

Boden, Standortsbonität und Einfluß der N-Düngung auf den Mineralstoffgehalt des Futters - ein Beitrag zum interdisziplinären Forschungsprojekt „Einfluß der Grünlandbewirtschaftung auf die Milchproduktion“

A. BOHNER

1. Einleitung und Problemstellung

Die Grundfutterqualität hat eine große Bedeutung für die tierische Leistung, denn eine hohe Futterqualität bewirkt auch eine hohe Futteraufnahme. Den Tieren muß ein abwechslungsreiches, qualitativ hochwertiges Futter angeboten werden. Wichtig ist eine ausreichende und möglichst ausgeglichene Mineralstoffversorgung. Der Mineralstoffgehalt des Futters hängt im wesentlichen von der floristischen Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, vom Standort (insbesondere Bodenzustand), vom Nutzungszeitpunkt (physiologisches Alter der Pflanzen) und von der Art und Intensität der Düngung ab. Zwischen diesen natürlichen und wirtschaftlichen Zustandsfaktoren bestehen vielseitige Wechselbeziehungen; ihre Erfassung ist eine Grundvoraussetzung für die Nutzungsoptimierung im Grünland.

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

- Gibt es Zusammenhänge zwischen Boden, Pflanzenbestand, Ertragspotential und Standortsbonität?
- Hat der Standort von regelmäßig gedüngten Wirtschaftswiesen einen Einfluß auf die Mineralstoffzusammensetzung des Futters?
- Kann durch N-Düngung die Mineralstoffzusammensetzung des Futters von regelmäßig gedüngten Wirtschaftswiesen beeinflusst werden?

2. Material und Methoden

Die Bodenansprache erfolgte aus dem Bohrstock. Die Bodenart wurde mittels Fingerprobe geschätzt. Die Bodenproben wurden aus der Tiefenstufe 0-10 cm ge-

zogen. Die Analysemethoden richten sich nach der jeweiligen ÖNORM (Humus und N_{tot} mittels Elementaranalyse, pH in $CaCl_2$ mittels pH-Meter; elektrische Leitfähigkeit mit Konduktometer; P_2O_5 und K_2O mit CAL/DL-Methode; P_2O_5 im Wasserauszug; Kalifizierung mittels AAS-Flamme; Mg nach der Methode Schachtschabel; austauschbare Kationen im $BaCl_2$ -Auszug; B im Acetatauszug nach Baron; Fe, Mn, Cu, Zn im EDTA-Auszug). Die Bodenanalysen wurden vom BFL Wien durchgeführt. Die Mineral- und Inhaltsstoffe im Futter wurden nach den üblichen Methoden (ALVA 1983) bestimmt. Hinsichtlich Versuchsanlage und Versuchsdurchführung wird auf GRUBER et al. (2000) verwiesen.

3. Klima

Das Untersuchungsgebiet liegt im mittleren steirischen Ennstal im Gemeindegebiet von Irdning. Die Versuchflächen befinden sich in 640 m Seehöhe am Talboden der Enns. Für die klimatische Charakterisierung werden die langjährigen Meßergebnisse der Wetterstationen Aigen im Ennstal und Irdning (Gumpenstein) herangezogen. Die mittlere Jahres-

temperatur beträgt im Untersuchungsgebiet rund $7^\circ C$, die mittlere Jännertemperatur etwa $-4^\circ C$ und die mittlere Julitemperatur rund $17^\circ C$ (Tabelle 1). Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge macht etwas mehr als 1000 mm aus; in der Vegetationsperiode (April-September) fallen etwa 55 bis 60 % des Jahresniederschlags. Juli und August sind die niederschlagsreichsten Monate. Ein sekundäres Niederschlagsmaximum tritt im langjährigen Mittel im Jänner auf. Die Zahl der Tage mit Schneebedeckung beträgt rund 90 Tage (Tabelle 2).

Das Untersuchungsgebiet kann klimatisch als relativ winter- und sommerkühl sowie mäßig niederschlags- und schnee-reich eingestuft werden. Der Schlangenknöterich (*Persicaria bistorta*) und die Faden-Simse (*Juncus filiformis*) kommen in den Feucht- und Naßwiesen des Untersuchungsgebietes regelmäßig vor. Diese Pflanzen zeigen ein kühles Klima an. Die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) besiedelt im Untersuchungsgebiet vorwiegend südexponierte Berghänge; sie weist auf einen subozeanischen Klimaeinfluß hin.

Für das Pflanzenwachstum und das Ertragspotential des Grünlandes ist im

Tabelle 1: Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (in °C) in den Jahren 1981-1990, Quelle: HYDROGRAPHISCHER DIENST, 1994.

Meßstation	Seehöhe in m	Monate												Jahresmittel	Mittel IV-IX
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Aigen i. Ennstal	640	-4,5	-2,8	2,5	6,9	11,7	14,4	17,0	15,9	12,6	7,7	1,3	-2,3	6,7	13,1
Irdning	710	-3,5	-2,1	2,8	7,1	11,9	14,5	16,9	16,1	12,9	8,3	1,8	-1,7	7,1	13,2

Tabelle 2: Mittlere Monats- und Jahressummen der Niederschläge (in mm) in den Jahren 1981-1990, Quelle: HYDROGRAPHISCHER DIENST, 1994.

Meßstation	Seehöhe in m	Monate												Jahresmittel	Mittel IV-IX	Zahl d. Tage m. Schneebedeckung
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
Aigen i. Ennstal	640	102	66	65	49	80	114	135	129	87	59	56	81	1023	549	86
Irdning	710	89	58	56	49	87	113	145	140	98	65	57	73	1030	632	101

Autor: Dr. Andreas BOHNER, Abteilung für Botanik und Pflanzensoziologie, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 IRDNING, email:bal.gump@compterhaus.net

Untersuchungsgebiet weniger der Niederschlag und die Niederschlagsverteilung, sondern vielmehr die Temperatur (Wärme) der begrenzende Faktor. Günstig ist eine hohe Wärme während der Vegetationsperiode verbunden mit einer gleichmäßigen Niederschlagsverteilung; ungünstig ist ein kühles, niederschlagsreiches Jahr. Langanhaltende sommerliche Trockenperioden treten im Untersuchungsgebiet in der Regel nicht auf.

4. Boden

4.1 Allgemeiner Überblick

Die Versuchsfelder (Stainacher Wiese, Irdninger Wiese) befinden sich am Talboden der Enns. Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung ist Enns-Alluvium. Die Böden entlang der Enns sind zum überwiegenden Teil Au-Gleye und vergleyte Graue Auböden. Im Zuge der Ennsregulierung (1860 – 1960) erfolgte eine Flächenentwässerung, was häufig zu einer leichten Verbraunung vor allem der Au-Gleye geführt hat (BOHNER und SOBOTIK 2000). Auf diesen Bodentypen sind im Untersuchungsgebiet mäßig feuchte Frauenmantel-Glatthaferwiesen, feuchte Fuchsschwanzwiesen und feuchte Kohldistel-Schlangen-Knöterich-Wiesen weitverbreitet (BOHNER und SOBOTIK 2000). Auf der gesamten Versuchsfelder kommen nach EISENHUT (1993) folgende Bodentypen vor: Anmoor, entwässerter Au-Gley, schwach vergleyter Grauer Auboden. Die Böden weisen häufig ein Stockwerksprofil auf; ab einer Bodentiefe von 50/60 cm liegt meist Torf vor.

4.2 Allgemeine Zustandsbedingungen hydromorpher Böden und Standortsbonität

Die Vegetation, der Futterertrag und die Futterqualität hängen nicht nur von der Art und Intensität der Düngung und Nutzung, sondern sehr wesentlich auch vom Wärme-, Wasser- und Stoffhaushalt eines Standortes ab. Die Art und Intensität der Nutzung und Düngung sowie die Beurteilung des Nährstoffzustandes im Boden haben sich immer an der naturräumlichen Standortsbonität zu orientieren; geschieht dies nicht, ist mit einer stärkeren Verunkrautung der Wiesen und Weiden zu rechnen. Bei geringerem naturräumlichen Standortspotential ist die

Düngungs- und Nutzungsintensität zu verringern. Die Standortsbonität wird sehr wesentlich vom Boden beeinflusst. Jeder Bodentyp ist durch eine charakteristische stoffliche Beschaffenheit und durch typische Zustandsbedingungen ausgezeichnet.

Auf der gesamten Versuchsfelder kommen Anmoore, Au-Gleye und vergleyte Graue Auböden vor (EISENHUT 1993). Diese hydromorphen Böden werden durch Grundwasser geprägt. Ihre Standortsbonität ist generell abhängig von der Dauer und vom Zeitpunkt des Hoch-, Mittel- und Tiefstandes des Grundwasserspiegels, von seiner Schwankungsamplitude, vom Gehalt des Grundwassers an Gasen und gelösten Stoffen, von seiner Fließgeschwindigkeit sowie von der Art und Beschaffenheit der abgelagerten Sedimente (vgl. REHFUESS 1990).

Hydromorphe Böden sind im Frühjahr häufig bis zur Bodenoberfläche vernäbt. Sie erwärmen sich wegen der hohen spezifischen Wärmekapazität des Wassers nur sehr langsam, so daß das Pflanzenwachstum verspätet einsetzt. Mit dem Wasserhaushalt variiert der Redoxzustand des Bodens; damit verbunden sind charakteristische Veränderungen des Stoffzustandes und des pH-Wertes. Grundsätzlich wirken oxidative Bedingungen im Boden versauernd und reduktive Bedingungen alkalisierend. Bei eintretender Wassersättigung - beispielsweise durch Grundwasserspiegel-Anstieg oder Überflutung - fungieren anstelle des universellen O_2 zunehmend und in charakteristischer Reihenfolge verschiedene anorganische und organische Verbindungen hoher Oxidationsstufe als alternative Elektronenakzeptoren. Bevor der Sauerstoff im Boden vollständig verbraucht ist, beginnt als erstes die Reduktion der Nitrate vorwiegend zu N_2 und N_2O . Dies führt zu gasförmigen N-Verlusten. Aus diesem Grund weisen hydromorphe Böden im Vergleich zu terrestrischen Böden im allgemeinen eine geringere NO_3 -N-Düngereffizienz auf. Hohe N-Denitrifikationsverluste sind vor allem bei häufigem Wechsel aerober und anaerober Bedingungen, beispielsweise im Zuge eines stark schwankenden Grundwasserspiegels, gegeben. Bei weiter sinkendem Redoxpotential im Boden werden zuerst Mn(III, IV)-Oxide und dann

Fe(III)-Oxide reduziert; dadurch steigt die Mn^{2+} - und Fe^{2+} -Aktivität in der Bodenlösung beträchtlich an. Deswegen weisen Pflanzen, die auf hydromorphen Mineralböden wachsen, im allgemeinen auch einen höheren Mn- und/oder Fe-Gehalt auf. Bei der reduktiven Auflösung P-haltiger Mn- und Fe-Oxide können außerdem die von ihnen adsorbierten und in ihnen okkludierten Phosphate in Lösung gehen; ein Anstieg der P-Aktivität in der Bodenlösung unter reduzierenden Bedingungen ist die Folge.

Mit der Negativierung des Redoxpotentials im Boden beginnt die Reduktion von Sulfat zu H_2S und HS^- . Fe^{2+} und andere Schwermetalle können als Sulfid ausfallen. H_2S in der Bodenluft wirkt schon in geringer Konzentration auf die Wurzeln vieler höherer Pflanzen stark giftig (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1998). Die Gefahr der H_2S -Toxizität besteht vor allem in Fe-Oxidarmen, sauren, organischen Böden. Bei stark negativem Redoxpotential erfolgt schließlich die Reduktion von CO_2 und organischen C-Verbindungen zu CH_4 , CH_4 , C_2H_4 und volatile Fettsäuren können sich in der Bodenluft in phytotoxischen Konzentrationen anreichern (MARSCHNER 1998).

Hydromorphe Böden weisen wegen der reduzierten biologischen Aktivität einen höheren Humusgehalt und eine gehemmte Nährstoffmineralisation (insbesondere N-Mineralisation) auf. Die Nährstoffanlieferung zur Pflanzenwurzel ist allerdings wegen des höheren Massenflusses und größeren effektiven Diffusionskoeffizienten besser als in vergleichbaren terrestrischen Böden, wodurch die Ungunst einer gehemmten Nährstoffmineralisation etwas abgeschwächt wird.

Für ein optimales Pflanzenwachstum ist neben einer ausreichenden Wasser- und Nährstoffversorgung auch eine gute Durchlüftung des Bodens notwendig. Mit eintretender Wassersättigung wird die O_2 -Diffusion aus der Atmosphäre in den Boden fast vollständig unterbunden, weil die O_2 -Diffusionsrate innerhalb der wassergefüllten Bodenporen um etwa das 10.000fache geringer ist als in den luftführenden Bodenporen (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1998). Außerdem wird der noch vorhandene bzw. der nur langsam in den Boden eindrin-

gende Sauerstoff durch die Mikroben- und Wurzelatmung sowie durch die Oxidation reduzierter Substanzen rasch aufgebraucht. Der daraus resultierende O₂-Mangel und eine hohe Ethylenkonzentration im Boden können bei den meisten Pflanzenarten das Wurzellängenwachstum vermindern. Außerdem ist die Wurzelatmung gehemmt, und es kommt zur Unterversorgung der Wurzeln mit ATP. Bei den meisten Pflanzenarten wird dadurch und wegen der flachen Bewurzelung die Nährstoffaufnahme vermindert (MENGEL 1991, MARSCHNER 1998). Den temporären oder permanenten O₂-Mangel in hydromorphen Böden halten nur gewisse Pflanzenarten aus. Es sind dies vor allem Arten, die durch ein luftgefülltes Interzellulärsystem (Aerenchym) ihre Wurzeln mit lebensnotwendigem Sauerstoff aus der Atmosphäre über den Sproß versorgen können, und deren Wurzeln einen guten Fäulnischutz (KUTSCHERA und LICHTENEGGER 1982) aufweisen. Vor allem Seggen (*Carex spec.*) sind auf hydromorphen Böden sehr konkurrenzkräftig; sie liefern zusammen mit der Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*) und mit verschiedenen Schachtelhalmarten (*Equisetum spec.*) ein Silicium-reiches Futter (Roßwiesen).

Viele ertragreiche, raschwüchsige, wertvolle Futterpflanzen ertragen diese spezifischen Zustandsbedingungen hydromorpher Böden nicht. Sie werden bei ungünstiger werdendem Wasserhaushalt zunehmend durch langsamwüchsige, relativ nutzungsempfindliche, ertragsärmere, aber standortsangepaßte Arten ersetzt. Daher weisen hydromorphe Böden vor allem in kühl-feuchten Gebieten von Natur aus ein niedrigeres Ertragspotential und eine höhere Nutzungsempfindlichkeit als terrestrische Böden mit einem ausgeglichenen Wasserhaushalt in vergleichbarer Lage auf. Eine vergleichsweise geringere Düngungs- und Nutzungsintensität ist notwendig. Bei zu häufiger und oftmalig zu früher Mahd kommt es besonders leicht zu einer Lückenbildung und starken Verunkrautung, weshalb der Futterertrag sinkt. Ein Vorteil ist allerdings die relativ hohe Ertragsicherheit der hydromorphen Böden in trockenen Jahren; die Erträge sind in trockenen Jahren höher als in feuchten. Der Zustandsmalus hydromorpher Bö-

den kann auch durch Erhöhung der Düngermenge nicht restlos kompensiert werden. Auf hydromorphen Böden muß mit der Düngung sehr sorgfältig umgegangen werden, denn diese Böden neigen besonders leicht zur Verunkrautung; eine biologische Unkräutbekämpfung in Form der Beweidung ist oft nicht möglich. Ungünstig sind vor allem hohe NH₄-N-Applikationen auf hydromorphen alkalischen Böden, weil sich NH₄-N bei hohen pH-Werten zum Pflanzengift NH₃ umsetzen kann. Bei schlechtem Gasaustausch kann dies NH₃-Toxizität auslösen.

Auf hydromorphen Böden kommen von Natur aus vermehrt Giftpflanzen und Arten mit geringem Futterwert vor. Dazu zählen beispielsweise Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), Gewöhnliches Wiesen-Schaumkraut (*Cardamine pratensis*), Sumpf-Schachtelhalm (*Equisetum palustre*), Wasser-Greiskraut (*Senecio aquaticus*), Brenn-Hahnenfuß (*Ranunculus flammula*), Gold-Hahnenfuß (*Ranunculus auricomus agg.*), Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*) oder Gewöhnliche Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*). Je höher ihr Ertrags-Anteil im Futter auf Kosten hochwertiger Gräser, wie beispielsweise Wiesen-Schwengel (*Festuca pratensis*) oder Wiesen-Fuchschwanz (*Alopecurus pratensis*) ist, um so niedriger ist die Futteraufnahme der Rinder (vgl. STEINWIDDER 2000).

Der Wasserhaushalt beeinflusst über die Tragfähigkeit des Bodens auch die mögliche Nutzungsform. Hydromorphe Böden sind nur eingeschränkt weidefähig. Es treten besonders leicht Bodenverwundungen auf, weil wassergesättigte Böden

nicht verdichten können (BOHNER 1999). Dies führt zur "Verbinsung" des Pflanzenbestandes (Ausbreitung von Flatter-Binse (*Juncus effusus*) und/oder Grau-Simse (*Juncus inflexus*)). Die Weidezeit ist auf hydromorphen Böden im allgemeinen kürzer als auf vergleichbaren terrestrischen Böden, weil die Beweidung später erfolgt und früher endet. Deswegen und wegen der Parasitengefahr sollten hydromorphe Böden besser gemäht werden; allerdings ist auch die Befahrbarkeit mit schweren Maschinen nicht immer möglich.

4.3 Bodenchemische Kennwerte der untersuchten Grünlandböden

Die Pflanzenbestände der Versuchsflächen zählen zu den Fuchsschwanzwiesen (SOBOTIK und POPPELBAUM 2000). Die Böden sind überwiegend Augleye über Torf. Die Humusform ist Feuchtmull, die Bodenart lehmiger Schluff. Der Feuchtmull zeigt an, daß die Böden nur im Winter/Frühjahr bis in die Krume vernässen, und im Sommer im Oberboden relativ gut belüftet sind. Der Feuchtmull geht bei stärkerer Vernässung allmählich in Anmoorhumus über. Die untersuchten Böden weisen im Oberboden auf Grund des hohen Schluffanteiles ein deutliches Plattengefüge auf. Der Wasserhaushalt muß mit "mäßig feucht" (Stainacher Wiese) und "feucht" (Irdninger Wiese) eingestuft werden.

Die bodenchemischen Kennwerte sind den Tabellen 3-5 zu entnehmen. Der Boden der Irdninger Wiese befindet sich im Austauscher-Pufferbereich (pH CaCl₂;

Tabelle 3: Bodenchemische Kennwerte der Grünlandböden.

	%	%	N _{tot}	C/N _{tot}	pH CaCl ₂	µS/cm	mg/100 g			mg K ₂ O FW/100 g	mg/100 g
							P ₂ O ₅ CAL/DL	P ₂ O ₅ H ₂ O	K ₂ O CAL/DL		
Irdninger Wiese	12,7	7,4	0,52	14,2	4,8	66	<3	1,7	9	13	13
Stainacher Wiese	8,9	5,2	0,48	10,8	6,1	106	4	0,4	7	35	18

Tabelle 4: Mineralische Alkali- und Erdalkalibasen.

	mval/100 g (BaCl ₂ -Auszug)					%				
	Ca	Mg	K	Na	Σ	Ca	Mg	K	Na	Σ
Irdninger Wiese	5,5	1,2	0,05	0,10	6,85	80,3	17,5	0,7	1,5	100,0
Stainacher Wiese	15,3	1,6	0,10	0,10	17,10	89,4	9,4	0,6	0,6	100,0

Tabelle 5: Bor-Gehalte und ausgewählte Mikronährstoffe.

	mg/kg (Baron-Auszug)	mg/kg (EDTA-Auszug)			
		Fe	Mn	Cu	Zn
Irdninger Wiese	0,3	751	1931	12	48
Stainacher Wiese	0,4	3681	748	30	42

5.0 - 4.2). Der Boden der Stainacher Wiese liegt im ökologisch günstigen Silikat-Pufferbereich (pH CaCl₂: 6,2 - 5.0). Die untersuchten Böden weisen einen relativ hohen Humusgehalt auf. Hydromorphe Böden sind auf Grund der geringeren Bodenerwärmung und schlechteren Bodendurchlüftung (gehemmte Humusmineralisation) im allgemeinen humusreicher als terrestrische Böden in vergleichbarer Lage. Dementsprechend ist im Boden der mäßig feuchten Stainacher Wiese der Humusgehalt deutlich niedriger als im Boden der feuchten Irdninger Wiese. Der Boden der mäßig feuchten Stainacher Wiese weist ein deutlich engeres (günstigeres) C/N-Verhältnis als der Boden der feuchten Irdninger Wiese auf. Im Boden der Stainacher Wiese findet offensichtlich ein vergleichsweise intensiverer Humus- und Stoffumsatz statt. Die elektrische Leitfähigkeit ist im Boden der Irdninger Wiese deutlich niedriger als im Boden der Stainacher Wiese; dies weist auf eine vergleichsweise niedrigere wasserlösliche Gesamtsalzkonzentration im Boden hin. Der CAL/DL-lösliche P-Gehalt ist in den untersuchten Böden relativ niedrig. Der relativ geringe wasserlösliche P-Gehalt im Boden der Stainacher Wiese muß in Zusammenhang mit dem relativ hohen pH-Wert und mit der sehr hohen Ca-Sättigung gesehen werden. Generell sinkt die Wasserlöslichkeit der Phosphate mit steigendem pH-Wert und steigender Ca-Aktivität in der Bodenlösung durch Bildung von wasserunlöslichen Ca-Phosphaten. Der relativ niedrige wasserlösliche P-Gehalt im Boden der Stainacher Wiese bedeutet nicht automatisch eine geringe P-Verfügbarkeit für die Pflanzen. Die Pflanzen können nämlich bei P-Mangel durch Versauerung der Rhizosphäre, durch Abgabe organischer Komplexbildner, durch erhöhtes Wurzelhaar-Wachstum und/oder durch Erhöhung der Phosphataseaktivität P mobilisieren. Auch der CAL/DL-lösliche K₂O-Gehalt ist in den untersuchten Böden eher niedrig. Die K-Fixierung ist im Boden der Irdninger Wiese deutlich geringer als im Boden der Stainacher Wiese; dies dürfte vor allem mit dem beträchtlich niedrigeren pH-Wert zusammenhängen (geringere K-Fixierungskapazität infolge Einlagerung von Al-Hydroxypolymeren im Schichtzwischenraum aufweit-

Tabelle 6: Durchschnittliche Gehalte an Mineral- und Inhaltsstoffen; Mittelwerte 1994-1997; mmol % = % Anteil an molarer Σ (Σ Ca, Mg, K, Na, Mn, Zn, Cu).

			MW 1994-1997			
			1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
RP	g/kg T	Irdninger Wiese	146	146	177	200
		Stainacher Wiese	140	150	178	200
RFE	g/kg T	Irdninger Wiese	23	22	24	26
		Stainacher Wiese	22	22	24	25
NFE	g/kg T	Irdninger Wiese	436	452	440	453
		Stainacher Wiese	446	442	426	451
RFA	g/kg T	Irdninger Wiese	310	291	258	213
		Stainacher Wiese	311	296	262	212
RA	g/kg T	Irdninger Wiese	85	88	101	108
		Stainacher Wiese	82	90	110	111
P	g/kg T	Irdninger Wiese	3,1	2,9	3,5	3,6
		Stainacher Wiese	2,5	2,7	3,0	3,2
Ca	g/kg T	Irdninger Wiese	6,8	7,5	8,2	7,1
		Stainacher Wiese	6,2	7,8	8,8	8,0
Mg	g/kg T	Irdninger Wiese	2,7	2,9	3,5	3,5
		Stainacher Wiese	2,1	2,9	3,4	3,4
K	g/kg T	Irdninger Wiese	24,1	24,9	28,8	31,4
		Stainacher Wiese	25,7	24,7	26,7	28,4
Na	g/kg T	Irdninger Wiese	0,3	0,4	0,8	0,8
		Stainacher Wiese	0,3	0,5	0,9	1,0
Mn	mg/kg T	Irdninger Wiese	120,2	174,0	170,7	149,0
		Stainacher Wiese	103,6	145,8	133,1	118,6
Zn	mg/kg T	Irdninger Wiese	57,8	37,8	39,3	37,5
		Stainacher Wiese	63,9	36,0	38,8	37,0
Cu	mg/kg T	Irdninger Wiese	11,2	11,2	13,3	14,2
		Stainacher Wiese	10,4	10,1	12,2	13,5
Σ	mmol/kg	Irdninger Wiese	913,6	968,7	1122,9	1164,9
		Stainacher Wiese	916,0	972,6	1088,6	1110,5
Ca	mmol %	Irdninger Wiese	18,52	19,35	18,18	15,30
		Stainacher Wiese	16,86	20,08	20,27	17,98
Mg	mmol %	Irdninger Wiese	12,18	12,38	12,93	12,47
		Stainacher Wiese	9,60	12,35	13,01	12,49
K	mmol %	Irdninger Wiese	67,44	65,87	65,50	69,02
		Stainacher Wiese	71,87	65,00	62,84	65,43
Na	mmol %	Irdninger Wiese	1,50	2,00	3,04	2,91
		Stainacher Wiese	1,34	2,22	3,60	3,84
Mn	mmol %	Irdninger Wiese	0,24	0,33	0,28	0,23
		Stainacher Wiese	0,21	0,27	0,22	0,19
Zn	mmol %	Irdninger Wiese	0,10	0,06	0,05	0,05
		Stainacher Wiese	0,11	0,06	0,06	0,05
Cu	mmol %	Irdninger Wiese	0,02	0,02	0,02	0,02
		Stainacher Wiese	0,02	0,02	0,02	0,02
Ca+Mg	mmol %	Irdninger Wiese	30,71	31,73	31,11	27,76
		Stainacher Wiese	26,46	32,43	33,27	30,47
Gräser	%	Irdninger Wiese	77	75	70	57
		Stainacher Wiese	77	74	70	65
Kräuter	%	Irdninger Wiese	16	16	22	31
		Stainacher Wiese	15	15	16	16
Leguminosen	%	Irdninger Wiese	7	8	8	12
		Stainacher Wiese	8	12	13	18

barer Dreischichtminerale). Die meist Carbonat-gepufferten, schluffreichen Au-Gleye und vergleyten Grauen Auböden entlang der Enns neigen vor allem bei niedrigem lactatlöslichen K-Gehalt

zu hoher K-Fixierung (BOHNER und SOBOTIK 2000). Die Mg-Gehalte (Mg-Schachtschabel) sind in den untersuchten Böden relativ hoch. Die Au-Gleye und vergleyten Grauen Auböden entlang

der Enns zeichnen sich im allgemeinen durch einen eher hohen Mg-Gehalt aus (BOHNER und SOBOTIK 2000). Der Boden der Irdninger Wiese weist eine deutlich niedrigere Ca- und höhere Mg-sowie Alkali-Sättigung als der Boden der Stainacher Wiese auf; die Summe der mineralischen Alkali- und Erdalkalibasen (Σ) ist trotz höheren Humusgehaltes beträchtlich niedriger. Der Boden der Irdninger Wiese befindet sich im Austauscher-Pufferbereich. Säureimpulse werden in erster Linie durch Ca-Desorption und Protonen-Bindung abgepuffert. Eine niedrigere Ca-Sättigung und eine geringere effektive Kationenaustauschkapazität sind die Folge. Der Boden der Irdninger Wiese ist mit Mg übersättigt; eine Mg-Übersättigung kommt in den Au-Gleyen und vergleyten Grauen Auböden entlang der Enns häufig vor (BOHNER und SOBOTIK 2000). Auch die Na-Sättigung ist überhöht (hydromorphe Mg- und Na-Übersättigung; vgl. SOLAR 1978). Die Bor-Gehalte (Baron-Auszug) sind in den untersuchten Böden eher niedrig. Die Gehalte an EDTA-extrahierbarem Mn und Fe sind extrem hoch; der relativ hohe Humusgehalt und der mäßig feuchte bzw. feuchte Standort sind dafür hauptverantwortlich. Auch die Gehalte an EDTA-extrahierbarem Zn und Cu sind relativ hoch.

Den bodenchemischen Kennwerten zufolge weist der Boden der Irdninger Wiese eine geringere Standortsbonität als der Boden der Stainacher Wiese auf. Das C/N-Verhältnis ist deutlich weiter, die potentielle Azidität ist markant höher, die elektrische Leitfähigkeit, die Summe an mineralischen Alkali- und Erdalkalibasen (i. w. effektive Kationenaustauschkapazität) und somit die Säureneutralisationskapazität sind deutlich niedriger. Ungünstig ist ferner die Mg-Übersättigung und der enorm hohe Gehalt an EDTA-extrahierbarem Mn. Günstig ist die relativ niedrige K-Fixierungskapazität und die relativ gute Wasserlöslichkeit der Phosphate.

4.4 Einfluß des Bodens und der N-Düngung auf den Mineralstoffgehalt im Futter

Das Futter der feuchten Irdninger Wiese unterscheidet sich von jenem der mäßig feuchten Stainacher Wiese in erster Linie durch einen höheren Gehalt an P,

Tabelle 7: Durchschnittliche Gehalte an Mineral- und Inhaltsstoffen (Mittelwerte 1994-1997) ohne und mit zusätzlicher mineralischer N-Düngung; 1. Schnitt; mmol % = %-Anteil an molarer Σ ; (N2, N3, N4 = 2, 3, 4 Schnitte/Jahr; DG = Gülledüngung; DN = Gülledüngung + mineralische N-Düngung).

			MW 1994-1997					
			1.Schnitt					
			N2/DG	N2/DN	N3/DG	N3/DN	N4/DG	N4/DN
RP	g/kg T	Irdninger Wiese	125	117	150	140	179	167
		Stainacher Wiese	105	108	143	135	170	178
RFE	g/kg T	Irdninger Wiese	20	19	22	23	31	24
		Stainacher Wiese	18	20	21	22	23	25
NFE	g/kg T	Irdninger Wiese	426	418	459	446	416	448
		Stainacher Wiese	450	444	459	454	438	430
RFA	g/kg T	Irdninger Wiese	361	377	285	313	259	265
		Stainacher Wiese	359	360	294	306	278	269
RA	g/kg T	Irdninger Wiese	68	69	84	78	115	96
		Stainacher Wiese	69	68	83	82	92	98
P	g/kg T	Irdninger Wiese	2,2	2,2	2,8	2,7	5,3	3,5
		Stainacher Wiese	2,1	1,9	2,7	2,4	3,0	3,1
Ca	g/kg T	Irdninger Wiese	4,8	4,6	6,5	5,5	11,9	7,4
		Stainacher Wiese	4,9	5,0	6,2	6,3	7,4	7,5
Mg	g/kg T	Irdninger Wiese	2,3	1,9	2,4	2,2	4,8	2,6
		Stainacher Wiese	1,9	2,0	2,2	2,0	2,4	2,3
K	g/kg T	Irdninger Wiese	21,0	22,5	27,0	24,9	25,0	24,2
		Stainacher Wiese	22,1	20,3	26,8	26,4	28,9	30,0
Na	g/kg T	Irdninger Wiese	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3
		Stainacher Wiese	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Mn	mg/kg T	Irdninger Wiese	142,4	93,8	173,8	90,6	133,8	86,6
		Stainacher Wiese	135,2	93,9	110,0	80,1	117,6	84,6
Zn	mg/kg T	Irdninger Wiese	68,2	77,6	48,8	70,7	43,6	37,7
		Stainacher Wiese	83,2	89,0	59,9	79,0	35,9	36,6
Cu	mg/kg T	Irdninger Wiese	10,0	9,0	10,8	10,8	13,4	13,3
		Stainacher Wiese	8,6	8,6	10,1	10,8	12,2	12,2
Σ	mmol/kg	Irdninger Wiese	765,3	779,1	967,4	883,0	1157,5	929,5
		Stainacher Wiese	777,7	742,4	945,7	929,0	1039,6	1061,5
Ca	mmol %	Irdninger Wiese	15,74	14,66	16,75	15,52	25,61	19,94
		Stainacher Wiese	15,65	16,81	16,23	16,81	17,75	17,52
Mg	mmol %	Irdninger Wiese	12,61	9,90	10,18	10,11	17,08	11,69
		Stainacher Wiese	9,92	11,18	9,44	8,88	9,68	8,95
K	mmol %	Irdninger Wiese	70,11	73,87	71,37	72,17	55,23	66,49
		Stainacher Wiese	72,74	69,89	72,51	72,61	70,98	72,29
Na	mmol %	Irdninger Wiese	1,05	1,18	1,27	1,87	1,80	1,62
		Stainacher Wiese	1,19	1,68	1,49	1,40	1,31	1,03
Mn	mmol %	Irdninger Wiese	0,34	0,22	0,33	0,19	0,21	0,17
		Stainacher Wiese	0,32	0,23	0,21	0,16	0,21	0,15
Zn	mmol %	Irdninger Wiese	0,14	0,15	0,08	0,12	0,06	0,06
		Stainacher Wiese	0,16	0,18	0,10	0,13	0,05	0,05
Cu	mmol %	Irdninger Wiese	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
		Stainacher Wiese	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Ca+Mg	mmol %	Irdninger Wiese	28,35	24,56	26,94	25,63	42,68	31,63
		Stainacher Wiese	25,57	27,99	25,68	25,69	27,44	26,47
Gräser	%	Irdninger Wiese	86	87	71	84	62	71
		Stainacher Wiese	84	79	74	79	70	73
Kräuter	%	Irdninger Wiese	7	7	18	14	28	22
		Stainacher Wiese	10	15	15	13	18	20
Leguminosen	%	Irdninger Wiese	7	6	11	3	10	8
		Stainacher Wiese	6	6	10	8	13	7

Mg, Mn und Cu (Tabelle 6). Der vergleichsweise höhere Mn- und Mg-Gehalt im Futter der Irdninger Wiese steht im

Einklang mit der Mg-Übersättigung und mit dem enorm hohen EDTA-extrahierbaren Mn-Gehalt des Bodens. Der ver-

gleichsweise höhere P- und Cu-Gehalt dürfte mit dem höheren Kräuteranteil und/oder mit einer besseren P- und Cu-Verfügbarkeit im Boden zusammenhängen. Der Gehalt an wasserlöslichem Phosphat ist im Boden der Irdninger Wiese deutlich höher als im Boden der Stainacher Wiese.

In der feuchten Irdninger Wiese ist der Kriechende Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) bei 4-Schnitt-Nutzung mit und ohne mineralische N-Düngung Hauptbestandesbildner (SOBOTIK und POPPELBAUM 2000); dies weist auf eine zu hohe Nutzungsintensität hin. In der Stainacher Wiese ist bei 4-Schnitt-Nutzung und fehlender mineralischer N-Düngung der lichtbedürftige Weißklee (*Trifolium repens*) Hauptbestandesbildner (SOBOTIK und POPPELBAUM 2000). In der Irdninger Wiese dürfte sich vor allem der Mn-Überschuß im Boden negativ auf das Wachstum des Weißklee auswirken. Hohe pflanzenverfügbare Mn-Gehalte in sauren Böden hemmen die Nodulation bei den Leguminosen (BAUMEISTER und ERNST 1978, MARSCHNER 1998). N₂-fixierende Leguminosen, wie beispielsweise der Weißklee, senken den pH-Wert in der Rhizosphäre wegen des Kationenüberschusses ab (MENGEL und STEFFENS 1982, HAYNES und LUDECKE 1981). Die daraus resultierende Mn-Aktivierung kann vor allem in hydromorphen, sauren Böden bei hohem Mn-Vorrat, geringer Säureneutralisationskapazität und niedriger Ca-Aktivität in der Bodenlösung Mn-Toxizität bei Leguminosen auslösen (vgl. MUNNS und FOX 1977).

Durch zusätzliche mineralische N-Düngung sinkt der Mn-Gehalt im Futter sowohl in der Irdninger Wiese als auch in der Stainacher Wiese deutlich ab (Tabellen 7-10). Die eindeutige Abnahme des Mn-Gehaltes dürfte nicht mit floristischen Bestandesveränderungen zusammenhängen, denn mit der N-bedingten Zunahme der Gräser wäre eher ein Anstieg des Mn-Gehaltes zu erwarten. Die N-induzierte Abnahme des Mn-Gehaltes ist sicherlich kein Verdünnungseffekt und kein Zeichen für unzureichende Mn-Vorräte im Boden.

Für die Pflanzenernährung ist das Stoffangebot in der Rhizosphäre entscheidend. Wachsende Pflanzenwurzeln kön-

Tabelle 8: Durchschnittliche Gehalte an Mineral- und Inhaltsstoffen (Mittelwerte 1994-1997) ohne und mit zusätzlicher mineralischer N-Düngung; 2. Schnitt; mmol % = % Anteil an molarer Σ.

			MW 1994-1997					
			2. Schnitt					
			N2/DG	N2/DN	N3/DG	N3/DN	N4/DG	N4/DN
RP	g/kg T	Irdninger Wiese	141	134	141	139	162	159
		Stainacher Wiese	139	134	151	151	173	151
RFE	g/kg T	Irdninger Wiese	19	20	23	24	21	24
		Stainacher Wiese	19	19	22	23	25	22
NFE	g/kg T	Irdninger Wiese	464	480	450	430	438	452
		Stainacher Wiese	454	451	432	434	436	448
RFA	g/kg T	Irdninger Wiese	294	294	298	312	286	266
		Stainacher Wiese	308	314	304	293	271	286
RA	g/kg T	Irdninger Wiese	82	72	88	96	93	100
		Stainacher Wiese	80	82	92	99	95	93
P	g/kg T	Irdninger Wiese	2,7	2,4	3,0	3,1	3,0	3,3
		Stainacher Wiese	2,4	2,3	2,8	3,0	2,8	2,7
Ca	g/kg T	Irdninger Wiese	6,7	5,5	7,8	8,2	7,3	9,7
		Stainacher Wiese	6,5	6,4	8,2	8,8	9,0	8,0
Mg	g/kg T	Irdninger Wiese	3,3	2,3	3,1	3,0	2,8	3,0
		Stainacher Wiese	2,8	2,7	3,1	3,0	3,1	2,7
K	g/kg T	Irdninger Wiese	21,6	21,5	25,9	25,6	27,5	27,6
		Stainacher Wiese	22,2	24,3	24,0	26,5	26,1	25,2
Na	g/kg T	Irdninger Wiese	0,5	0,4	0,3	0,7	0,3	0,4
		Stainacher Wiese	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5
Mn	mg/kg T	Irdninger Wiese	175,8	145,1	227,4	137,4	209,7	149,0
		Stainacher Wiese	201,2	122,3	169,5	154,6	121,0	106,0
Zn	mg/kg T	Irdninger Wiese	34,0	37,4	40,3	38,7	40,7	35,9
		Stainacher Wiese	35,8	29,6	38,7	40,9	34,9	36,2
Cu	mg/kg T	Irdninger Wiese	9,8	8,9	10,4	10,6	15,6	12,2
		Stainacher Wiese	9,7	8,7	10,1	10,6	11,3	10,4
Σ	mmol/kg	Irdninger Wiese	882,0	806,2	999,2	1018,8	1016,4	1089,3
		Stainacher Wiese	872,7	917,8	970,3	1043,3	1051,5	980,3
Ca	mmol %	Irdninger Wiese	18,96	16,95	19,36	20,06	17,89	22,13
		Stainacher Wiese	18,58	17,43	21,21	20,96	21,40	20,41
Mg	mmol %	Irdninger Wiese	15,36	11,91	12,61	12,25	11,16	11,35
		Stainacher Wiese	13,13	12,25	13,25	12,00	12,09	11,54
K	mmol %	Irdninger Wiese	62,62	68,35	66,43	64,22	69,10	64,69
		Stainacher Wiese	65,06	67,64	63,25	65,03	63,57	65,70
Na	mmol %	Irdninger Wiese	2,62	2,38	1,12	3,15	1,40	1,52
		Stainacher Wiese	2,73	2,37	1,90	1,67	2,66	2,08
Mn	mmol %	Irdninger Wiese	0,36	0,33	0,41	0,25	0,38	0,25
		Stainacher Wiese	0,42	0,24	0,32	0,27	0,21	0,20
Zn	mmol %	Irdninger Wiese	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05
		Stainacher Wiese	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06
Cu	mmol %	Irdninger Wiese	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
		Stainacher Wiese	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Ca+Mg	mmol %	Irdninger Wiese	34,32	28,86	31,97	32,31	29,05	33,47
		Stainacher Wiese	31,71	29,68	34,46	32,96	33,49	31,94
Gräser	%	Irdninger Wiese	92	88	64	82	60	66
		Stainacher Wiese	90	89	64	63	59	76
Kräuter	%	Irdninger Wiese	5	6	25	13	27	23
		Stainacher Wiese	8	7	20	27	14	13
Leguminosen	%	Irdninger Wiese	3	5	12	5	13	11
		Stainacher Wiese	2	3	16	10	27	11

nen den pH-Wert in der Rhizosphäre je nach dem Verhältnis aufgenommener Kationen zu Anionen erhöhen oder senken und somit die Nährstoffgehalte und -relationen verändern. Da die Pflanzen mengenmäßig am meisten N aufnehmen, hat die Form der N-Ernährung (NO₃-N

versus NH₄-N) den größten Einfluß. Wenn die Pflanzen vorwiegend und im hohen Maße NO₃-N aufnehmen, dann ist die Menge der aufgenommenen Anionen meist deutlich höher als die der aufgenommenen Kationen. Aus Gründen der Elektroneutralität gibt die Pflanze ent-

Tabelle 9: Durchschnittliche Gehalte an Mineral- und Inhaltsstoffen (Mittelwerte 1994-1997) ohne und mit zusätzlicher mineralischer N-Düngung; 3. Schnitt; mmol % = %-Anteil an molarer Σ .

			MW 1994-1997			
			3. Schnitt			
			N3/DG	N3/DN	N4/DG	N4/DN
RP	g/kg T	Irdninger Wiese	177	175	183	173
		Stainacher Wiese	177	162	190	181
RFE	g/kg T	Irdninger Wiese	24	26	23	23
		Stainacher Wiese	24	24	25	22
NFE	g/kg T	Irdninger Wiese	483	458	404	416
		Stainacher Wiese	463	473	389	381
RFA	g/kg T	Irdninger Wiese	226	255	277	274
		Stainacher Wiese	241	251	281	275
RA	g/kg T	Irdninger Wiese	90	87	113	114
		Stainacher Wiese	94	89	115	141
P	g/kg T	Irdninger Wiese	3,2	3,2	3,9	3,7
		Stainacher Wiese	2,9	2,3	3,3	3,3
Ca	g/kg T	Irdninger Wiese	7,2	7,1	8,5	9,9
		Stainacher Wiese	7,7	7,4	10,3	10,0
Mg	g/kg T	Irdninger Wiese	3,6	3,6	3,8	3,2
		Stainacher Wiese	3,3	3,2	3,8	3,4
K	g/kg T	Irdninger Wiese	29,4	27,6	28,0	30,0
		Stainacher Wiese	29,0	25,0	26,7	26,3
Na	g/kg T	Irdninger Wiese	0,5	1,0	0,8	0,8
		Stainacher Wiese	0,9	0,8	1,2	0,7
Mn	mg/kg T	Irdninger Wiese	212,9	109,4	198,9	161,8
		Stainacher Wiese	164,8	92,5	133,4	141,8
Zn	mg/kg T	Irdninger Wiese	37,1	32,4	45,6	42,1
		Stainacher Wiese	36,3	32,5	43,1	43,3
Cu	mg/kg T	Irdninger Wiese	11,9	12,1	15,3	13,7
		Stainacher Wiese	11,5	10,5	13,6	13,3
Σ	mmol/kg	Irdninger Wiese	1104,9	1075,1	1126,3	1185,1
		Stainacher Wiese	1113,8	992,6	1149,6	1098,6
Ca	mmol %	Irdninger Wiese	16,16	16,56	18,90	20,85
		Stainacher Wiese	17,29	18,56	22,28	22,72
Mg	mmol %	Irdninger Wiese	13,33	13,60	13,86	11,07
		Stainacher Wiese	12,19	13,41	13,69	12,75
K	mmol %	Irdninger Wiese	68,16	65,67	63,60	64,68
		Stainacher Wiese	66,59	64,39	59,36	61,27
Na	mmol %	Irdninger Wiese	1,93	3,92	3,23	3,09
		Stainacher Wiese	3,60	3,41	4,39	2,94
Mn	mmol %	Irdninger Wiese	0,35	0,19	0,32	0,25
		Stainacher Wiese	0,27	0,17	0,21	0,23
Zn	mmol %	Irdninger Wiese	0,05	0,05	0,06	0,05
		Stainacher Wiese	0,05	0,05	0,06	0,06
Cu	mmol %	Irdninger Wiese	0,02	0,02	0,02	0,02
		Stainacher Wiese	0,02	0,02	0,02	0,02
Ca+Mg	mmol %	Irdninger Wiese	29,49	30,15	32,76	31,91
		Stainacher Wiese	29,48	31,97	35,97	35,47
Gräser	%	Irdninger Wiese	72	87	53	68
		Stainacher Wiese	67	82	56	76
Kräuter	%	Irdninger Wiese	21	11	34	21
		Stainacher Wiese	17	13	21	14
Leguminosen	%	Irdninger Wiese	7	2	13	11
		Stainacher Wiese	15	5	23	10

sprechend dem Anionenüberschuß äquivalente Mengen OH⁻ oder HCO₃⁻-Ionen an die Rhizosphäre ab, weshalb der pH-Wert steigt. Wenn die Pflanzen vorwie-

gend und im hohen Maße NH₄-N aufnehmen, dann ist die Menge der aufgenommenen Kationen in der Regel höher als die der Anionen; durch Abgabe ei-

ner dem Kationenüberschuß entsprechenden äquivalenten Menge an H⁺ sinkt der pH-Wert in der Rhizosphäre. Bei vorwiegender NO₃-N-Ernährung können vor allem Gramineen den pH-Wert in der Rhizosphäre erhöhen, weil sie ein relativ niedriges Kationen-Aneignungsvermögen besitzen (RÖMHELD 1984). Das Ausmaß der pH-Veränderung in der Rhizosphäre hängt von der Menge an abgegebenen H⁺- bzw. OH⁻- oder HCO₃⁻-Ionen und von der Säure- bzw. Basenneutralisationskapazität des Bodens ab.

Der mineralische N wurde in Form von Kalkammonsalpeter (NAC 27 % N) gedüngt. Kalkammonsalpeter ist ein Ammoniumnitratdünger mit CaCO₃. Auf den Versuchsflächen dürften die Pflanzen sehr rasch und im hohen Maße NO₃-N aufgenommen haben. Deswegen und auf Grund der Zufuhr einer Säurepuffer-substanz (CaCO₃) dürfte der pH-Wert in der Rhizosphäre angestiegen sein. Mit steigendem pH-Wert nimmt die Mn-Aktivität in der Bodenlösung und somit die Mn-Verfügbarkeit für die Pflanzen ab. Das applizierte CaCO₃ löst sich im Zuge von Säure-Pufferreaktionen auf. Mit dem Anstieg der Ca-Aktivität in der Rhizosphäre wird die Mn-Aufnahme der Pflanzen gehemmt (Ca-Mn-Antagonismus). Der Anstieg der Ca-Aktivität in der Rhizosphäre bewirkt in Kombination mit der Zunahme des pH-Wertes auch eine verminderte Löslichkeit der Ca-Phosphate und somit eine geringere P-Aktivität in der Bodenlösung.

Die N-induzierte Abnahme des Mn-Gehaltes im Futter läßt sich mit dem pH-Anstieg in der Rhizosphäre und mit dem Ca-Mn-Antagonismus am plausibelsten erklären. Unterstützt wird diese Hypothese auch durch die Tatsache, daß der Ca-Gehalt im Futter nicht einheitlich absinkt, obwohl der Gräseranteil durch N-Düngung in der Regel steigt. In der Stainacher Wiese nimmt der Ca-Gehalt im Futter beim ersten Schnitt durch N-Düngung sogar leicht zu, während der Mg-Gehalt bei allen Schnitten durch einen Ca-Mg-Antagonismus meist abnimmt. Der P-Gehalt zeigt beim ersten Schnitt in beiden Wiesen eher abnehmende Tendenz (Tabelle 7). Der Zn-Gehalt im Futter ist durch die zusätzliche mineralische N-Düngung nicht einheitlich abgesunken, sondern wider Erwar-

Tabelle 10: Durchschnittliche Gehalte an Mineral- und Inhaltsstoffen (Mittelwerte 1994-1997) ohne und mit zusätzlicher mineralischer N-Düngung; 4. Schnitt; mmol % = %-Anteil an molarer Σ .

			MW 1994-1997	
			4. Schnitt	
			N4/DG	N4/DN
RP	g/kg T	Irdninger Wiese	205	194
		Stainacher Wiese	210	191
RFE	g/kg T	Irdninger Wiese	25	27
		Stainacher Wiese	26	25
NFE	g/kg T	Irdninger Wiese	452	454
		Stainacher Wiese	438	464
RFA	g/kg T	Irdninger Wiese	210	216
		Stainacher Wiese	214	210
RA	g/kg T	Irdninger Wiese	108	108
		Stainacher Wiese	112	110
P	g/kg T	Irdninger Wiese	3,6	3,7
		Stainacher Wiese	3,2	3,1
Ca	g/kg T	Irdninger Wiese	8,0	6,3
		Stainacher Wiese	8,6	7,4
Mg	g/kg T	Irdninger Wiese	3,7	3,3
		Stainacher Wiese	3,8	3,0
K	g/kg T	Irdninger Wiese	30,9	31,9
		Stainacher Wiese	27,6	29,3
Na	g/kg T	Irdninger Wiese	0,7	0,9
		Stainacher Wiese	1,2	0,7
Mn	mg/kg T	Irdninger Wiese	188,5	109,6
		Stainacher Wiese	130,9	106,2
Zn	mg/kg T	Irdninger Wiese	41,0	34,0
		Stainacher Wiese	37,1	36,9
Cu	mg/kg T	Irdninger Wiese	14,4	13,9
		Stainacher Wiese	13,6	13,4
Σ	mmol/kg	Irdninger Wiese	1179,0	1150,7
		Stainacher Wiese	1132,8	1088,3
Ca	mmol %	Irdninger Wiese	16,91	13,64
		Stainacher Wiese	18,99	16,92
Mg	mmol %	Irdninger Wiese	13,02	11,90
		Stainacher Wiese	13,76	11,17
K	mmol %	Irdninger Wiese	67,13	70,96
		Stainacher Wiese	62,24	68,75
Na	mmol %	Irdninger Wiese	2,58	3,26
		Stainacher Wiese	4,73	2,90
Mn	mmol %	Irdninger Wiese	0,29	0,17
		Stainacher Wiese	0,21	0,18
Zn	mmol %	Irdninger Wiese	0,05	0,05
		Stainacher Wiese	0,05	0,05
Cu	mmol %	Irdninger Wiese	0,02	0,02
		Stainacher Wiese	0,02	0,02
Ca+Mg	mmol %	Irdninger Wiese	29,93	25,54
		Stainacher Wiese	32,75	28,10
Gräser	%	Irdninger Wiese	56	57
		Stainacher Wiese	62	69
Kräuter	%	Irdninger Wiese	31	31
		Stainacher Wiese	17	16
Leguminosen	%	Irdninger Wiese	13	11
		Stainacher Wiese	22	15

ten vor allem beim ersten Schnitt sogar etwas angestiegen.

Diese Untersuchungen zeigen sehr eindrucksvoll, daß durch die Art der mine-

ralischen N-Düngung auch die Mineralstoffzusammensetzung des Futters beeinflusst werden kann und daß der Bodenzustand sehr wesentlich das Pflanzenwachstum und die Mineralstoffzusammensetzung des Futters beeinflusst.

5. Zusammenfassung

Das Untersuchungsgebiet kann klimatisch als relativ winter- und sommerkühl sowie mäßig niederschlags- und schneereich eingestuft werden. Die Böden der Versuchsflächen sind überwiegend Augleye über Torf. Der Boden der Irdninger Wiese weist eine geringere Standortbonität als jener der Stainacher Wiese auf. Das C/N-Verhältnis ist deutlich weiter, die potentielle Azidität ist markant höher, die elektrische Leitfähigkeit, die Summe an mineralischen Alkali- und Erdalkalibasen (i.w. effektive Kationenaustauschkapazität) und somit die Säureneutralisationskapazität sind deutlich niedriger. Ungünstig ist ferner die Mg-Übersättigung und der enorm hohe Gehalt an EDTA-extrahierbarem Mn. Günstig ist die relativ niedrige K-Fixierungskapazität und die relativ gute Wasserlöslichkeit der Phosphate.

Das Futter der Irdninger Wiese unterscheidet sich von jenem der Stainacher Wiese in erster Linie und in Übereinstimmung mit dem Bodenzustand durch einen höheren Gehalt an P, Mg, Mn und Cu. In der Irdninger Wiese bewirkt der Mn-Überschuß im Boden ein schlechtes Kleewachstum. Durch zusätzliche mineralische N-Düngung (Kalkammonsalpeter) sinkt vor allem der Mn-Gehalt im Futter deutlich ab; die Ursachen dafür werden erklärt. Durch die Art der mineralischen N-Düngung kann auch die Mineralstoffzusammensetzung des Futters beeinflusst werden; diese „Nebenefekte“ einer N-Düngung sind zu berücksichtigen.

6. Literatur

ALVA (Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten) (1983): Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Selbstverlag ALVA.

AMBERGER, A. (1987): Pflanzenernährung. UTB Ulmer. 264 S.

BAUMEISTER, W. und W. ERNST (1978): Mineralstoffe und Pflanzenwachstum. Gustav Fischer Verlag, 416 S.

BOHNER, A (1999): Soziologie und Ökologie der Weiden - von der Tallage bis in den alpinen

- Bereich. 5. Alpenländisches Expertenforum, Zeitgemäße Weidewirtschaft, BAL Gumpenstein, 31-39.
- BOHNER, A. und M. SOBOTIK (2000): Der Landschaftsraum und seine Rahmenbedingungen für die Grünlandbewirtschaftung im mittleren steirischen Ennstal. BAL Gumpenstein (im Druck).
- BOHNER, A. und M. SOBOTIK (2000): Das Wirtschaftsgrünland im mittleren steirischen Ennstal aus vegetationsökologischer Sicht. BAL Gumpenstein (im Druck).
- EISENHUT, M. (1993): Die Bodenverhältnisse im Bereich der Stainacher und Irdninger Wiese. Manuskript. 4 S.
- FINCK, A. (1992): Dünger und Düngung. VCH Verlag. 488 S.
- FLESSA, H. (1991): Redoxprozesse in Böden in der Nähe von wachsenden und absterbenden Pflanzenwurzeln. Diss. TU München, 128 S.
- GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER und R. STEINWENDER (2000): Einfluß der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. In diesem Band.
- HAYNES, R.J. and T.E. LUDECKE (1981): Yield, root morphology and chemical composition of two pasture legumes as affected by lime and phosphorus applications to an acid soil. *Plant and Soil* 62, 241-254.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH (1994): Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1981 - 1990, 529 S.
- KIRKBY, E. A. (1968): Influence of ammonium and nitrate nutrition on the cation-anion balance and nitrogen and carbohydrate metabolism of white mustard plants grown in dilute nutrient solutions. *Soil Science* 105, 133-141.
- KUTSCHERA, L. und E. LICHTENEGGER (1982): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band I Monocotyledoneae, Gustav Fischer Verlag, 516 S.
- LARCHER, W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen. Ulmer Verlag, 394 S.
- MARSCHNER, H. (1998): Mineral nutrition of higher plants. Academic press, 889 S.
- MENGEL, K. und D. STEFFENS (1982): Beziehung zwischen Kationen/Anionen-Aufnahme von Rotklee und Protonenabscheidung der Wurzeln. 2. Pflanzenernährung, *Bodenkunde* 145, 229-236.
- MENGEL, K. (1991): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Gustav Fischer Verlag, 466 S.
- MUNNS, D.N. and R.L. FOX (1977): Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. *Plant and Soil* 46, 533-548.
- REHFUESS, K. E. (1990): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. *Pareys Studientexte* 29, 294 S.
- RÖMHELD, V. (1984): pH-Veränderungen in der Rhizosphäre in Abhängigkeit vom Nährstoffangebot. *Landw. Forschung, Sonderheft* 40, 226-230.
- SCHAEFFER & SCHACHTSCHABEL (Begr.), P. SCHACHTSCHABEL, H. P. BLUME, G. BRÜMMER, K. H. HARTGE und U. SCHWERTMANN (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. Enke Verlag, 494 S.
- SCHNUG, E. und A. FINCK (1981): Einfluß unterschiedlicher Stickstoffdüngerformen auf die Mobilisierung von Spurennährstoffen. *Landw. Forschung SH* 37, 243 - 253.
- SOBOTIK, M. und Ch. POPPELBAUM (2000): Die Pflanzenbestände zu Beginn und im Verlauf des Versuches „Einfluß der Grünlandbewirtschaftung auf die Milchproduktion“. In diesem Band.
- SOLAR, F. (1978): Die Talböden, ein allgemeiner Überblick. *Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges.*, Heft 20, 9-21.
- STEINWIDDER, A. (2000): Futter- und Nährstoffaufnahme, Leistung und Nährstoffversorgung von Kühen auf Milchviehbetrieben. BAL Gumpenstein (im Druck).

Dank

Ich danke B. Marold und Ch. Poppelbaum besonders für die sorgfältige Durchführung sämtlicher EDV-Arbeiten.

