

Futterertrag und Futterqualität ausgewählter Grünlandgesellschaften

A. BOHNER und M. SOBOTIK

1. Einleitung

Das Wild hält sich während der Sommermonate bevorzugt im Almbereich auf. Almen dienen daher nicht nur dem Vieh, sondern auch dem Wild als Äsungsflächen. Bürstlingsrasen (Silikat-Magerrasen) zählen zu den flächenmäßig bedeutendsten Pflanzengesellschaften der subalpinen und unteralpinen Stufe; sie beherrschen die Almregion. Daher wurden die Untersuchungen auf Silikat-Magerrasen durchgeführt.

Mit dieser Arbeit wird der Versuch unternommen, Antwort auf folgende Fragen zu geben:

- Welche Futterqualität und welchen Futterertrag weisen Silikat-Magerrasen auf?
- Wie unterscheiden sich gemähte von beweideten Silikat-Magerrasen hinsichtlich floristischer Zusammensetzung, Futterertrag und Futterqualität?
- Wie verändern sich die floristische Artenvielfalt, die Futterqualität und der Futterertrag, wenn es auf Grund der Nichtbewirtschaftung der Almen zu einer Hochgraswiesenbildung kommt?
- Welche ökochemischen Faktoren im System Boden-Pflanze beeinflussen die Nährstoffaufnahme der Pflanzen auf sauren Gebirgsböden?
- Wie sollten saure Almböden gedüngt werden?
- Ist Almbewirtschaftung mit Jagd aus pflanzenbaulicher Sicht vereinbar?

2. Literaturüberblick

Mit der Futterqualität und mit dem Futterertrag im Gebirge haben sich zahlreiche Autoren beschäftigt. Der Futterertrag geht mit steigender Meereshöhe zurück; die durchschnittliche Futterproduktion pro Wachstumstag bleibt aber annähernd gleich (CAPUTA & SCHECHTNER, 1970). Nach SOLAR

& LICHTENEGGER (1981) nimmt der Spurenelementanteil des Futters mit der Seehöhe zu; er wird von Mn und Fe dominiert. Auf geringe Na- und P-Gehalte im Almfutter verweisen SPATZ et al. (1981). Nach SPATZ et al. (1989) zeichnet sich das Futter von alpinen Rasen durch extrem niedrige P-, K-, Na- und Rohprotein-Gehalte aus. Relativ niedrig sind die Mg-Werte. Das Ca:P-Verhältnis ist mit 4-11:1 ziemlich weit. LARCHER (1994) erwähnt die Asche-Armut der Gebirgspflanzen; Pflanzen auf sauren Böden haben einen hohen Al-, Fe- und Mn-Gehalt. Borstgrasdominierte Pflanzenbestände weisen nach PÖTSCH et al. (1998) einen niedrigen Rohprotein-Gehalt, einen niedrigen Rohasche-Gehalt sowie einen eher niedrigen Cu-Gehalt auf.

Demgegenüber sind die Fe-, Mn- und Zn-Gehalte im Vergleich zum Futter von Wirtschaftsgrünland beträchtlich höher. Borstgrasdominierte Pflanzenbestände haben auf Grund des sehr niedrigen Na-Gehaltes ein extrem weites K:Na-Verhältnis; wegen des geringen P-Gehaltes ist auch das Ca:P-Verhältnis ungünstig weit. GRUBER et al. (1998) verweisen auf die hohen Mn- und Zn-Gehalte im Almfutter. Der Rohprotein-Gehalt geht mit steigender Seehöhe zurück; auch der Gehalt an Mineralstoffen und der Rohasche-Gehalt nehmen ab. Die Ertragsabnahme mit steigender Seehöhe hängt mit der kürzeren Vegetationsdauer und mit der geringeren Temperatursumme zusammen.

Das Futter ausgeprägter Bürstlingsrasen wird vor allem im älteren Zustand infolge des hohen Rohfaser-Gehaltes nicht gerne gefressen. Der Futterwert der Bürstlingsrasen steigt mit zunehmendem Anteil der Fettwiesen- und -weidepflanzen (SOBOTIK et al., 1998).

Grasreiche Bestände sind im allgemeinen rohfasereich; krautreiche Bestände

enthalten in der Regel mehr Rohfett, N-freie Extraktstoffe und Rohasche (ZÜRN, 1951; KLAPP, 1971). Gräser weisen im allgemeinen ein geringes Aufnahmevermögen für Ca, Mg und B auf (FINCK, 1991). Der Mn-Gehalt ist bei den Gräsern gewöhnlich höher als bei den Kräutern (KLAPP, 1971).

Diese kurze Literaturzusammenstellung zeigt, daß die Makronährelemente und die Pflanzeninhaltsstoffe bisher relativ gut untersucht worden sind. Über einige Mikronährelemente sowie über die metallischen und metalloiden Ballast- und Schadelemente bestehen noch beträchtliche Wissenslücken. Die Ursachen für die spezifische Stoffzusammensetzung des Almfutters werden selten erklärt. Ziel dieser Arbeit ist es, diese Mängel abzubauen.

3. Material und Methoden

Die pflanzensoziologischen Aufnahmen erfolgten nach der Methode Braun-Blanquet. Es wurden nur Farn- und Blütenpflanzen erfaßt. Die Benennung der Pflanzensippen richtet sich nach ADLER et al. (1994).

Die Aufnahmeflächen wurden am Beginn der Vegetationsperiode eingezäunt; dadurch wurde eine Beweidung und Wildäsung ausgeschlossen. Die Ertragsfeststellung und die Gewinnung von Probenmaterial für die Heuanalysen erfolgten zum ortsüblichen Mähtermin. Die Heuproben wurden homogenisiert, gemahlen und bei 80° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Rohasche, Rohprotein, Rohfett, Rohfaser und N-freie Extraktstoffe wurden nach Weender bestimmt. Die Mineralstoffe wurden mit Perchlorsäure aufgeschlossen, und im ICP gemessen. Der Gesamt-Schwefel wurde durch Magnesiumnitrat-Veraschung bestimmt. Der spezifische Brennwert wurde mit einem Bombenkalorimeter gemessen.

Autoren: Dr. Andreas BOHNER und Dr. Monika SOBOTIK, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, BAL Gumpenstein, A-8952 IRDNING

4. Bedeutung der Bergmahd und Almbeweidung für die floristische Artenvielfalt und die Futterqualität

Die Bedeutung der Bergmahd und Almbeweidung für die floristische Artenvielfalt und die Futterqualität wird am Beispiel der Untersuchungen am Standort Simmerleck in den Kärntner Nockbergen aufgezeigt.

4.1 Der Pflanzenbestand am Vergleichsstandort Simmerleck

Die Weide wird mit Rindern bestoßen. Die Weidenutzung besteht seit rund 15 Jahren; davor wurde die Fläche alle zwei Jahre gemäht. Die unmittelbar angrenzende Mähwiese wird nur jedes zweite Jahr gemäht. Die Böden sind solodige Braunerden aus Eisenhut-Schiefer; vereinzelt ist auch Eisendolomit beige-mischt. Der pH-Wert (LiCl) befindet sich im Oberboden im Austauscher-Pufferbereich. Die Aufnahmeflächen müssen hinsichtlich des Wasserhaushaltes mit "frisch" eingestuft werden (Tabelle 1).

In beiden Aufnahmeflächen gesellen sich zu den zahlreichen Silikat-Magerkeitszeigern einige Milchkrautweidearten, mehrere Hochstaudenflurenpflanzen und wegen der spärlichen Beimischung von Eisendolomit auch einige sehr schwache Kalk-Magerkeitszeiger. Auf Grund der Artenkombination, des Bodens (solodige Braunerde im Austauscher-Pufferbereich) und der Physiognomie wurden die Pflanzenbestände dem "Sieversio-Nardetum strictae" (GRABHERR, 1993) zugeordnet. Die Stoffkonzentrationen und -relationen in der Boden-Sättigungslösung sind in beiden Böden nicht extrem ungünstig (siehe BOHNER, 1998). Daher konnte sich ein sehr artenreicher Bürstlingsrasen mit zahlreichen anspruchsvollen Pflanzenarten entwickeln; der Bürstling (*Nardus stricta*) erreicht in beiden Aufnahmeflächen nur einen relativ niedrigen Deckungswert. Mit der Bezeichnung "Subassoziation von Chaerophyllum villarsii" wird auf den tiefgründigen, skelettreichen, gut mit Wasser und ausreichend mit Nährstoffen versorgten Boden und auf die zahlreichen Hochschafarten hingewiesen. Mit der Bezeichnung "Poa alpina Variante" wird das etwas stärkere

Vorkommen von Milchkrautweidearten in der Weide-Aufnahmefläche berücksichtigt (Tabelle 1).

Die Aufnahmeflächen unterscheiden sich mehr in der Physiognomie als in der Floristik. Von der regelmäßigen, aber nicht zu intensiven Almbeweidung haben folgende Tritt- und Nährstoffzeiger profitiert: *Poa alpina*, *Sagina saginoides*, *Phleum rhaeticum*, *Cerastium holosteoides* und *Trifolium pratense* ssp. *pratense*. Mit Ausnahme von *Poa alpina* und *Cerastium holosteoides* fehlen diese Arten im Bereich der Wiesen-Aufnahmefläche. Durch Lücken in der Grasnarbe werden *Euphrasia picta*, *Hieracium glaciale*, *Euphrasia salisburgensis* und *Gentiana nivalis* begünstigt. Diese Arten fehlen in der Wiesen-Aufnahmefläche oder erreichen einen vergleichsweise niedrigeren Deckungswert. *Viola biflora* kommt in der Weide-Aufnahmefläche lediglich in einem kleinen "Vieh-Trittloch" vor; nur hier werden die höheren Feuchtigkeitsansprüche des Zweiblüten-Veilchens befriedigt. Die folgenden niedrigwüchsigen, lichtbedürftigen Arten dürften durch Beweidung ebenfalls begünstigt worden sein: *Luzula multiflora* s.l., *Valeriana celtica* ssp. *norica*, *Androsace obtusifolia*, *Veronica bellidioides* ssp. *bellidioides*, *Selaginella selaginoides* und *Helianthemum alpestre*. Erektophile und höherwüchsige Arten sind in der Mähwiese eindeutig stärker vertreten. Dies gilt im besonderen für *Solidago virgaurea* ssp. *minuta*, *Hypericum maculatum*, *Orchis mascula* ssp. *signifera*, *Avenula versicolor*, *Bartsia alpina*, *Gymnadenia conopsea*, *Rhinanthus glacialis*, *Centaurea pseudophrygia*, *Pleurospermum austriacum* und *Knautia drymeia* ssp. *intermedia*. Auch die Zwergsträucher *Calluna vulgaris*, *Vaccinium vitis-idaea* und *Vaccinium myrtillus* erreichen in der halbschürigen Mähwiese eine größere Artmächtigkeit als in der Weide.

In der aspektarmen Weide-Aufnahmefläche kommen 90 verschiedene Gefäßpflanzen vor; in der buntblühenden Wiesen-Aufnahmefläche sind 83 verschiedene Gefäßpflanzen vorhanden. Wenn nicht mehr gemäht oder beweidet wird, dann breiten sich auf diesem Vergleichsstandort Grünerlen aus. Letztendlich entsteht ein artenarmes Grünerlengebüsch.

4.2 Die Futterqualität am Vergleichsstandort Simmerleck

Die Tabelle 2 zeigt den TS-Ertrag, die Konzentration an Futterinhaltsstoffen und den Qualitätsertrag. Durch regelmäßige Almbeweidung werden höherwüchsige, erektophile Kräuter etwas zurückgedrängt, und niedrigwüchsige Kräuter, vor allem aber Untergräser, gefördert. Wegen des daraus resultierenden geringeren landwirtschaftlichen Ertrages liefert die Weide mengenmäßig weniger Futterinhaltsstoffe als die Mähwiese. Konzentrationsmäßig unterscheidet sich der grasreichere Weide-Bestand vom krautreicheren Wiesen-Bestand vor allem durch einen niedrigeren Gehalt an Rohfett, N-freien Extraktstoffen und Stärkeeinheiten sowie durch einen höheren Gehalt an Rohfaser. Sowohl der Weide- als auch der Wiesen-Bestand weisen - entsprechend der Futterwertabelle von BUCHGRABER et al. (1997) - relativ viel Rohfett, sehr wenig Rohprotein und sehr wenig Rohasche auf.

Die Tabelle 3 zeigt die Mineralstoffkonzentration in der Trockensubstanz. Der grasreichere Weide-Bestand unterscheidet sich vom krautreicheren Wiesen-Bestand vor allem durch eine niedrigere Ca-, Mg-, Fe- und B-Konzentration sowie durch eine deutlich höhere Zn-Konzentration. Der Weide-Bestand weist - entsprechend der Futterwertabelle von BUCHGRABER et al. (1997) - eine relativ niedrige Mg-, K-, Na-, Fe- und Cu-Konzentration auf; die Mn- und Zn-Konzentration ist sehr hoch. Der Wiesen-Bestand zeichnet sich durch eine relativ niedrige K-, Na- und Cu-Konzentration aus; die Ca-, Mn- und Zn-Konzentration ist sehr hoch. Die relativ hohe Ca-Konzentration resultiert aus dem krautreichen Pflanzenbestand. Bei den Landpflanzen beträgt der durchschnittliche Ni-Gehalt bis zu 5 mg/kg TS (LARCHER, 1994); FINCK (1991) gibt einen Durchschnittsgehalt von 0,1-2 mg/kg TS an. Der durchschnittliche Cr-Gehalt beträgt 0,1-1 mg/kg TS (FINCK, 1991). Sowohl der Weide- als auch der Wiesen-Bestand weisen demnach eine relativ hohe Ni- und Cr-Konzentration auf. Auch die Co-Konzentration ist etwas überhöht, denn FINCK (1991) gibt für die Pflanzen einen durchschnittlichen Co-Gehalt von 0,03-0,5 mg/kg TS an.

Tabelle 1: Pflanzenbestand am Standort Simmerleck (Quelle: BOHNER, 1998)

Art der Bewirtschaftung	Weide	Mähwiese	
Seehöhe	1890 m	1890 m	
Hangneigung/Exposition	rd. 30° SO	rd. 30° SO	
Mesorelief	Unterhang	Unterhang	
Muttergestein	Eisenhut-Schiefer, Eisendolomit	Eisenhut-Schiefer, Eisendolomit	
Bodentyp	solodige Braunerde	solodige Braunerde	
Wasserhaushalt	frisch	frisch	
pH LiCl in 0-13 cm	4,59	4,76	
Aufnahmefläche	50 m ²	50 m ²	
Vegetationsdeckung	90%	100%	
Artenzahl Farn- und Blütenpflanzen	90	83	
Pflanzengesellschaft	Sieversio-Nardetum strictae Sub- assoziaton von Chaerophyllum villarsii Poa alpina Variante	Sieversio-Nardetum strictae Sub- assoziaton von Chaerophyllum villarsii	
Arten d. Bürstlingrasen			
Anthoxanthum alpinum	2.2	2.2	Alpen-Ruchgras
Campanula barbata	2.1	2.1	Bart-Glockenblume
Gentiana acaulis	2.1	2.1	Silikat-Glocken-Enzian
Euphrasia picta	2.2	1.2	Scheckiger Augentrost
Potentilla aurea	2.1	1.1	Gold-Fingerkraut
Arnica montana	1.1	2.1	Arnika
Ranunculus nemorosus	1.1	2.1	Wald-Hahnenfuß
Luzula multiflora s.l.	2.1	1.1	Vielblütige Hainsimse
Calluna vulgaris	1.2	2.2	Besenheide
Galium anisophyllum	1.2	1.2	Alpen-Labkraut
Thesium alpinum	1.2	1.2	Alpen-Bergflachs
Avenella flexuosa	1.2	1.2	Drahtschmiele
Leucanthemum gaudinii	1.1	1.2	Gebirgs-Margerite
Dianthus superbus ssp. alpestris	1.1	1.1	Alpen-Pracht-Nelke
Geum montanum	1.1	1.1	Berg-Nelkenwurz
Pulsatilla alpina ssp. austriaca	1.1	1.1	Kleine Alpen-Küchenschelle
Leontodon helveticus	1.1	1.1	Schweizer Löwenzahn
Hieracium benzianum ssp. vulgatifolium	1.1	1.1	Habichtskraut
Nardus stricta	1.2	1.2	Bürstling
Antennaria dioica	1.2	1.2	Gew. Katzenpfötchen
Botrychium lunaria	1.1	1.1	Mond-Rautenfarn
Campanula scheuchzeri	1.1	1.1	Scheuchzer-Glockenblume
Carex sempervirens	1.2	+	Horst-Segge
Crepis conyzifolia	1.1	+	Großkorb-Pippau
Hypochoeris uniflora	1.1	+	Einkopf-Ferkelkraut
Solidago virgaurea ssp. minuta	+	1.1	Alpen-Goldrute
Hypericum maculatum	+2	1.2	Flecken-Johanniskraut
Hieracium aurantiacum	+	+	Orange-Habichtskraut
Ajuga pyramidalis	+	+	Pyramiden-Günsel
Coeloglossum viride	+	r	Hohlzunge
Hieracium glaciale	1.2		Gletscher-Habichtskraut
Orchis mascula ssp. signifera		+	Prächtiges Stattliches Knabenkraut
Erigeron alpinus		r	Alpen-Berufkraut
Platanthera bifolia		r	Weißer Waldhyazinthe
Arten d. Buntschwingelrasen			
Bellardiochloa variegata	1.2	1.2	Violetterispe
Primula villosa	+2	r	Zotten-Primel
Valeriana celtica ssp. norica	+2		Echter Speik
Arten d. Krummseggenrasen			
Festuca pseudodura	1.2	1.2	Harter Felsen-Schwengel
Juncus trifidus	1.2	1.2	Dreiblatt-Simse
Euphrasia minima	1.2	1.1	Zwerg-Augentrost
Androsace obtusifolia	1.2	+2	Stumpfbblatt-Mannsschild
Avenula versicolor	+	1.1	Bunthafer
Pulsatilla vernalis	+	1.1	Frühlings-Küchenschelle
Senecio incanus ssp. carniolicus	+	r	Krainer Greiskraut
Veronica bellidioides ssp. bellidioides	+2		Gänseblümchen-Ehrenpreis
Arten d. Rostseggen- u. Blaugrasrasen			
Thymus praecox ssp. polytrichus	2.2	2.2	Gebirgs-Quendel
Anthyllis vulneraria ssp. alpestris	1.2	2.2	Alpen-Wundklee
Bartsia alpina	1.2	2.2	Alpenhelm
Scabiosa lucida	1.1	1.1	Glanz-Skabiose
Gymnadenia conopsea	+	1.1	Mücken-Händelwurz
Selaginella selaginoides	1.2	r	Alpen-Moosfarn
Nigritella rhellicani	+	+	Gew. Kohlröschen
Gentiana nivalis	+	r	Schnee-Enzian
Traunsteinera globosa	r	r	Kugelstendel
Parnassia palustris	+		Herzblatt
Helianthemum alpestre	+2		Alpen-Sonnenröschen
Euphrasia salisburgensis	+2		Salzburger Augentrost
Rhinanthus glacialis		+	Grannen-Klappertopf

Art der Bewirtschaftung	Weide	Mähwiese	
Arten d. Milchkrautweiden			
Poa alpina	2.1	+	Alpen-Rispengras
Crepis aurea	+	+	Gold-Pippau
Trifolium badium	r	+2	Braun-Klee
Sagina saginoides	+2		Alpen-Mastkraut
Phleum rhaeticum	+2		Echtes Alpen-Lieschgras
Arten d. Goldhaferwiesen			
Soldanella alpina	1.1	1.1	Alpen-Soldanelle
Geranium sylvaticum	1.1	1.1	Wald-Storchschnabel
Trollius europaeus	1.1	1.1	Trollblume
Centaurea pseudophrygia	+2	1.2	Gew. Perücken-Flockenblume
Verbreitete Arten d. Wirtschaftswiesen			
Festuca rubra agg.	2.2	2.2	Gew. Rot-Schwengel
Leontodon hispidus ssp. hispidus	1.1	1.1	Gew. Wiesen-Löwenzahn
Veronica chamaedrys ssp. chamaedrys	+2	1.1	Eigent. Gew. Gamander-Ehrenpreis
Cerastium holosteoides	1.1	+	Gew. Hornkraut
Trifolium pratense ssp. pratense	+		Rot-Klee
Arten d. Hochstaudenfluren u. Hochgraswiesen			
Myosotis alpestris	1.1	2.1	Alpen-Vergißmeinnicht
Silene vulgaris ssp. vulgaris	1.2	1.2	Aufgeblasenes Leimkraut
Agrostis schraderiana	1.2	1.2	Schilf-Straußgras
Chaerophyllum villarsii	1.1	1.1	Alpen-Kälberkropf
Tanacetum corymbosum ssp. subcorymbosum	1.1	1.1	Gew. Straußmargerite
Pleurospermum austriacum	r	1.1	Rippendolde
Viola biflora	+2		Zweiblüten-Veilchen
Alnus alnobetula	r		Grün-Erle
Poa chaixii		r	Wald-Rispe
Verbreitete Arten d. Mager- u. Halbtrockenrasen			
Briza media	1.1	1.1	Zittergras
Carlina acaulis ssp. acaulis	1.1	1.1	Gew. Silberdistel
Gentiana germanica	1.1	1.1	Deutscher Kranzenzian
Seseli libanotis ssp. libanotis	+	+	Heilwurz
Silene nutans ssp. nutans	r	+	Gew. Nickendes Leimkraut
Wald- u. Saumpflanzen sowie Zwergsträucher			
Vaccinium vitis-idaea	1.2	2.2	Preiselbeere
Homogyne alpina	1.1	1.1	Alpen-Brandlattich
Luzula luzuloides ssp. rubella	1.2	1.2	Weißliche Hainsimse
Knautia drymeia ssp. intermedia	+2	1.2	Mittlere Witwenblume
Vaccinium myrtillus	r	1.2	Heidelbeere
Vaccinium gaultherioides	+2		Alpen-Rauschbeere
Sonstige			
Alchemilla monticola, glaucescens, flabellata	1.1	1.1	Frauenmäntel

Tabelle 2: TS-Ertrag, Konzentration an Futterinhaltsstoffen und Qualitätsertrag am Standort Simmerleck (Quelle: BOHNER, 1998)

	Weide	Wiese	Weide	Wiese
TS-Ertrag			21 dt/ha	25 dt/ha
Rohprotein	103 g/kg	102 g/kg	219 kg/ha	251 kg/ha
Rohfett	28 g/kg	36 g/kg	60 kg/ha	88 kg/ha
Rohfaser	253 g/kg	219 g/kg	538 kg/ha	538 kg/ha
N-freie Extraktstoffe	472 g/kg	496 g/kg	1004 kg/ha	1218 kg/ha
Rohasche	66 g/kg	68 g/kg	140 kg/ha	167 kg/ha
Stärkeeinheiten	458 g/kg	520 g/kg	974 kg/ha	1277 kg/ha
Spez. Brennwert	17340 J/g	17420 J/g	37 GJ/ha	43 GJ/ha

Der krautreiche Wiesen-Bestand weist mit 3,1:1 ein eher weites Ca:P-Verhältnis auf; dafür ist die relativ hohe Ca-Konzentration hauptverantwortlich. Das Ca:Mg-Verhältnis (4,5:1 bzw. 4,4:1) und das K:Na-Verhältnis (120:1 bzw. 113:1) ist sowohl im Weide- als auch im Wiesen-Bestand ziemlich weit; dafür ist die

relativ niedrige Na- und Mg-Konzentration schuld.

Die *Tabelle 4* zeigt die Mineralstoffkonzentration in der Frischsubstanz und den Mineralstoffentzug durch Heu-Mahd. Die Wiese liefert wegen des größeren landwirtschaftlichen Ertrages mengenmäßig etwas mehr Mineralstoffe als die

Weide; konzentrationsmäßig sind die Unterschiede relativ gering. Erwähnenswert ist der höhere K- und Zn-Entzug in der grasreicheren Weide.

4.3 Schlussfolgerung

Ungedüngte, regelmäßig - aber nicht zu intensiv - bestoßene Almweiden sind im allgemeinen etwas artenreicher als ungedüngte, halbschürige Mähwiesen (Bergmäher). Von den weidebedingten Lücken in der Grasnarbe profitieren Lückenbüßer und Therophyten. An Kuhfladen-Geiststellen kommen Nährstoffzeiger auf. Durch regelmäßige Beweidung wird die oberirdische Biomasse ständig niedrig gehalten; von den besseren Lichtverhältnissen profitieren niedrigwüchsige, lichtbedürftige Arten. Durch Trittbelastung werden Trittzeiger gefördert. Die Koexistenz dieser Arten bewirkt eine höhere Artenvielfalt. Hochschafarten, höherwüchsige Gräser sowie erektophi-

Tabelle 3: Mineralstoffkonzentration in der Trockensubstanz am Standort Simmerleck (Quelle: BOHNER, 1998)

	Weide mg/100 g	Wiese mg/100 g	Diff. % zu Weide
Ca	787	1079	-37,1
Mg	174	247	-42,0
K	1875	1541	17,8
Na	16	14	12,5
N	1610	1580	1,9
P	360	354	1,7
S	141	128	9,2
	mg/kg	mg/kg	
Fe	65,0	108,1	-66,3
Mn	533,3	503,8	5,5
Cu	5,7	6,0	-5,3
Zn	125,6	89,1	29,1
B	17,6	24,2	-37,5
Co	0,7	0,7	0,0
Cr	3,8	4,2	-10,5
Mo	0,0	0,0	0,0
Al	54,8	59,7	-8,9
As	0,0	0,0	0,0
Cd	0,3	0,3	0,0
Ni	11,8	12,8	-8,5
Pb	0,0	0,0	0,0
V	0,0	0,1	-
	mg/100 g	mg/100 g	
MAK	4963	4943	0,4
MIK	75	74	1,3
MEBS	7	7	0,0
Summe	5045	5024	0,4

MAK = \sum Ca, Mg, K, Na, N, P, SMIK = \sum Fe, Mn, Cu, Zn, B, Co, Cr, MoMEBS = \sum Al, As, Cd, Ni, Pb, V**Tabelle 4: Mineralstoffkonzentration in der Frischsubstanz und Mineralstoffentzug durch Heumahd am Standort Simmerleck (Quelle: BOHNER, 1998)**

	Weide mg/100 g	Wiese mg/100 g	Weide kg/ha	Wiese kg/ha
Ca	698	946	16,8	26,5
Mg	154	216	3,7	6,1
K	1662	1351	39,9	37,8
Na	14	12	0,3	0,3
N	1430	1380	34,3	38,6
P	319	310	7,7	8,7
S	125	112	3,0	3,1
	mg/kg	mg/kg	g/ha	g/ha
Fe	57,6	94,8	138,2	265,5
Mn	472,6	441,8	1134,3	1237,0
Cu	5,0	5,3	12,1	14,8
Zn	111,3	78,1	267,1	218,7
B	15,6	21,2	37,4	59,4
Co	0,6	0,6	1,4	1,6
Cr	3,3	3,7	8,0	10,2
Mo	0,0	0,0	0,0	0,0
Al	48,5	52,4	116,5	146,6
As	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd	0,2	0,3	0,6	0,8
Ni	10,5	11,2	25,2	31,4
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0
V	0,0	0,1	0,0	0,3
	mg/100 g	mg/100 g	kg/ha	kg/ha
MAK	4401,8	4327,0	105,7	121,2
MIK	66,6	64,5	1,6	1,8
MEBS	5,9	6,4	0,1	0,2
Summe	4474,4	4398,0	107,4	123,2

MAK = \sum Ca, Mg, K, Na, N, P, SMIK = \sum Fe, Mn, Cu, Zn, B, Co, Cr, MoMEBS = \sum Al, As, Cd, Ni, Pb, V

le Kräuter und Zwergsträucher werden durch regelmäßige Almbeweidung etwas benachteiligt. Deutlichere Unterschiede bestehen in der Physiognomie. Die kurzgefressenen, aspektarmen Weiden erscheinen ohne genaue floristische Untersuchung artenärmer als die buntblühenden, aspektreichen Bergmäher (BOHNER, 1998).

Das Heu von den krautreichen Bergmähern zeichnet sich durch relativ viel Rohfett, sehr wenig Rohprotein und sehr wenig Rohasche aus. Es weist eine relativ niedrige K-, Na- und Cu-Konzentration auf; vor allem die Ca-, Mn-, Zn-, Ni-, Cr- und Co-Konzentration ist relativ hoch. Mo konnte nicht nachgewiesen werden. Mit abnehmendem Kräuter-Anteil und zunehmendem Gras-Anteil sinkt der Gehalt an Rohfett, N-freien Extraktstoffen, Rohasche (s.u.) und Stärkeeinheiten, während der Rohfasergehalt steigt. Vor allem die Ca-, Mg-, Fe- und B-Konzentration nimmt ab; die Zn- und Mn-Konzentration steigt.

5. Auswirkungen der Nichtbewirtschaftung auf die floristische Artenvielfalt und die Futterqualität

Die Auswirkungen der Nichtbewirtschaftung auf die floristische Artenvielfalt und die Futterqualität wird am Beispiel der Untersuchungen am Standort Rinsennock in den Kärntner Nockbergen aufgezeigt.

5.1 Der Pflanzenbestand am Vergleichsstandort Rinsennock

Die Weide wird mit Rindern bestoßen. Die Weidenutzung besteht seit etwa 30 Jahren; davor wurde die Fläche gemäht. Die unmittelbar angrenzende Hochgraswiese wird seit etwa 40 Jahren nicht mehr gemäht und auch nicht beweidet. Die Böden sind blockreiche, stark solodige Braunerden aus Gurktaler Phyllit. Der pH-Wert (LiCl) befindet sich im Oberboden im Austauscher-Pufferbereich. Die Aufnahmeflächen müssen hinsichtlich des Wasserhaushaltes mit "frisch, leicht unterzügig" eingestuft werden (Tabelle 5).

Der Pflanzenbestand in der Weide-Aufnahmefläche wurde dem "Sievorsio-Nardetum strictae" (GRABHERR, 1993) zugeordnet. Die Stoffkonzentrationen

und -relationen in der Boden-Sättigungslösung sind nicht extrem ungünstig (siehe BOHNER, 1998). Daher konnte sich ein artenreicher Bürstlingsrasen mit zahlreichen anspruchsvollen Pflanzenarten entwickeln; der Bürstling (*Nardus stricta*) erreicht nur einen relativ niedrigen Deckungswert. Mit der Bezeichnung "Subassoziation von *Chaerophyllum villarsii*" wird auf den tiefgründigen, überaus skelettreichen, gut mit Wasser und ausreichend mit Nährstoffen versorgten Boden und auf die zahlreichen Hochschartarten hingewiesen. Mit der Bezeichnung "Poa alpina Variante" wird das stärkere Vorkommen von Milchkrautweidearten soziologisch berücksichtigt. Mit der Bezeichnung "Silene rupestris Ausbildung" wird auf den überaus blockreichen Boden aufmerksam gemacht. Auch der "Hochgraswiesen-Boden" ist sehr blockreich; das niedrigwüchsige, lichtbedürftige Felsen-Leimkraut fehlt in der Hochgraswiese wegen des Lichtmangels in der unteren Bestandesschicht. Der Pflanzenbestand in der Hochgraswiese wurde dem "Chaerophylo villarsii-Agrostietum schraderianae" (GRABHERR, 1993) zugeordnet (Tabelle 5).

Die artenarme Hochgraswiese wird von *Agrostis schraderiana* dominiert. Neben diesem konkurrenzkräftigen Rhizomgras können sich nur einige wenige Hochschartarten behaupten. Von den Gräsern erlangen nur *Phleum rhaeticum* und *Luzula luzuloides* ssp. *rubella* eine nennenswerte Artmächtigkeit. Die wenigen niedrigwüchsigen Arten sind Frühblüher (*Crocus albiflorus*), relativ schattentolerant (z.B. *Viola biflora*, *Cerastium holsteoides*, *Veronica chamaedrys* ssp. *chamaedrys*) oder auf lichtreichere Mikrostandorte beschränkt (z.B. *Galium anisophyllum*, *Anthoxanthum alpinum*). *Agrostis schraderiana* hat nach Vollausbildung der Pflanze einen ausgeprägten pflanzeninternen Nährstoffkreislauf. Daher nimmt diese Rhizompflanze relativ wenig Nährstoffe aus der Bodenlösung auf; eine Nährstoffanreicherung in der Bodenlösung ist die Folge. Der "Hochgraswiesenboden" ist wegen des geschlossenen bzw. pflanzeninternen Nährstoffkreislaufes vor allem mit $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, K und Si angereichert (siehe BOHNER, 1998). Wegen der starken Licht- und Wurzelkonkurrenz durch *Agrostis schraderiana* können nur eini-

Tabelle 5: Pflanzenbestand am Standort Rinsennock (Quelle: BOHNER, 1998)

Art der Bewirtschaftung	Weide	keine Bewirtschaftung	
Seehöhe	1900 m	1905 m	
Hangneigung/Exposition	rd. 26° S	rd. 26° S	
Makrorelief	initiales Hochtalkar	initiales Hochtalkar	
Mesorelief	Mittelhang	Mittelhang	
Muttergestein	Gurktaler Phyllit	Gurktaler Phyllit	
Bodentyp	stark solodige Braunerde	stark solodige Braunerde	
Wasserhaushalt	frisch, leicht unterzünftig	frisch, leicht unterzünftig	
pH LiCl in 0-6 cm	4,81	4,76	
Aufnahmefläche	24 m ²	24 m ²	
Vegetationsdeckung	97%	100%	
Artenzahl Farn- u. Blütenpflanzen	70	21	
Pflanzengesellschaft	Sieversio-Nardetum strictae Sub- assoziation von Chaerophyllum villarsii Poa alpina Variante Silene rupestris Ausbildung	Chaerophylo villarsii- Agrostietum schraderianae	
Arten d. Bürstlingrasen			
Galium anisophyllum	2.2	+.2	Alpen-Labkraut
Hypericum maculatum	2.2	1.2	Flecken-Johanniskraut
Ranunculus nemorosus	1.1	+	Wald-Hahnenfuß
Anthoxanthum alpinum	1.2	r	Alpen-Ruchgras
Carex sempervirens	1.2		Horst-Segge
Gentiana acaulis	1.2		Silikat-Glocken-Enzian
Avenella flexuosa	1.2		Drahtschmiele
Nardus stricta	1.2		Bürstling
Thesium alpinum	1.2		Alpen-Bergflachs
Arnica montana	1.2		Arnika
Stellaria graminea	1.2		Gras-Sternmiere
Campanula scheuchzeri	1.1		Scheuchzer-Glockenblume
Potentilla aurea	1.1		Gold-Fingerkraut
Hieracium aurantiacum	1.1		Orange-Habichtskraut
Geum montanum	1.1		Berg-Nelkenwurz
Rhinanthus glacialis	1.1		Grannen-Klappertopf
Dianthus superbus ssp. alpestris	+2		Alpen-Pracht-Nelke
Luzula multiflora s.l.	+2		Vielblütige Hainsimse
Leucanthemum gaudinii	+		Gebirgs-Margerite
Leontodon helveticus	+		Schweizer Löwenzahn
Euphrasia picta	+		Scheckiger Augentrost
Ajuga pyramidalis	+		Pyramiden-Günsel
Veronica officinalis	+		Echter Ehrenpreis
Phyteuma persicifolium	r		Steirische Teufelskralle
Campanula barbata	r		Bart-Glockenblume
Solidago virgaurea ssp. minuta	r		Alpen-Goldrute
Botrychium lunaria	r		Mond-Rautenfarn
Arten d. Buntschwingel- u. Krumm- seggenrasen			
Euphrasia minima	1.2		Zwerg-Augentrost
Festuca varia	+2		Gescheckter Bunt-Schwingel
Androsace obtusifolia	+2		Stumpfblatt-Mannsschild
Arten d. Milchkrautweiden			
Phleum rhaeticum	1.1	1.2	Echtes Alpen-Lieschgras
Poa alpina	2.1		Alpen-Rispengras
Crepis aurea	1.1		Gold-Pippau
Trifolium badium	+2		Braun-Klee
Sagina saginoides	+2		Alpen-Mastkraut
Ligusticum mutellina		+	Alpen-Mutterwurz
Arten d. Goldhaferwiesen			
Crocus albiflorus	1.1	1.1	Weißer Krokus
Centaurea pseudophrygia	1.2	1.2	Gew. Perücken-Flockenblume
Geranium sylvaticum	+	1.2	Wald-Storchschnabel
Rumex alpestris	+	1.2	Berg-Sauerampfer
Soldanella alpina	1.1		Alpen-Soldanelle
Trollius europaeus	1.1		Trollblume
Tanacetum corymbosum ssp. subcorymbosum	+2		Gew. Straußmargerite
Verbreitete Arten d. Wirtschaftswiesen			
Veronica chamaedrys ssp. chamaedrys	1.2	+2	Eigent. Gew. Gamander-Ehrenpreis
Cerastium holosteoides	1.1	r	Gew. Hornkraut
Festuca rubra agg.	2.2		Rot-Schwingel
Agrostis capillaris	2.1		Rot-Straußgras
Achillea millefolium agg.	1.1		Echte Schafgarbe
Lotus corniculatus	1.2		Gew. Hornklee
Trifolium pratense ssp. pratense	1.2		Rot-Klee
Veronica serpyllifolia ssp. serpyllifolia	1.2		Gew. Quendel-Ehrenpreis
Leontodon hispidus ssp. hispidus	1.1		Gew. Wiesen-Löwenzahn

Art der Bewirtschaftung	Weide	keine Bewirtschaftung	
Arten d. Hochstaudenfluren u. Hochgraswiesen			
<i>Silene vulgaris</i> ssp. <i>vulgaris</i>	1.2	1.2	Aufgeblasenes Leimkraut
<i>Chaerophyllum villarsii</i>	1.1	1.1	Alpen-Kälberkropf
<i>Viola biflora</i>	1.1	1.1	Zweiblütigen-Veilchen
<i>Festuca picturata</i>	1.2		Bunter Violett-Schwingel
<i>Myosotis alpestris</i>	1.1		Alpen-Vergißmeinnicht
<i>Galeopsis speciosa</i>		+2	Bunt-Hohlzahn
Verbreitete Arten d. Mager- u. Halbtrockenrasen			
<i>Agrostis schraderiana</i>		5.1	Schilf-Straußgras
<i>Thymus praecox</i> ssp. <i>polytrichus</i>	1.2		Gebirgs-Quendel
<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>alpestris</i>	+		Alpen-Wundklee
<i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>acaulis</i>	+		Gew. Silberdistel
<i>Gentianella germanica</i>	+		Deutscher Kranzenzian
<i>Briza media</i>	+		Zittergras
Art d. Silikat-Felsgrus- u. Felsband-Gesellschaften			
<i>Silene rupestris</i>	+2		Felsen-Leimkraut
Wald- u. Saumpflanzen sowie Zwergsträucher			
<i>Luzula luzuloides</i> ssp. <i>rubella</i>	1.2	1.2	Weißliche Hainsimse
<i>Knautia drymeia</i> ssp. <i>intermedia</i>	+2	+2	Mittlere Witwenblume
<i>Homogyne alpina</i>	2.2		Alpen-Brandlattich
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+2		Heidelbeere
Sonstige			
<i>Alchemilla monticola</i> , <i>glabra</i> , <i>crinita</i>	2.1		Frauenmäntel
<i>Deschampsia cespitosa</i>	r.2		Rasenschmiele
<i>Alchemilla monticola</i> , <i>subcrenata</i>		+	Frauenmäntel

ge wenige Nährstoffzeiger das hohe Nährstoffangebot im Boden nutzen. Es sind dies vor allem *Phleum rhaeticum*, *Geranium sylvaticum*, *Veronica chamaedrys* ssp. *chamaedrys*, *Cerastium holosteoides*, *Rumex alpestris* und *Galeopsis speciosa*. In der Weide kommt *Agrostis schraderiana* mit keinem einzigen Individuum vor. Bei regelmäßigem Tierfraß oder Tritteinfluß bricht der pflanzeninterne Nährstoffkreislauf zusammen. Höchstwahrscheinlich ist dies der Hauptgrund für die relativ hohe Weideempfindlichkeit von *Agrostis schraderiana*.

In der Weide-Aufnahmefläche kommen 70 verschiedene Gefäßpflanzen vor; in der Hochgraswiesen-Aufnahmefläche sind nur 21 verschiedene Gefäßpflanzen vorhanden. Ein "Sieversio-Nardetum strictae" kann sich bei Aufgabe der Almbewirtschaftung in ein artenarmes "Chaerophyllo villarsii-Agrostietum schraderianae" verwandeln; diese sekundäre Sukzession findet vor allem in steilen Lawinenbahnen auf blockreichen Böden statt. Durch regelmäßige Beweidung läßt sich ein "Chaerophyllo villarsii-Agrostietum schraderianae" in ein "Sieversio-Nardetum strictae" überführen.

5.2 Die Futterqualität am Vergleichsstandort Rinsennock

Die Tabelle 6 zeigt den TS-Ertrag, die Konzentration an Futterinhaltsstoffen

Tabelle 6: TS-Ertrag, Konzentration an Futterinhaltsstoffen und Qualitätsertrag am Standort Rinsennock (Quelle: BOHNER, 1998), Hgw=Hochgraswiese

	Weide	Hgw	Weide	Hgw
TS-Ertrag			23 dt/ha	59 dt/ha
Rohprotein	121 g/kg	129 g/kg	279 kg/ha	758 kg/ha
Rohfett	31 g/kg	21 g/kg	72 kg/ha	123 kg/ha
Rohfaser	245 g/kg	307 g/kg	566 kg/ha	1803 kg/ha
N-freie Extraktstoffe	472 g/kg	425 g/kg	1089 kg/ha	2496 kg/ha
Rohasche	56 g/kg	42 g/kg	129 kg/ha	247 kg/ha
Stärkeeinheiten	494 g/kg	404 g/kg	1140 kg/ha	2373 kg/ha
Spez. Brennwert	17730 J/g	18000 J/g	41 GJ/ha	106 GJ/ha

und den Qualitätsertrag. In der Hochgraswiese war der Hauptbestandbildner (*Agrostis schraderiana*) zum Mähzeitpunkt am Beginn der Blüte. Die untersten zwei bis drei Blattspreiten waren wegen des Lichtmangels in dieser Bestandesschicht bereits abgestorben. Das spärliche Lichtangebot reichte nicht mehr für eine positive CO₂-Bilanz der Blätter aus; die Atmungsverluste konnten nicht mehr durch Photosynthese gedeckt werden. Der Nekromasseanteil (Nekromasse = an der Pflanze haftendes Totmaterial) am Erntegut betrug daher rund 19 %.

Der landwirtschaftliche Ertrag ist in der Hochgraswiese mehr als doppelt so hoch wie in der Weide. Wegen des deutlich größeren landwirtschaftlichen Ertrages liefert die Hochgraswiese mengenmäßig

mehr Futterinhaltsstoffe als die Weide. Konzentrationsmäßig unterscheidet sich der leguminosenarme, krautreiche Weide-Bestand vom leguminosenfreien, krautarmen Hochgraswiesen-Bestand durch einen höheren Gehalt an Rohfett, N-freien Extraktstoffen, Rohasche und Stärkeeinheiten sowie durch einen deutlich niedrigeren Gehalt an Rohfaser. Der Weide-Bestand weist - entsprechend der Futterwerttabelle von BUCHGRABER et al. (1997) - relativ viel Rohfett, sehr wenig Rohasche und relativ wenig Rohprotein auf. Der Hochgraswiesen-Bestand hat einen sehr hohen Rohfaser-Gehalt, relativ wenig Rohprotein, wenig N-freie Extraktstoffe und extrem wenig Rohasche. Der vergleichsweise höhere spezifische Brennwert des rohfaserreichen Hochgraswiesen-Bestandes dürfte

mit einem höheren Lignin-Gehalt zusammenhängen.

Weitere wichtige Qualitätsparameter, wie Verdaulichkeit oder NEL-Gehalt, wurden - auf Grund ursprünglich anderer Fragestellung - leider nicht untersucht. Nachdem aber mit steigendem Rohfaser-Gehalt die Verdaulichkeit der organischen Substanz sinkt (GRUBER et al., 1994), kann angenommen werden, daß der Hochgraswiesen-Bestand eine relativ schlechte Verdaulichkeit aufweist. Zwischen dem Rohfaser-Gehalt und dem NEL-Gehalt bestehen negative Beziehungen (GRUBER et al., 1984). Unterstellt man ferner, daß 1 kStE in etwa 10 MJ NEL entspricht (RIEDER, 1983), dann weist der krautarme Hochgraswiesen-Bestand auch einen niedrigeren NEL-Gehalt als der krautreiche Weide-Bestand auf.

Die *Tabelle 7* zeigt die Mineralstoffkonzentration in der Trockensubstanz. Der krautreiche Weide-Bestand weist eine deutlich höhere Mineralstoffkonzentration als der krautarme Hochgraswiesen-Bestand auf; dies stimmt mit dem höhe-

Tabelle 7: Mineralstoffkonzentration in der Trockensubstanz am Standort Rinsennock (Quelle: BOHNER, 1998)

	Weide mg/100 g	Hgw mg/100 g	Diff. % zu Weide
Ca	684	246	64,0
Mg	157	133	15,3
K	1215	1168	3,9
Na	17	13	23,5
N	1890	2050	-8,5
P	294	282	4,1
S	153	92	39,9
	mg/kg	mg/kg	
Fe	231,4	65,0	71,9
Mn	394,5	446,5	-13,2
Cu	7,4	6,8	8,1
Zn	127,1	131,8	-3,7
B	16,0	6,5	59,4
Co	0,1	0,0	-
Cr	10,4	5,4	48,1
Mo	0,0	0,0	0,0
Al	119,0	43,7	63,3
As	0,0	0,0	0,0
Cd	0,5	0,1	80,0
Ni	7,7	3,8	50,6
Pb	0,0	0,0	0,0
V	0,2	0,0	-
	mg/100 g	mg/100 g	
MAK	4410	3985	9,6
MIK	79	66	16,5
MEBS	13	5	61,5
Summe	4501	4056	9,9

MAK = \sum Ca, Mg, K, Na, N, P, S

MIK = \sum Fe, Mn, Cu, Zn, B, Co, Cr, Mo

MEBS = \sum Al, As, Cd, Ni, Pb, V

ren Rohasche-Gehalt überein. Erwähnenswert ist vor allem die beträchtlich höhere Ca-, Fe-, B-, Cr-, Al-, Cd- und Ni-Konzentration sowie die niedrigere N-, Mn- und Zn-Konzentration. Der Weide-Bestand weist - entsprechend der Futterwerttabelle von BUCHGRABER et al. (1997) - eine relativ niedrige Mg-, K- und Na-Konzentration sowie eine sehr hohe Mn- und Zn-Konzentration auf. Der Hochgraswiesen-Bestand fällt durch eine sehr niedrige Ca-, Mg-, K-, Na- und Fe-Konzentration sowie durch eine sehr hohe Mn- und Zn-Konzentration auf. Der Weide-Bestand zeichnet sich durch eine relativ hohe Ni- und Cr-Konzentration aus. Im Futter sollte die Cd-Konzentration 0,5 mg/kg TS nicht übersteigen (SAUERBECK, 1989). FINCK (1991) gibt für die Pflanzen einen durchschnittlichen Al-Gehalt von 20-50 mg/kg TS an. Demnach zeichnet sich der Weide-Bestand durch eine relativ hohe Al- und Cd-Konzentration aus. Der Weide-Bestand weist mit 4,4:1 ein eher weites Ca:Mg-Verhältnis auf; dafür ist die relativ niedrige Mg-Konzentration schuld. Das sehr weite K:Na-Verhältnis (73:1) hängt ausschließlich mit der niedrigen Na-Konzentration und nicht mit einer übermäßig hohen K-Konzentration zusammen. Im Hochgraswiesen-Bestand ist das Ca:P-Verhältnis mit 0,9:1 viel zu eng; dafür ist die extrem niedrige Ca-Konzentration verantwortlich. Das K:Na-Verhältnis ist mit 89:1 ungünstig weit. Der "Hochgraswiesenboden" ist wegen des geschlossenen Nährstoffkreislaufes vor allem mit leicht pflanzenverfügbarem N angereichert (siehe BOHNER, 1998). Deswegen dürften die Pflanzen (i.w. *Agrostis schraderiana*) relativ viel N aufnehmen. Die Akkumulation von pflanzenverfügbarem N im Boden ist möglicherweise für den vergleichsweise höheren N-Gehalt im Hochgraswiesen-Bestand verantwortlich. Das weite N:S-Verhältnis (22:1) und das weite Rohprotein-Stärkeeinheiten-Verhältnis (1:3) weisen auf einen N-Luxuskonsum im Hochgraswiesen-Bestand hin.

Die *Tabelle 8* zeigt die Mineralstoffkonzentration in der Frischsubstanz und den Mineralstoffentzug durch Heu-Mahd. Deutlich kommt der "Verdünnungseffekt" in der Hochgraswiese zum Vorschein.

Tabelle 8: Mineralstoffkonzentration in der Frischsubstanz und Mineralstoffentzug durch Heumahd am Standort Rinsennock

	Weide mg/100 g	Hgw mg/100 g	Weide kg/ha	Hgw kg/ha
Ca	607	219	15,8	14,5
Mg	139	118	3,6	7,8
K	1079	1040	28,1	68,6
Na	15	12	0,4	0,8
N	1680	1830	43,7	120,8
P	261	251	6,8	16,6
S	136	82	3,5	5,4
	mg/kg	mg/kg	g/ha	g/ha
Fe	205,4	57,8	534,0	381,5
Mn	350,2	397,3	910,5	2622,4
Cu	6,6	6,1	17,0	40,0
Zn	112,8	117,3	293,3	774,2
B	14,2	5,8	37,0	38,3
Co	0,1	0,0	0,3	0,0
Cr	9,2	4,8	24,0	31,5
Mo	0,0	0,0	0,0	0,0
Al	105,6	38,9	274,6	256,5
As	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd	0,5	0,1	1,2	0,6
Ni	6,8	3,4	17,7	22,2
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0
V	0,2	0,0	0,5	0,0
	mg/100 g	mg/100 g	kg/ha	kg/ha
MAK	3916,6	3551,9	101,8	234,4
MIK	69,9	58,9	1,8	3,9
MEBS	11,3	4,2	0,3	0,3
Summe	3997,8	3615,0	103,9	238,6

MAK = \sum Ca, Mg, K, Na, N, P, S

MIK = \sum Fe, Mn, Cu, Zn, B, Co, Cr, Mo

MEBS = \sum Al, As, Cd, Ni, Pb, V

Hgw = Hochgraswiese

5.3 Schlussfolgerung

Wenn es im Gebirge nach Aufgabe der Almbewirtschaftung zu einer Hochgraswiesenbildung kommt, dann geht die floristische Artenvielfalt deutlich zurück. Viele lichtbedürftige, niedrigwüchsige Arten werden in erster Linie von einigen wenigen höherwüchsigen Gräsern, in geringerem Ausmaß auch von einigen wenigen Hochstauden, durch Beschattung zurückgedrängt. Hochgraswiesen entstehen bevorzugt auf tiefgründigen, frischen bis krumenwechselfeuchten, stickstoffreichen Böden in wenig windausgesetzten Lagen. Hochgraswiesen bilden eine relativ stabile Dauergesellschaft, weil sie meist in Lawenbahnen vorkommen. Im Falle einer Hochgraswiesenbildung reichert sich der Boden wegen des geschlossenen Nährstoffkreislaufes in erster Linie mit Stickstoff an (BOHNER, 1998). Dadurch wird die "Vergrasung" weiter begünstigt. Der landwirtschaftliche Ertrag nimmt deutlich zu. Die Futterqualität verschlechtert sich. Die krautarme, leguminosenfreie Hochgraswiese liefert ein relativ geringwertiges, mineralstoffarmes, rohfaserreiches Futter. Die Mn- und Zn-Konzentration ist überhöht, das Verhältnis einiger

wichtiger Mineral- und Inhaltsstoffe ist ungünstig.

6. Die Futterqualität der Pflanzenbestände auf sauren Gebirgsstandorten

Das untersuchte krautreiche Alm-Heu

- enthält relativ viel Rohfett, sehr wenig Rohprotein und sehr wenig Rohasche.
- weist eine relativ niedrige Mg-, K-, Na- und Cu-Konzentration auf; auch die Fe-Konzentration ist gelegentlich relativ niedrig. Mo konnte in den untersuchten Heuproben nicht nachgewiesen werden. Die Mn-, Zn-Ni- und Cr-Konzentration ist relativ hoch; die Cd-, Co, und Al-Konzentration ist fallweise überhöht.
- weist ein eher weites Ca:P-, Ca:Mg- und K:Na-Verhältnis auf.

Der Stickstoff liegt im Oberboden der Gebirgsböden beinahe zu 100 % als N_{org} vor. Den großen N-Reserven im humusreichen Oberboden stehen wärmebedingt überaus geringe Mengen an tatsächlich nutzbarem Stickstoff gegenüber (BOHNER, 1998). Bei geringer N-Aufnahme wandern die Assimilate je nach Pflanzenart in die Fett- oder Reservekohlenhydratsynthese und bei hoher N-Aufnahme in die Aminosäuresynthese (LANG et al., 1972; MENGEL, 1991). Nach LARCHER (1983) neigen viele Gebirgspflanzen zur Fettspeicherung. Wegen der wärmebedingten spärlichen N-Mineralisation weist das krautreiche Alm-Heu von nährstoffarmen, sauren Gebirgsböden einen niedrigen Rohprotein-Gehalt und einen relativ hohen Rohfett-Gehalt auf. Fettreiche Gebirgspflanzen zeichnen sich durch einen relativ hohen spezifischen Brennwert aus (STEUBING/ABRAHAM, 1979; CERNUSCA et al., 1989; LARCHER, 1994). Der spezifische Brennwert (Vorrat an chemischer Energie in der Biomasse) der untersuchten Pflanzenbestände entspricht mit 17,3 bis 18,0 kJ/gTS dem allgemeinen Durchschnitt; ein Fett-bedingter überhöhter spezifischer Brennwert konnte somit im krautreichen Alm-Heu nicht festgestellt werden.

Die Konzentration der Bodenlösung dünnt mit der Seehöhe aus (SOLAR & LICHTENEGGER, 1981). Saure Ge-

birgsböden weisen im Oberboden in der Regel eine relativ niedrige elektrische Leitfähigkeit und Ionenstärke in der Boden-Sättigungslösung auf (BOHNER, 1998). In der Boden-Sättigungslösung der untersuchten Gebirgsböden beträgt die elektrische Leitfähigkeit nur 89 bis 149 $\mu\text{S}/\text{cm}$, die Ionenstärke weist eine Variationsbreite von 0,81 bis 2,18 mmol/l auf (siehe BOHNER, 1998). Das wärmebedingte niedrige Nährstoffangebot im Boden (schlechte Mineralstoffversorgung durch niedrige Mineralisierungsraten) und der relativ geringe interne Mineralstoffbedarf der Gebirgspflanzen (Silikat-Magerkeitszeiger) dürften entscheidend für den relativ niedrigen Rohasche-Gehalt des Alm-Heus sein.

Die Bodenlösung der Gebirgsböden weist keine auffallend hohe Mn-, Zn-, Ni- und Cr-Konzentration auf. In den untersuchten Böden beträgt die Mn-Konzentration in der Boden-Sättigungslösung 0,21-0,76 mg/l, die Zn-Konzentration 0,02-0,05 mg/l, die Ni-Konzentration 0,007-0,026 mg/l und die Cr-Konzentration 0,00 mg/l (siehe BOHNER, 1998).

Im Gebirge setzt das Pflanzenwachstum nach der Schneeschmelze rasch und intensiv ein (CAPUTA & SCHECHTNER, 1970). Die Gebirgsböden sind nach Abschmelzen der Schneedecke zu Beginn der Vegetationsperiode weitgehend wassergesättigt (PRETTEREBNER, 1980). Im heranwachsenden krautigen Pflanzenbestand eilt die Mineralstoffaufnahme dem Massenwuchs voraus (LARCHER, 1994); die Pflanzen haben vor allem in der Jugend- und Wachstumsphase einen hohen Mineralstoffbedarf. Daher hat der Nivigenhydromorphismus für die Ernährung der Gebirgspflanzen eine große Bedeutung.

Die Pflanzen haben einen sehr hohen N-Bedarf. Die Form der N-Ernährung ist von der Pflanzenart, vom Boden-pH-Wert und vom Redoxzustand des Bodens abhängig. In sauren Böden ist wegen der ungünstigen Bedingungen für N-oxidierende Mikroorganismen die Nitrifikationsrate niedriger als in neutralen Böden (MARSCHNER, 1991). Auf gut durchlüfteten Böden dominiert bei hohem pH-Wert in der Regel die NO_3 -N-Aufnahme; auf sauren Böden überwiegt die NH_4 -N-Aufnahme (ULRICH et al. 1979; GIGON, 1971; MENGEL, 1991). Die Ni-

trifikation im Boden ist ein aerober Prozeß; sie ist an die Anwesenheit von elementarem Sauerstoff gebunden. Auf stark krumenwechselfeuchten Gebirgsböden ist die Nitrifikation gehemmt (BOHNER, 1998).

Vor allem am Beginn der Vegetationsperiode, wenn die Böden von der Schneeschmelze noch überfeuchtet sind, dürften die Gebirgspflanzen vorwiegend und in hohem Maße NH_4 -N aufnehmen. Der fehlende Mo-Gehalt im untersuchten Alm-Heu könnte ein Indiz dafür sein, denn bei vorwiegender NH_4 -N-Ernährung ist der Mo-Bedarf der Pflanzen relativ gering. Bei vorwiegender NH_4 -N-Aufnahme durch die Pflanzen wird der pH-Wert in der Rhizosphäre abgesenkt (MARSCHNER & RÖMHELD, 1983; BERGMANN, 1988; FISCHER et al., 1989; MARSCHNER, 1991, 1998). Das Ausmaß der pH-Absenkung in der Rhizosphäre (Umgebung der Wurzel) hängt von der Pflanzenart, vom Verhältnis der aufgenommenen Kationen und Anionen (Höhe des Kationenüberschusses) und von der Säurepufferkapazität des Bodens ab. Stark versauerte Gebirgsböden weisen in der Boden-Sättigungslösung eine relativ niedrige Säurepufferkapazität auf (BOHNER, i. Vorb.); daher kann der pH-Wert in der Rhizosphäre bei vorwiegender NH_4 -N-Ernährung deutlich absinken. Die Bodenversauerungs-Experimente von KÖNIG et al. (1986) und BRÜMMER et al. (1986) ergaben, daß bei einem Versauerungsschub im Boden zuerst Cd, Zn, Ni, Mn und Co mobilisiert werden.

In der Rhizosphäre der sauren Gebirgsböden werden durch die NH_4 -N-gesteuerte pH-Abnahme vor allem Mn, Zn und Ni mobilisiert. Diese Elemente werden von den Gebirgspflanzen verstärkt aufgenommen, und relativ leicht in die oberirdischen Pflanzenteile transportiert. Die hohe Mn-, Zn- und Ni-Konzentration sowie die fallweise hohe Cd-, Co- und Al-Konzentration im Alm-Heu läßt sich mit diesem Mechanismus erklären.

Auf krumenwechselfeuchten Gebirgsstandorten ist die Mn- und Fe-Verfügbarkeit im Boden zeitweise durch Redoxreaktionen sehr hoch. Unter reduzierenden Verhältnissen nehmen die Gebirgspflanzen höchstwahrscheinlich verstärkt Mn auf, weil das reduzierte 2-wer-

tige Mn leichter pflanzenverfügbar ist als das 2-wertige Fe, welches vermutlich stärker an gelöste organische Komplexbildner gebunden wird (vgl. SOMMER & MARSCHNER, 1986). Vor allem stark versauerte, solodierte Gebirgsböden weisen einen relativ hohen Gehalt an wasserlöslicher organischer Substanz (Hgw Rinsennock: 65 mg C/l) auf (BOHNER, 1998). Bei langanhaltender Stau-nässe nehmen die Pflanzen auch vermehrt Cr auf, denn Cr verhindert die Wurzelfäulnis (SOLAR, mündlich).

Mit Hilfe des Transferfaktors (Transferfaktor=Stoff-Konzentration in der Pflanze in mg/kg TS dividiert durch Stoff-Konzentration im Boden in mg/kg TS) kann der Übergang von Nähr- und Schadelementen im System Boden-Pflanze beurteilt werden. In der *Tabelle 9* sind nur jene Elemente enthalten, die im Alm-Heu bzw. in der Boden-Sättigungslösung nachgewiesen werden konnten. In Bergwiesen und -weiden entfallen 80 bis 95 % der unterirdischen Phytomasse auf die Tiefenstufe 0-10 cm (BOHNER, 1998). Das Pflanzenwachstum wird im Gebirge noch mehr als im Tal vom pflanzenverfügbaren Wasser- und Stoffangebot des Oberbodens beeinflusst; daher wurde bei der Berechnung des Transferfaktors nur die Stoffkonzentration im Oberboden berücksichtigt.

Deutlich kommt zum Ausdruck, daß die Pflanzen in der Hochgraswiese (i.w. *Agrostis schraderiana*) wegen des pflanzeninternen Nährstoffkreislaufes das leicht pflanzenverfügbare Stoffangebot

Tabelle 9: Transferfaktor für die Standorte Rinsennock und Simmerleck (Quelle: BOHNER, 1998)

	Transferfaktor			
	Rinsennock		Simmerleck	
	Weide	Hgw	Weide	Wiese
Ca	360	107	787	1798
Mg	393	166	870	2470
K	4050	973	18750	15410
Na	84	131	156	137
P	29400	14100	18000	17700
N	4725	4100	-	-
S	153	71	1413	640
Fe	1928	650	433	569
Mn	306	475	2424	1326
Cu	738	340	568	602
Zn	1589	2636	6280	1782
B	800	325	1760	-
Al	198	109	110	100
Ni	197	343	423	512

Hgw = Hochgraswiese

Transferfaktor = Stoffkonzentration Pflanze/Stoffkonzentration in der Boden-Sättigungslösung

im Boden nicht so gut ausnutzen wie die "Weidepflanzen". Im Hochgraswiesen-Bestand ist der Transferfaktor nur bei Na, Mn, Zn und Ni höher als im Weide-Bestand. *Agrostis schraderiana* scheint ein relativ gutes Aneignungsvermögen für diese Elemente zu besitzen. Auf dem Vergleichsstandort Simmerleck weist der krautreiche Wiesen-Bestand einen deutlich höheren Transferfaktor für Ca und Mg auf als der grasreichere Weide-Bestand. Die Kräuter besitzen offensichtlich für Ca und Mg ein höheres Aufnahmevermögen (oder Bedarf) als die Gräser. In dem grasreicheren Weide-Bestand ist demgegenüber der Transferfaktor vor allem bei K, S, Mn und Zn deutlich höher. Die Gräser scheinen ein höheres Aufnahmevermögen (oder Bedarf) für Mn und Zn zu besitzen. Auch das K- und S-Aufnahmevermögen ist - falls nicht ein ausgeprägter pflanzeninterner Nährstoffkreislauf vorliegt - sehr gut. Die relativ niedrige Fe-Konzentration im grasreicheren Weide-Bestand auf dem Vergleichsstandort Simmerleck dürfte vor allem mit der überhöhten Mn- und Zn-Aufnahme zusammenhängen; dementsprechend ist auch der Transferfaktor für Fe am niedrigsten. Bei verstärkter Mn- und Zn-Aufnahme ist offensichtlich nicht nur die Fe-, sondern auch die Cu-Aufnahme gehemmt; der Transferfaktor für Cu ist im grasreicheren Weide-Bestand vergleichsweise niedriger. Dieser Ionenantagonismus dürfte der Hauptgrund für die relativ niedrige Cu-Konzentration des Alm-Heus von sauren Gebirgsstandorten sein. Hinzu kommt, daß Cu mit der organischen Boden-Festphase deutlich stabilere Komplexe bildet als Mn, Zn oder Ni, weshalb Cu bei einem Versauerungsschub nicht so leicht mobilisiert wird. Außerdem wird Cu bevorzugt in den Wurzeln angereichert. Der relativ niedrige Transferfaktor bei Na und Al läßt eine Na- und Al-Diskriminierung der Pflanzen erkennen. Auf sauren Gebirgsstandorten ist die Na-Diskriminierung besonders ausgeprägt, weshalb das Alm-Heu eine besonders niedrige Na-Konzentration und ein weites K:Na-Verhältnis aufweist. Die hohe Mn-, Zn- und NH₄-Ionenkonzentration dürfte dafür hauptverantwortlich sein. In den carbonatfreien Gebirgsböden werden Säureimpulse vorwiegend durch Ca-Desorption abgepuffert (BOHNER, 1997,

1998). Dadurch steigt das molare Ca/Mg- und Ca/Na-Verhältnis in der Bodenlösung. Die Na- und Mg-Aufnahme wird dadurch zusätzlich gehemmt; ein relativ weites Ca:Mg- und Ca:Na-Verhältnis im Alm-Heu ist die Folge. Der Transferfaktor ist bei P und K am höchsten; vor allem P wird hochselektiv aufgenommen. Durch vesiculär-arbuskuläre Mykorrhiza-Infektion wird die P- und N-Aufnahme der Gebirgspflanzen verbessert (HASELWANDTER, 1989).

7. Futterertrag, -aufnahme und -verdaulichkeit verschiedener Pflanzengesellschaften auf Almflächen im Gebiet der Eisenerzer Alpen vorwiegend über Kristallin und in den Ennstaler Alpen über Kalk

Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen des Steirischen Almprojektes "Fragen der Ordnung von Wald und Weide durch die Erfassung von Futterertrag und Futterqualität in Abhängigkeit von Klima, Vegetation und Boden und deren Entwicklungsdynamik sowie Auswirkung auf den Wald", kurz Höhenprofile Johnsbach genannt. Der Großteil der Ergebnisse wurde 1998 im Rahmen des 4. Alpenländischen Expertenforums im Tagungsbericht veröffentlicht (CHYTIL, 1998; EISENHUT & EDER, 1998; GRUBER, 1998; KARGL, 1998; KRIMBERGER, 1998; SOBOTIK et al., 1998). Wichtige Untersuchungsergebnisse sind (siehe auch *Tabelle 10*):

- Die Erträge gehen im allgemeinen mit steigender Seehöhe zurück; die Südseite weist in der Regel einen höheren Ertrag auf als die Nordseite. Die Erträge sind über Kristallin meist höher als über Kalk.
- Die Futteraufnahme ist bei den Bürstlingsrasen um so höher, je mehr Arten der Fettwiesen und -weiden sowie Kalkmagerrasenelemente enthalten sind. Durch Kalkgerölleinfluß können in Bürstlingsrasen Kalkpflanzen vorkommen. Die Bestände der Bürstlingsrasen weisen im allgemeinen eine niedrige Verdaulichkeit der organischen Substanz auf.

Tabelle 10: Zusammenhänge von Futterertrag in dt/ha, Futteraufnahme und ihre Anteile der häufigst vorkommenden Vegetationseinheiten sowie der Anteile an Gräser, Kräutern und Leguminosen (Reihung erfolgte nach der Höhe des Ertrages), Kr=Kristallin, Ka=Kalk

Geologie	Seehöhe in m	Exposition	Ertrag*	Futteraufnahme*	Futterverdaulichkeit*	Anteile der Vegetationseinheiten				Anteile der		
						Fettwiesen u. -weiden	Bürstlingrasen	Kalkmagerasen	Flach- u. Zwischenmoore	Gräser	Kräuter	Leguminosen
Kr	1100	S	4117	mittel	niedrig	hoch	niedrig	-	-	hoch	niedrig	mittel
Ka	1300	S	3416	hoch	hoch	hoch	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	hoch	mittel
Kr	1100	N	3415	hoch	hoch	hoch	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	hoch
Kr	1300	S	3297	mittel	hoch	hoch	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	hoch	mittel
Kr	1500	S	2955	niedrig	niedrig	mittel	hoch	niedrig	niedrig	hoch	niedrig	niedrig
Ka	1100	S	2854	hoch	mittel	hoch	mittel	niedrig	niedrig	mittel	hoch	hoch
Ka	1300	N	2808	hoch	hoch	hoch	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	hoch	mittel
Ka	1100	N	2410	hoch	hoch	hoch	niedrig	mittel	niedrig	niedrig	hoch	hoch
Kr+Ka	1700	N	2346	hoch	mittel	hoch	niedrig	niedrig	niedrig	mittel	mittel	mittel
Kr	1300	N	2050	niedrig	mittel	niedrig	hoch	niedrig	mittel	hoch	mittel	niedrig
Ka	1500	S	1964	hoch	hoch	mittel	mittel	mittel	niedrig	mittel	hoch	mittel
Ka	1700	N	1838	mittel	niedrig	niedrig	hoch	-	hoch	mittel	niedrig	fehlend
Kr+Ka	1700	S	1759	mittel	niedrig	niedrig	hoch	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Kr	1500	N	1585	niedrig	niedrig	mittel	mittel	niedrig	niedrig	hoch	niedrig	mittel
Ka	1500	N	1403	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	hoch	niedrig
Ka	1700	S	1042	niedrig	mittel	niedrig	niedrig	hoch	-	mittel	mittel	hoch

*nach GRUBER et al., 1998

Deckungswerte d. Arten d. Fettweiden u. -wiesen: 60 bis > 80 % = hoch, 30 bis 59 % = mittel, 5 bis 29 % = niedrig

Deckungswerte d. Borstgrasrasen: 40 bis >55 = hoch, 15 bis 39 = mittel, 2 bis 14 = niedrig

Deckungswerte d. Kalkmagerrasen: 30 bis >60 % = hoch, 5 bis 29 % = mittel, <1 bis 5 = niedrig

Deckungswerte d. Flach- u. Zwischenmoore: 20 bis > 30 % = hoch, 10 bis 19 % = mittel, <1 bis 9 % = niedrig

Gräser: 60 bis 70 % = hoch, 41 bis 59 % = mittel, 30 bis 40 % = niedrig

Kräuter: 45 bis > 55 % = hoch, 35 bis 44 % = mittel, 25 bis 34 % = niedrig

Leguminosen: 10 bis > 20 % = hoch, 5 bis 9 % = mittel, < 1 bis 4 % = niedrig

Erträge: 30 bis > 40 dt/ha = hoch, 20 bis 29 dt/ha = mittel, 10 bis 19 dt/ha = niedrig

Futteraufnahme IT: 24 bis 27 g/kg W = hoch, 22 bis 23 g/kg W = mittel, 20-21 g/kg W = niedrig

Verdaulichkeit d. org. Substanz: 65 bis > 70 % = hoch, 61 bis 64 % = mittel, 55 bis 60 % = niedrig

- Die Futteraufnahme ist beim Parlato-re-Staudenhafer-Bestand mit Abstand am niedrigsten. Die harten Blätter vom Parlato-re-Staudenhafer dürften die Hauptursache dafür sein.
- Die Futteraufnahme ist auf den nord-seitigen Beständen öfters höher als auf den südseitigen Beständen.
- Die Futteraufnahme ist bei grasreichen Beständen am niedrigsten. Ein höherer Leguminosenanteil führt meist zu einer höheren Futteraufnahme.

8. Die Düngung der sauren Almböden

Richtig gedüngte und regelmäßig mit Vieh bestoßene Almflächen sind hervorragende Wildäsungsorte. Bei der Almdüngung muß der spezifische Stoffzustand der sauren Gebirgsböden berücksichtigt werden. Stark versauerte, sesquioxidreiche, solodierte Gebirgsböden weisen einen relativen Alkali- und Sesquioxidüberschuß sowie einen komplementären relativen Erdalkali-Mangel auf

(SOLAR, 1972; BOHNER, 1998,1999). Calcifuge Pflanzen kommen mit der unausgewogenen Stoffzusammensetzung im Boden am besten zurecht. Je stärker der relative Alkali- und Sesquioxid-Überschuß und der komplementäre relative Erdalkali-Mangel im Boden ausgebildet ist, desto dominanter tritt im Gebirge der Bürstling mit seinen Begleitern auf, sofern der Standort gut belichtet und der Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden relativ niedrig ist (BOHNER, 1998).

Wenn man auf stark versauerten, sesquioxidreichen, solodierten Gebirgsböden Silikat-Magerrasen mit Mineraldünger in futterbaulich wertvollere Pflanzenbestände umwandeln will, muß in Verbindung mit einer mäßigen Frühjahrs-Volldüngung unbedingt Mg-haltiger Kalk zugeführt werden. Dies ist notwendig, um den relativen Alkali- und Sesquioxid-Überschuß im Boden abzubauen. Eine mineralische NPK-Düngung ohne Kalium fördert auf stark versauerten Gebirgsböden vorwiegend den Rotschwin-

gel oder das Rot-Straußgras. Bei schwacher Beweidung entstehen artenarme Grasbestände, die rasch überständig werden. "Wertvolle" Futterpflanzen (z.B. Alpen-Rispengras, Rotklee) kommen vor allem wegen der gehemmten Ca- und Mg-Aufnahme selten auf. Durch PK-Düngung werden auf diesen Böden Leguminosen kaum gefördert; sie fehlen in erster Linie wegen der gehemmten Ca- und Mg-Aufnahme. Auf diesen Böden ist die Zufuhr von Mg-haltigem Kalk die Grundvoraussetzung für eine Leguminosenförderung. Die Kalkdüngung sollte unbedingt in Form von Mg-haltigem Kalk erfolgen. Der pH-Wert (CaCl_2) sollte bis in den unteren Teil des Silikat-Pufferbereichs angehoben werden (Silikat-Pufferbereich: pH 6,2-5,0).

Auf stark versauerten, sesquioxidreichen, solodierten Gebirgsböden ist eine K- und/oder NH_4 -betonte Düngung nicht ratsam. Dadurch wird der relative Alkali-Überschuß und der komplementäre relative Erdalkali-Mangel im Boden weiter erhöht; der Humus und das Boden-

gefüge werden destabilisiert. Eine K- und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Überdüngung führt zu einer Verunkrautung mit Lägerpflanzen (insb. Alpen-Ampfer).

Auf stark versauerten, sesquioxidreichen, solodierten Gebirgsböden ist gut verrotteter Stallmist der mit Abstand beste Dünger. Entscheidend für die langanhaltende gute Düngerwirkung dürfte die Ca-, P- und N-Anreicherung im Boden, vor allem aber der Abbau des relativen Alkali- und Sesquioxid-Überschusses sein (BOHNER, 1998). Durch regelmäßige Düngung mit gut verrottetem Stallmist können Bürstlingsrasen in futterbaulich wertvollere Alpen-Rispengras-Alpen-Lieschgras-Wiesen oder in Milchkrautweiden umgewandelt werden. Grundsätzlich sollte sich die Almdüngung auf "milde" Silikat-Magerrasen beschränken. Die Böden der "extremen" Silikat-Magerrasen weisen eine besonders ungünstige Stoffzusammensetzung auf (siehe BOHNER, 1998). Die Verbesserung der Stoffzusammensetzung im Boden ist viel aufwendiger. Sie ist aber die Grundvoraussetzung dafür, daß "wertvolle" Futterpflanzen aufkommen können.

9. Zusammenfassung

Eine standortgerechte Almbewirtschaftung (Bergmahd, Almbeweidung) ist notwendig, um in der montanen, subalpinen und unteralpinen Höhenstufe die Futterqualität zu erhalten. Bei Aufgabe der Almbewirtschaftung verschlechtert sich die Futterqualität der Pflanzenbestände. Krautarme, leguminosenfreie Hochgraswiesen liefern ein relativ geringwertiges, mineralstoffarmes, rohfaserreiches Futter. Die Mn- und Zn-Konzentration ist überhöht, das Verhältnis einiger wichtiger Mineral- und Inhaltsstoffe ist ungünstig. Bei Verwaldung, Verstrauchung und Vergrasung verläßt ein großer Teil des Wildes mangels qualitativ hochwertiger Äsungsflächen das Revier. Daher kann das Auflassen der Almwirtschaft nicht im Interesse der Jagd sein. Eine standortgerechte Almbewirtschaftung ist - zumindest aus pflanzenbaulicher Sicht - mit der Jagd vereinbar.

Das krautreiche Alm-Heu von sauren Gebirgsböden enthält relativ viel Rohfett, sehr wenig Rohprotein und sehr

wenig Rohasche. Es weist eine relativ niedrige Mg-, K-, Na- und Cu-Konzentration auf; auch die Fe-Konzentration ist gelegentlich relativ niedrig. Der Mo-Gehalt liegt des öfteren unter der Nachweismenge. Die Mn-, Zn-, Ni- und Cr-Konzentration ist demgegenüber relativ hoch; die Cd-, Co- und Al-Konzentration ist fallweise überhöht. Das krautreiche Alm-Heu von sauren Gebirgsböden weist ein eher weites Ca:P-, Ca:Mg- und K:Na-Verhältnis auf.

Mit abnehmendem Kräuter-Anteil und zunehmendem Gras-Anteil sinkt der Gehalt an Rohfett, N-freien Extraktstoffen, Rohasche und Stärkeeinheiten, während der Rohfaser-Gehalt steigt. Vor allem die Ca-, Mg-, Fe- und B-Konzentration nimmt ab; die Zn- und Mn-Konzentration steigt.

Dank

Diese Arbeit konnte dank der großzügigen finanziellen Unterstützung durch die Nationalparkverwaltung Kärnten durchgeführt werden. Für Hinweise danken wir den Universitätsprofessoren Dr. F. Solar und Dr. E. Lichtenegger sowie Doz. Dr. L. Gruber. Für die Bestimmung kritischer Arten danken wir vor allem G. Gottschlich (Tübingen), Dr. G.H. Leute (Klagenfurt), W. Maurer (Graz) und Mag. H. Melzer (Zeltweg).

Literatur

- ADLER, W., K. OSWALD und R. FISCHER, 1994: Exkursionsflora von Österreich. Ulmer Verlag, 1180 S.
- BERGMANN, W., 1989: Boden- und Umweltfaktoren, die die Mineralstoffaufnahme der Pflanzen beeinflussen - unter besonderer Berücksichtigung der Schwermetalle. In: Dechema-Fachgespräche Umweltschutz. Beurteilung von Schwermetallkontaminationen im Boden. 317-340.
- BOHNER, A., 1997: Almwirtschaft und Bodenschutz - Fallbeispiel *Calluna vulgaris*-Verheudung. In: Bericht über die 2. Pflanzensoziologische Tagung "Pflanzengesellschaften im Alpenraum und ihre Bedeutung für die Bewirtschaftung", BAL Gumpenstein, 2.-3.9.1997. 103-107.
- BOHNER, A., 1998: Almwirtschaft und Gebirgs-Ökosysteme. Diss. BOKU Wien, 169 und 215 S.
- BOHNER, A., 1999: Soziologie und Ökologie der Weiden - von der Tallage bis in den alpinen Bereich. In: 5. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein, 18.-19.3.1999, 31-39.
- BOHNER, A., i. Vorber.: Ökochemische Kennwerte der Gebirgsböden und ihre Bedeutung für die Florenverteilung im Gebirge.

- BRÜMMER, G.W., J. GERTH und U. HERMS, 1986: Heavy metal species, mobility and availability in soils. In: Z. Pflanzenernährung, Bodenkunde. Bd. 149, 382-398.
- BUCHGRABER, K., R. RESCH, L. GRUBER, G. WIEDNER und H. FACHBERGER, 1997: Auszug aus der Futterwertabelle für Wiederkäuer. In: Alpenländisches Expertenforum "Grundfutterqualität und Grundfutterbewertung", BAL Gumpenstein, 21.-22.1.1997, 19-25.
- CAPUTA, J. und G. SCHECHTNER, 1970: Wachstumsrhythmus und Stickstoffwirkung auf natürlichen Beständen der Bergweiden. In: Das wirtschaftseigene Futter. Bd. 16. 165-182.
- CHYTIL, K., 1998: Beschreibung des Forschungsprojektes "Höhenprofil Johnsbach". In: 4. Alpenländisches Expertenforum, 24.-25.3.1998, BAL Gumpenstein, 35-36.
- EISENHUT, M. und G. EDER, 1998: Bodenkundliche Charakterisierung der Standorte des Höhenprofils Johnsbach. In: 4. Alpenländisches Expertenforum, 24.-25.3.1998, BAL Gumpenstein, 45-61.
- FINCK, A., 1991: Pflanzenernährung in Stichworten. Hirts Stichwörterbücher. 200 S.
- FISCHER, W.R., H. FLESSA und G. SCHALLER, 1989: pH values and redox potentials in microsites of the rhizosphere. In: Z. Pflanzenernährung, Bodenkunde. Bd. 152, 191-195.
- GIGON, A., 1971: Vergleich alpiner Rasen auf Silikat- und auf Karbonatboden. Veröffentlichungen des Geobot. Institutes der ETH, Stiftung Rübli. 48. Heft. 159 S.
- GRABHERR, G., 1993: *Caricetea curvulae*. In: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. Natürliche waldfreie Vegetation. 343-372.
- GRUBER, L., G. WIEDNER, A. VOGEL und TH. GUGGENBERGER, 1994: Nähr- und Mineralstoffgehalt von Grundfuttermitteln in Österreich. In: Die Bodenkultur. 45. Band. 57-73.
- GRUBER, L., TH. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, R. STEINWENDER und M. SOBOTIK, 1998: Ertrag und Futterqualität von Almfutter des Höhenprofils Johnsbach in Abhängigkeit von den Standortfaktoren. In: 4. Alpenländisches Expertenforum, 24.-25.3.1998, BAL Gumpenstein, 63-93.
- HASELWANDTER, K., 1989: Die Mykorrhizie alpiner Pflanzengesellschaften oberhalb der Waldgrenze mit besonderer Berücksichtigung der Mykorrhiza. In: Cernusca, A. (Schriftleitung). Struktur und Funktion von Graslandökosystemen im Nationalpark Hohe Tauern. Bd. 13. 217-226.
- KARGL, H., 1998: Motivation zur Mitarbeit und Mitfinanzierung am Almprojekt. In: 4. Alpenländisches Expertenforum, 24.-25.3.1998, BAL Gumpenstein, 37.
- KLAPP, E., 1971: Wiesen und Weiden. Parey Verlag. 619 S.
- KÖNIG, N., P. BACCINI u. B. ULRICH, 1986: Der Einfluß der natürlichen organischen Substanzen auf die Metallverteilung zwischen Boden und Bodenlösung in einem sauren Waldboden. In: Zeitschrift Pflanzenernährung, Bodenkunde. Bd. 149. 68-82.

- KRIMBERGER, K., 1998: Die klimatischen Bedingungen der Standorte des Höhenprofils Johnsbach. In: 4. Alpenländisches Expertenforum, 24.-25.3.1998, BAL Gumpenstein, 39-43.
- LANG, V., S. LOOSER und W. KÜHBAUCH, 1972: Zum Einfluß einiger Faktoren auf den Gehalt an löslichen Kohlenhydraten im Aufwuchs einer Weidelgras-Weißkleeweide. Z. Acker- und Pflanzenbau. Bd. 136, 309-319.
- LARCHER, W., 1983: Ökophysiologische Konstitutionseigenschaften von Gebirgspflanzen. In: Ber. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 96, 73-85.
- LARCHER, W., 1994: Ökophysiologie der Pflanzen. Ulmer Verlag, 394 S.
- MARSCHNER, H. and V. RÖMHELD, 1983: In vivo measurement of root-induced pH changes at the soil-root interface: effect of plant species and nitrogen source. In: Z. Pflanzenphysiol. Bd. 111, 241-251.
- MARSCHNER, H., 1991: Mechanisms of adaption of plants to acid soils. In: Plant and Soil 134, 1-20.
- MARSCHNER, H., 1998: Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. 889 p.
- MENGEL, K., 1991: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Gustav Fischer Verlag, 466 S.
- PÖTSCH, E.M., F. BERGLER und K. BUCHGRABER, 1998: Ertrag und Futterqualität von Alm- und Waldweiden als Grundlage für die Durchführung von Wald-Weide-Trennverfahren - Bewertungsmodelle. In: 4. Alpenländisches Expertenforum, 24.-25.3.1998, BAL Gumpenstein, 95-104.
- PRETTEREBNER, R., 1980: Wasserhaushalt einiger Böden bei Badgastein (Hohe Tauern). In: Franz, H. (Schriftleiter). Untersuchung an alpinen Böden in den Hohen Tauern 1974-1978. Stoffdynamik und Wasserhaushalt. Veröffentlichungen des österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern. Bd. 3. 187-221.
- RIEDER, J.B., 1983: Dauergrünland. Verlagsunion Agrar.
- SAUERBECK, D., 1989: Der Transfer von Schwermetallen in die Pflanze. In: Dechema-Fachgespräche Umweltschutz. Beurteilung von Schwermetallkontaminationen im Boden. 281-316.
- SOBOTIK, M., CH. POPPELBAUM und L. GRUBER, 1998: Die Pflanzenbestände der Versuchsfelder des Höhenprofils Johnsbach. In: 4. Alpenländisches Expertenforum, 24.-25.3.1998, BAL Gumpenstein, 51-61.
- SOLAR, F., 1972: Die Böden des Raumes Großglockner - Zell am See. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges. 16, 93-106.
- SOLAR, F. und E. LICHTENEGGER, 1981: Ertragsbildung und Ertragsfaktoren in der alpinen Standort-Catena. Möglichkeiten und Grenzen intensiver Grünlandwirtschaft. In: 3. Sonderheft der Mitt. der Ö.B.G. Führer zur Exkursion durch das Glocknergebiet und die Karnischen Alpen in Kärnten vom 23.-26.9.1981, 166-182.
- SOMMER, B. und H. MARSCHNER, 1986: Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen. Agrar- und Umweltforschung in Baden-Württemberg. Bd. 13. 200 S.
- SPATZ, G., G. VOIGTLÄNDER und G.B. WEIS, 1981: Untersuchungen zum Futterwert von Almweiden bei unterschiedlicher Bewirtschaftung. Bayerisches landwirtschaftliches Jahrbuch. 58. Jahrgang. 442-450 und 591-599.
- SPATZ, G., F. MÜHLSCHLEGEL, U. JUSSEL und G.B. WEIS, 1989: Zur Futterqualität von Pflanzenbeständen entlang eines Höhengradienten an der Glocknerstraße. In: Cernusca, A. (Schriftleitung): Struktur und Funktion von Graslandökosystemen im Nationalpark Hohe Tauern. Veröffent. des österreichischen MAB-Programmes. Band 13. 515-529.
- STEUBING, L. u. G. ABRAHAM, 1979: Energiegehalt und Stoffgruppenanalysen von Pflanzen aus Karbonat-, Silikat- und Serpentinrasen der alpinen und subalpinen Höhenstufe. In: Bericht über die Int. Fachtagung "Bedeutung der Pflanzensoziologie für eine standortgemäße und umweltgerechte Land- und Almwirtschaft", 12.-13.9.1978, BAL Gumpenstein, 39-48.
- ULRICH, B., R. MAYER u. P.K. KHANNA, 1979: Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. Bd. 58, 286 S.
- ZÜRN, F., 1951: Der Nähr- und Mineralstoffgehalt von Gräsern, Leguminosen und Kräutern auf Wiesen. In: Z. Acker- und Pflanzenbau, Bd. 93, 444-463.