebe auf 22% ($74 \text{ g N Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$).

- Der Feld-Stall-Kreislauf macht sämtliche, nach außen gerichtete als auch innerbetriebliche, Nährstoffflüsse des Produktionssystems Alm sichtbar. Der Weide werden durch die Futterraufnahme der Kühe rund $41 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ entzogen. Dazu nehmen die Tiere rund $9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über das Heu und $13 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über das Kraftfutter auf. Von den in Summe aufgenommenen rund $64 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ werden ca. $14 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ in Form von Leistungsprodukten abtransportiert. Rund $37 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ verbleiben als Wirtschaftsdünger und Oberflächenverluste im System. Daneben gelangt N im Ausmaß von rund $9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über die Leguminosen, $8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über die Deposition, etwa $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über die Düngung mit Rindermist und rund $5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ über eine Kompostdüngung in den Kreislauf.
- Im Mittel über beide Weideumtriebe lag die N-Verwertung durch die Milch bei 16,4%, durch die Milch und den Ansatz in der Trächtigkeit bei 20,1% und bei zusätzlicher Beachtung des Körperansatzes (Tageszunahme) bei 22,4%. Bei P und K ergibt sich über den selben Zeitraum eine Verwertung durch die Milch von 18,7% bzw. von 4,7%, durch Milch und Trächtigkeitsansatz von 23,2% bzw. von 5,0% und durch die zusätzliche Berücksichtigung des Körperansatzes von 28,5% bzw. von 5,2%.

Die Ergebnisse von Alm B lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Nährstoffzufuhr übersteigt die Nährstoffabfuhr um $0,60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$, um $0,33 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ und um $1,37 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ Das entspricht einem Nährstoffeintrag in Prozent der Nährstoffzufuhr von 19% bei N, von 48% bei P und von 71% bei K.

Die Ergebnisse von Alm C lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Aufgrund der fehlenden Nährstoffzufuhren wird der Nährstoffaustrag über die Tageszunahmen und den Trächtigkeitsansatz auf $1,05 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ F-FI.}$, auf $0,25 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ und auf $0,07 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ F-FI.}$ geschätzt.

7 Schlussfolgerungen

Die Analyse der Nährstoffflüsse der drei unterschiedlich gelagerten almbasierten Produktionssysteme, intensive Melkalm (Alm A), extensive Melkalm (Alm B) und Galtviehalm (Alm C), wie sie gegenwärtig vorliegen, veranlassen zu den Schlussfolgerungen, dass eine Schätzung der Nährstoffabfuhr, über die Leistungsprodukte der Tiere, eine gute Orientierungshilfe (Bemessungsgrundlage) für das Ausmaß einer ökologisch vertretbaren Nährstoffzufuhr sein kann. Voraussetzung dafür ist eine, in der Praxis häufig vorkommende, schlechte innerbetriebliche Verteilung mit beträchtlichen Nährstoffüber- bzw. -unterversorgungen auf Einzelflächen und ein damit zusammenhängendes Emissionspotential zu vermeiden und die Weideflächen entsprechend ihrer Nutzungseignung standörtlich angepasst und mit abgestufter Intensität zu nutzen. Durch eine Reihe von Maßnahmen kann die Nährstoffzufuhr, insbesondere die N-Zufuhr, absolut gesenkt werden bzw. das Verhältnis von Nährstoffzufuhr zu zugeführter KF-Menge erweitert und die Energieversorgung gesteigert werden. Grundsätzlich kann und soll auf eine regelmäßige Zufuhr und Ausbringung von systemfremden Düngern aus dem Tal auf Almflächen verzichtet werden. Durch den gezielten Einsatz von Kraftfuttermitteln mit geringem XP-Gehalt kann die N-Zufuhr mit einer einfachen, mit unerheblichen Zusatzkosten verbundenen, an dem Bedarf und dem Leistungsniveau der Tiere orientierten, Maßnahme gesenkt werden. Aufgrund der Gefahr überhöhter N-Einträge, unter anderem durch KF-Importe mit hohem XP-Gehalt und einer daraus resultierenden möglichen Stoffwechselbelastung der Tiere ist es weder ökologisch noch ökonomisch sinnvoll derartige KF auf Almen einzusetzen. Eine richtige Weidebeifütterung auf Almen, in Form von KF und Heu, hat den Energiemangel zu kompensieren, das Eiweißüberangebot zu balancieren und gegebenenfalls fehlende Struktur auszugleichen. Weidebeifutter sollte also energiereich, proteinarm und falls notwendig mit strukturierter Rohfaser versehen sein. Die Senkung des XP-Gehaltes im Kraftfutter verringert die N-Aufnahme der Kühe und führt zu einer Senkung der N-Ausscheidung. Damit gelangt weniger N auf die Weideflächen und

gleichzeitig erhöht sich die N-Effizienz der Leistungsprodukte bezogen auf die N-Aufnahme.

Auf Almen, deren N-Zufuhr weit über der N-Abfuhr liegt, genügt unter Umständen ein Kraftfutterwechsel alleine nicht um die N-Einträge entscheidend, mit Orientierung an den Nährstoffabfuhr, zu vermindern. In diesen Fällen ist es, neben anderen Maßnahmen, gegebenenfalls erforderlich die zugeführte Menge zu reduzieren.

Die Heubeifütterung sollte wenn möglich auf Zeiten, in denen ein rascher Futterwechsel erfolgt und oder das Weidefutter eine geringe Strukturwirksamkeit aufweist beschränkt werden. Auf Almen mit ähnlichem Charakter wie Alm C, auf denen den Nährstoffabfuhr keine Nährstoffzufuhr gegenüber stehen, können unter Berücksichtigung einer ausgeglichenen Nährstoffbilanz gezielt Nährstoffe in Form von z.B. Kraftfutter zugeführt werden um einerseits die Tiere bedarfsorientiert zu versorgen und andererseits die entzogenen Nährstoffe durch die Abfuhr von Leistungsprodukten auszugleichen.

Um dem extensiven Charakter des Produktionssystems Alm gerecht zu werden, sollte es im Interesse des Bewirtschafters liegen das positive Image der hochwertigen, aus Almfutter erzeugten, Lebensmittel zu sichern und zu wahren. Im Sinne einer nachhaltigen, standortgemäßen Nutzung der Almen und der damit einhergehenden Erhaltung unserer Kulturlandschaft und Sicherung einer multifunktionellen Almwirtschaft kann es nicht Ziel sein, das auf der Almweide gewachsene Futter, über eine dem Stoffwechsel der Tiere zuträgliche Menge hinaus, durch zugeführtes KF und Heu zu verdrängen.

Steigende Besatzdichten, ermöglicht durch zugefüttertes Heu und KF, und höhere Tiergewichte bergen die Gefahr der Überdüngung und Verunkrautung der Almweiden und erhöhen die Erosionsgefahr. Erfahrungswerte aus der Vergangenheit bilden die Grundlage für eine angepasste Besatzdichte. Aufgrund der höheren Tiergewichte ist es zweckmäßig die Auftriebszahlen zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren.

8 Literaturverzeichnis

BERRY, N. R., P. L. JEWELL, F. SUTTER, P. J. EDWARDS UND M. KREUZER (2001A): Effect of concentrate on nitrogen turnover and excretion of P, K, Na, Ca and Mg in lactating cows rotationally grazed at high altitude. *Livestock Production Science*, 71: 261 – 275.

BERRY, N. R., F. SUTTER, R. BRUCKMAIER, J. W. BLUM UND M. KREUZER (2001B): Limitations of high Alpine grazing conditions for early lactation cows: effects of energy and protein supplementation. *Animal Science*, 73: 149-162.

BMLFUW (1999): Richtlinien für die Sachgerechte Düngung. 5. Auflage. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

BUCHGRABER, K., R. RESCH, L. GRUBER UND G. WIEDNER (1998): Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. *Der fortschrittliche Landwirt*, Heft 2.

CHRISTEN, R. E., P. L. KUNZ, W. LANGHANS, H. LEUENBERGER, F. SUTTER UND M. KREUZER (1996): Productivity, requirements and efficiency of feed and nitrogen utilization of grass-fed early lactating cows exposed to high Alpine conditions. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.*, 76: 22 – 35.

DIETL, W., J. LEHMANN (2004): Ökologischer Wiesenbau. Nachhaltige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden. 1. Auflage. Österreichischer Agrarverlag.

DIETL, W., L. HUG, P. INDERMÜHLE, H. LAUENER, R. PETERER, W. SCHLÄPPI, F. STADLER UND P. WÄFLER (1997): Alpwirtschaft. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, CH-3052 Zollikofen.

DLG, 1986: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 3. Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.

ESTERMANN, B. L., H. R. WETTSTEIN, F. SUTTER UND M. KREUZER (2001): Nutrient and energy conversion of grass-fed dairy and suckler beef cattle kept indoors and on high altitude pasture. *Anim. Res.*, 50: 477 – 493.

GRUBER L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, R. STEINWENDER UND B. STEINER (2000): Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 6. – 8. Juni. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irdning.

GRUBER L., R. STEINWENDER, T. GUGGENBERGER UND G. PLAKOLM (2001): Vergleich zwischen biologischer und konventioneller Wirtschaftsweise im Grünlandbetrieb. *Die Bodenkultur*, 52 (2):183 – 195.

- GRUBER, L. A. STEINWIDDER, B. STEFANON, B. STEINER UND R. STEINWENDER (1999): Influence of grassland management in Alpine regions and concentrate level on N excretion and milk yield of dairy cows. *Livestock Production Science*, 61: 155 – 170.
- HACKL, E., S. ZECHMEISTER-BOLTENSTERN UND E. KANDELER (2000): Nitrogen dynamics in different types of pasture in the Austrian Alps. *Biol. Fertil. Soils*, 32: 321 – 327.
- HEGE, U. (2005): Problematik der Nährstoffbilanzierung bei Grünland und Futterbau. Baden-Württembergischer Grünlandtag am 25.05.2005 in Mühlhausen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- JEROCH, H. W. DROCHNER UND O. SIMON (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- KIRCHGESSNER, M. (1997): Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 10. neubearbeitete Auflage. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- KREUZER, M., N.R. BERRY, B.L. ESTERMANN, R. MESSIKOMMER UND F. SUTTER (2000): Tierernährung als Element einer nachhaltigen Primärproduktion im Alpenraum. Schriftenreihe Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich, Band 20: 37 – 51.
- KÜNZI, N., H. LEUENBERGER UND A. MICHEL (1988): Die Alpung: Ein wichtiger Teil der schweizerischen Rindviehproduktion. *J. Anim. Breed. Genet.*, 105: 279 - 293.
- LÖHR, L. (1990): Faustzahlen für den Landwirt. 7. durchgesehene Auflage. Leopold Stocker Verlag, Graz – Stuttgart.
- NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE (2001): Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture, National Research Council. – 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C.: 111, 125.
- PÖTSCH, E. M. (1998): Über den Einfluss der Düngungsintensität auf den N-Kreislauf im alpenländischen Grünland. *Die Bodenkultur*, 49 (1): 19 – 27.
- SJAUNJA, L. O. (1984): 24th Session of the International Committee for Recording the Productivity of Milk animals (ICRPMA).
- TSCHÖLL, A. (2004): Nährstofffluss eines almbasierten Milchproduktionssystems. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur Wien.
- ZAR (2005): Schriftliche Mitteilung. Zuchtwertschätzung Fleisch.



lebensministerium.at